

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдардың технологиялары кафедрасы

Жылу техникасы және термодинамика

Мамандық – 5В072000 – «Автоматтандыру және басқару»

*Дәріс оқушы:
Т.ғ.к., МПЖЖАМТкаф. доценті
Баймаханова С.Б.*

Алматы, 2015

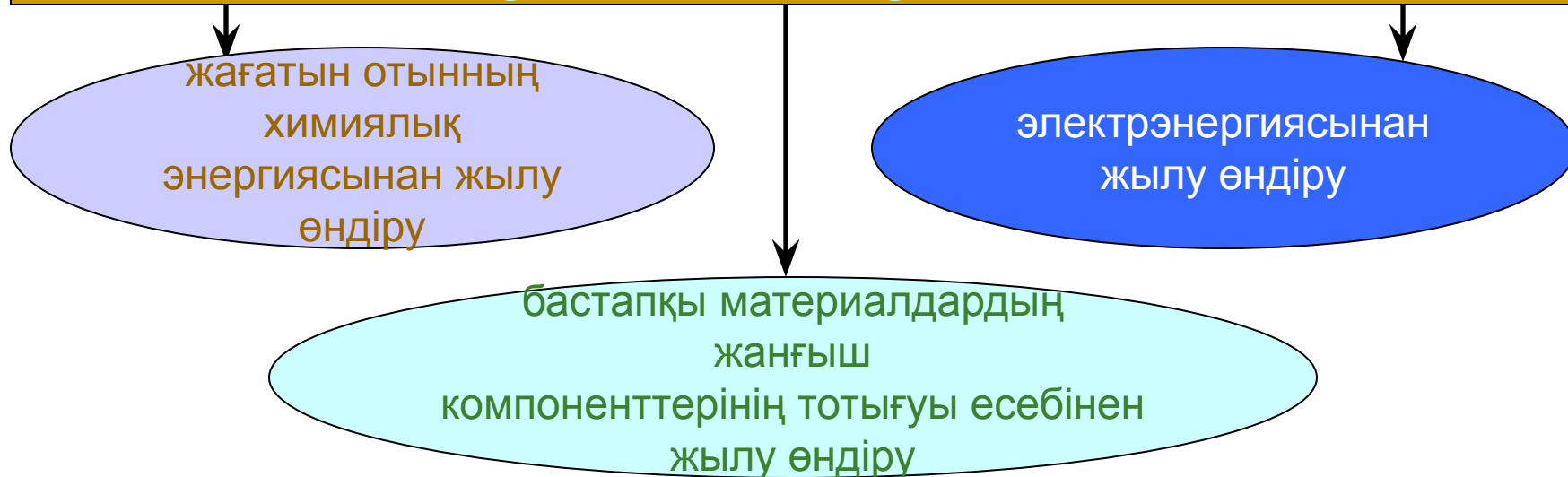
№ 14

Отынның химиялық энергиясы мен электрэнергиясынан жылу өндіру

Дәріс жоспары

- 1 Отын туралы мәлімет, сыныптамасы*
- 2 Отынның химиялық құрамы, жану жылуы*
- 3 Жану теориясының негіздері*
- 4 Электрэнергиясынан жылу өндірудің физикалық негіздері;*
- 5. Доғалық разряд*
- 6 Тақырып бойынша бақылау жұмысы*

Өнеркәсіптік қондырғыларда жылуды өндіру әдістері



Жануы кезінде жылудың үлкен мөлшерін бөлетін және энергетикалық, өнеркәсіптік, жылытқыш қондырғыларда жылу энергиясын алу көзі ретінде пайдаланылатын жанғыш зат отын деп аталады

Отын келесідей ерекше талаптарды қанағаттандыруы қажет:

- 1) отынның қоры экономикалық және экологиялық тұрғыдан алуға, ұзақ уақыт сақтауға және пайдалануға жеткілікті болуы қажет;
- 2) жану өнімдері газ тәріздес күйде болуы қажет;
- 3) жану өнімдері адам мен қоршаған орта үшін зиянсыз болуы қажет;
- 4) тасымалдануы және тұтынушыларға жеткізілуі механикаландыруға және автоматтандыруға икемді болуы қажет;
- 5) жану процесі бақылануы және басқарылуы қажет.

Отынның жалпы сыныптамасы



Отынның сыныптамасы



<i>Отынның агрегаттық күйі</i>	Отынның пайда болу жолы	
	табиғи	жасанды
<i>Қатты</i>	Қазба отын (шымтезек, қоңыр, тас көмірлер, антрацит, жанғыш тақта-тастар	Кокс, шала кокс, торфтық және тас көмір брикеттері, ағаш көмірі
<i>Сұйық</i>	Мұнай	Жағатын мазут, дизельдік, солярка майлары, бензин, керосин, лигроин, т.б. Қатты отынды өңдеу өнімдері. Синтетикалық отын.
<i>Газтәріздес</i>	Табиғи және серіктес газдар	Генераторлық, кокстық, т.б. газдар. Биогаз.

■ **Технологиялық отын**

тек жылу көзі емес, сонымен қатар технологиялық процестің компоненті болады

(кокс домналық пештерде темір кенінен темірдің тотықсыздандырғышы ретінде де қолданылады)

■ **Энергетикалық отын**

тек қана берілген технологиялық процесті жүзеге асыру үшін қажетті энергияның жұмысшы түрі ретіндегі жылу көзі болады

Отынның қолданылатын саласы:

- қара және түсті металлургия;
- отқа төзімділер және химиялық өнеркәсіптер;
- машина жасау;
- құрылыс;
- ауыл шаруашылығы;
- көлік және т.б.

Отынның сапалық көрсеткіштері

- отынның химиялық құрамы
- отынның жану жылуы
- отынның жану температурасы

Массасы бойынша отын келесідей жіктеледі:

Отынның жұмысшы құрамы (массасы), %

$$C^{жұ} + H^{жұ} + O^{жұ} + N^{жұ} + S^{жұ} + W^{жұ} + A^{жұ} = 100 \%$$

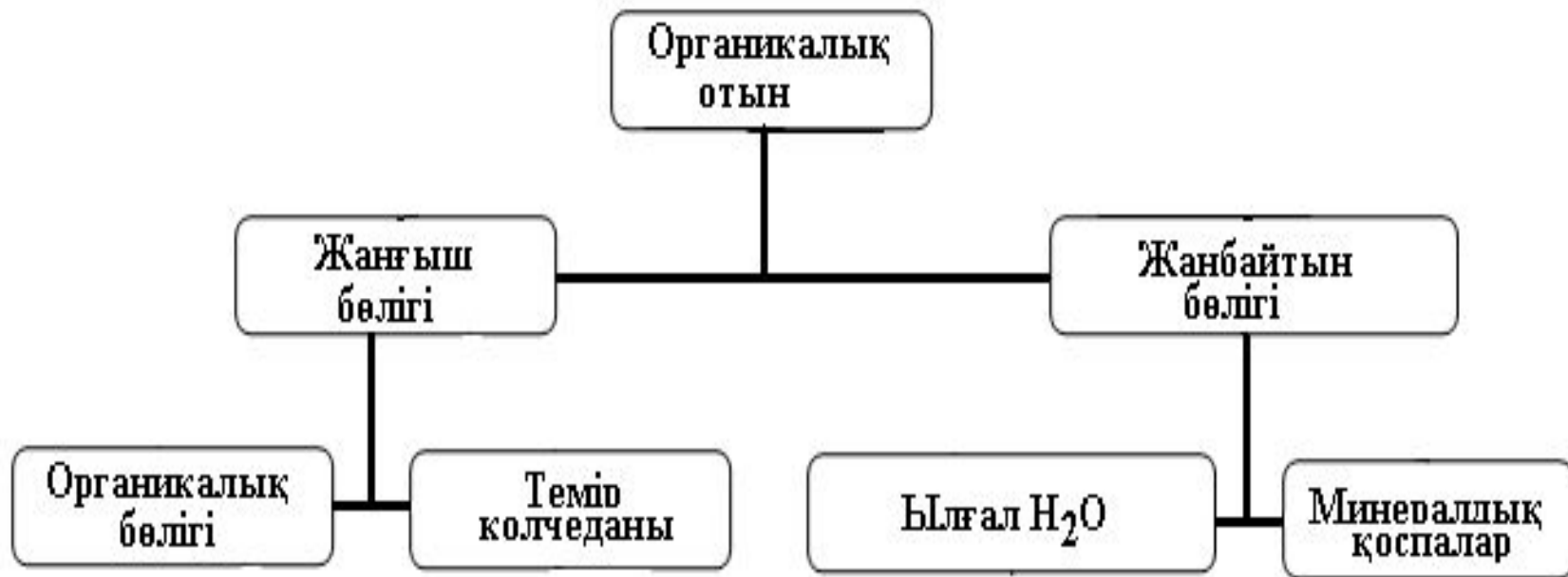
- органикалық масса: $C^o + H^o + O^o + N^o = 100 \%$
- жанғыш масса: $C^{жа} + H^{жа} + N^{жа} + S^{жа} = 100 \%$
- құрғақ масса: $C^к + H^к + O^к + N^к + S^к + A^к = 100 \%$

Отынның элементарлық құрамын қайта есептеу коэффициенттері

Отынның берілген массасы	Массаға қайта есептеу коэффициенті		
	жұмысшы	құрғақ	жанғыш
жұмысшы	1	$\frac{100}{100 - W^{жұ}}$	$\frac{100}{100 - (W^{жұ} + A^{жұ})}$
құрғақ	$\frac{100 - W^{жұ}}{100}$	1	$\frac{100}{100 - A^к}$
жанғыш	$\frac{100 - (W^{жұ} + A^{жұ})}{100}$	$\frac{100 - A^к}{100}$	1

отынның құрамын қарастырайық.

- Кез-келген отынның компоненттері жанғыш элементтер, жанбайтын қосылыстар немесе балласт болады



Отынның жанғыш элементтеріне жататындар: көміртегі – C , сутегі – H және ішкі балластпен (оттегі – O және азот – N) күрделі химиялық қосылыс түзейтін, жанғыш күкірт – S . Сыртқы балласт: күл – A мен ылғалдық – W . Газ-тәріздес отын жанғыш газдардың (CO , H_2 , метан CH_4 және басқа күкіртсутектер C_mH_n), жанбайтын газдың (CO_2 , O_2 , N_2) және су буының H_2O механикалық қоспасынан тұрады.

Көміртегі (C) – отынның негізгі жанғыш элементі, еркін күйде де, қосылыс түрінде де болады. 1 кг C жанғанда 33,9 МДж жылу бөлінеді. Жану процесін дұрыс ұйымдастырмаған жағдайда (мысалы, ауаның жетіспеуі кезінде) жану өнімі көміртегінің өте улы оксиді CO болады және 9,2 МДж ғана жылу бөлінеді. Көміртегінің мөлшері 50 %-дан (ағашта) 95 % дейін (антрацитте), сұйық отында – 85-90 % дейін болады. Отынның геологиялық жасының жоғарылауымен C мөлшері артады.

Сутегі (H) маңыздылығы бойынша отынның екінші жанғыш элементі.

Отынның құрамында еркін күйде немесе оттегімен, күкіртпен, көміртегімен қосылыс түрінде болады. Оттегімен байланысқан күйде, ол жануға қатыспайды, бұл кезде ол – балласт. Қатты және сұйық отындағы мөлшері 1-15 %, табиғи газда – ондаған пайыз. Отын құрамында H мөлшері салыстырмалы төмен, бірақ тотығуы кезінде көп энергия бөлінуіне байланысты, пештегі қажетті температураны алуда сутегінің үлесі маңызды. Экологиялық тұрғыдан, H отынның ең қауіпсіз компоненті.

Оттегі (O) мен азот (N) отын құрамындағы балласт, олар жанғыш элементтер мөлшерін азайтады. Одан өзге, оттегі отындағы сутегімен және көміртегімен қосылып, осы элементтерді жану процесінен аластатады, ал отынның жану жылуы төмендейді. Ағаш пен шымтезекте O мөлшері жоғары (44 % дейін), сұйық отында – 1,5 % жуық. Атмосфералық ауада отынды жаққан кезде азот тотықпайды, жану өнімдеріне еркін түрде өтеді. Қатты отындағы мөлшері 0,5-1,0 % шегінде ауытқиды, газтәріздіде – 60 % дейін болады. Азот барынша зиянды компонент, өйткені азотқұрамды қосылыстар жанған кезде, жоғары температуралы оттықтарда өте улы

оксидтер NO және NO₂ түзіледі, ол экологиялық қауіпті қосылыстар көзі.

Күкірт (S) қатты отында үш түрде болады: 1) көміртегімен, сутегімен және оттегімен күрделі жоғары молекулярлы органикалық қосылыстар түрінде (So); 2) темірмен және мыспен қосылыс түрінде (FeS₂-темір колчеданы, CuS - мыс колчеданы), бұл колчедандық күкірт (Sk); 3) сульфаттық қосылыстар түрінде – сульфаттық күкірт (Sc): $S_{жал} = S_o + S_k + S_c$. Органикалық және колчедандық күкірт отынның жануы кезінде жылу бөліп, тотығады, сондықтан жанғыш. Сульфаттық күкірт отынның минералдық бөлігіне CaSO₄, FeSO₄ және басқ. сульфаттар түрінде кіреді, сондықтан жану процесінде ары қарай тотықпайды. Күкірттің сульфаттық қосылыстары күлге өтеді. Қатты отындарда күкірттің мөлшері жоғары емес. Мұнайда күкірт бейорганикалық қосылыстар құрамында, мұнай кен орындарының ілеспе газдарында күкіртсутек H₂S және күкіртті газ SO₂ түрінде аз мөлшерде болады, табиғи газдар құрамында жоқ дерлік. Отынның жануы кезінде түзілетін SO₂ және әсіресе ілеспе SO₃ газдары конструкциялардың металдық бөліктерін коррозияға ұшыратады және қоршаған ортаны улайды. Сондықтан күкірт отынның зиянды және жағымсыз қоспасы болады.

Күл (A) – отынның толық жануынан соң алынатын жанбайтын қалдық. Отындағы әртүрлі минералдық заттардың қоспасы: саздың, кремнеземнің, темір тотықтарының, әктің және т.б. Тас көмірдегі мөлшері 4-25 %, ағашта 0,6 %. Сұйық отындар күлділігі онда ерігін тұздар мен механикалық қоспа-

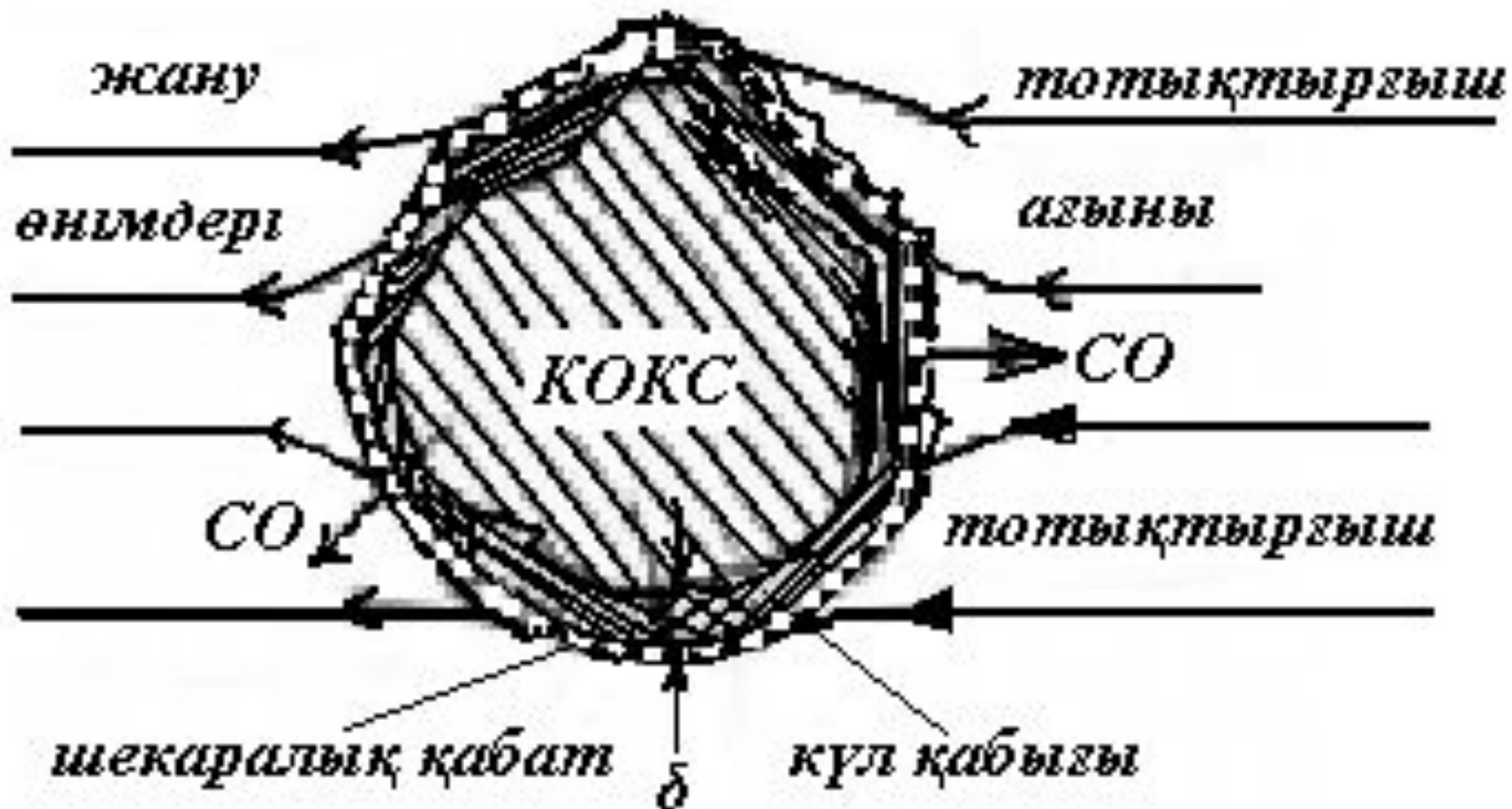
лардың мөлшеріне тәуелді болады. Газдар қалдықсыз жанып кетеді.

Ылғалдық (W) – отынның зиянды қоспасы, өйткені отынның 1 кг –дағы жанғыш заттардың үлесін төмендетеді. Отынның жануы кезінде бөлінген жылудың бір бөлігі ылғалды буландыруға жұмсалады. Отын ылғалдығы сыртқы және ішкі болып бөлінеді. Сыртқы ылғалдық отынды қазып алу, тасымалдау және сақтау жағдайларына, ал ішкі ылғалдық тек қана отынның қасиеттеріне тәуелді. Ол отынның микроскопиялық кеуектерін толтырады және жай кептіру арқылы оны аластау мүмкін емес. Отынның ішкі ылғалдығын кетіру үшін, оны 103-105 оС дейін қыздырып, жуық шамамен 4 сағатқа дейін ұстау қажет. Отын құрамындағы ылғалдық мөлшері 5-60 % болады.

Отынның маңызды құрамаларының бірі ұшпа заттар мен кокс.

Ұшпа заттар – бұл, отынды ауасыз қыздыру кезінде бөлінетін газтәріздес өнім. Қатты қалдық кокс деп аталады. Ұшпа заттардың шығысы отынның жану процесіне үлкен әсер етеді: шығыс жоғары болғанда отын жеңіл тұтанады, жарық жалынмен жанады. Кокс біріккен, балқып қосылған және ұнтақ тәрізді болады. Отын мен кокстың бірігуі оның жануының мүмкіндігі мен әдістерін анықтайды.

Қатты отынның ауа ағынында жану сұлбасы



Отынның жану жылуы

- Отынның жану жылуы [кДж/кг (қатты және сұйық отын) және кДж/м³ (газтәріздес отын)] – отынның бір бірлігінен (сұйық және қатты – 1 кг, газтәріздес – 1 м³) барлық жанғыш компоненттер толық жану өнімдеріне дейін жанған кезде бөлінетін жылу мөлшерін көрсететін отынның маңызды сипаттамасы және отынның химиялық құрамына ғана тәуелді.
- Отынның құрамында ылғалдықтың, сутегінің және көмірсутекті химиялық қосылыстардың болуы жану жылуын екі түрге бөлуге келтірді: жоғарғы және төменгі.
- Жоғарғы жану жылуы Q отынның бір бірлігі толық жанғанда бөлінетін жылу мөлшерін сипаттайды, егер түзілетін су буы суытылып, сұйық күйге конденсатталса және 273 К дейін суытылса. Бұл кезде жану аймағына қайтарылады (1 кг суға есептегенде): 2256,8 кДж/кг – буланудың жасырын жылуы және 418,7 кДж/кг – судың 273 К-нен 373 К-ге дейін қыздырылу жылуы, барлығы 2675,5 кДж/кг.

Отынның өнеркәсіптік қондырғыларда жануы кезінде көрсетілген шарттар орындалмайды, сондықтан отынның нақты сипаттамасы ол отынның төменгі жану жылуы

- Отынның төменгі жану жылуы Q отынның бір бірлігі толық жанғанда бөлінетін жылу мөлшерін сипаттайды, егер түзілетін су буы бу күйінде 373 К-нен 273 К дейін суытылса. Бұл кезде жану аймағына қайтарылатын жылу мөлшері $1 \cdot 2,041(373 - 273) = 163,3$ кДж/кг құрайды, мұндағы 2,041 — су буының жылусыйымдылығы, кДж/кг

Төменгі жану жылуы анықталатын шарттар да нақты өнеркәсіптік жағдайларға сәйкес келмейді, шын мәнінде су буы жану аймағынан жанудың басқа өнімдерімен бірге шығып кетеді. Жоғарғы және төменгі жану жылуы арасындағы мөлшерлік айырма, 1 кг суға есептегенде, 2512,2 кДж/кг құрайды.

- Отынның қандай түрін қолдану тиімді екенін салыстыру және өнім бірлігін өндіруге отын шығынын бағалау үшін шартты отын деген ұғым енгізілген .
- Шартты отын деп жану жылуы 29330 КДж/кг тең отынды атау қабылданған (мысалы, жақсы тас көмір бола алады).
- Қатты және сұйық отынды шарттыға есептеу үшін калориялық эквивалент ұғымы қолданылады :

$$Y_e = \frac{Q_o^{e \text{ oi}}}{29,3} \cdot \frac{e_{\text{a}} \text{ } \emptyset \text{ } a \check{d} \grave{o} \text{ } \grave{o} \text{ } \hat{u} \text{ } \hat{i} \text{ } \grave{o} \text{ } \hat{u} \text{ } \acute{i}}{e_{\text{a}} \text{ } \alpha \text{ } \acute{o} \hat{i} \text{ } \hat{u} \text{ } \check{n} \emptyset \text{ } \hat{u} \text{ } \hat{i} \text{ } \grave{o} \text{ } \hat{u} \text{ } \acute{i}} .$$

- газтәріздес отынды есептеу үшін жылу тығыздығы коэффициенті қолданылады :

$$Y_o = \frac{Q_o^{e \text{ oi}}}{29,3} \cdot \frac{e_{\text{a}} \text{ } \emptyset \text{ } a \check{d} \grave{o} \text{ } \grave{o} \text{ } \hat{u} \text{ } \hat{i} \text{ } \grave{o} \text{ } \hat{u} \text{ } \acute{i}}{e_{\text{a}} \text{ } \alpha \text{ } \acute{o} \hat{i} \text{ } \hat{u} \text{ } \check{n} \emptyset \text{ } \hat{u} \text{ } \hat{i} \text{ } \grave{o} \text{ } \hat{u} \text{ } \acute{i}} .$$

Отынның жану температурасы

теориялық $T_{\text{теор}}$

калориметриялық $T_{\text{кал}}$

нақты $T_{\text{н}}$

- Жанудың нақты температурасы:

$$T_{\text{н}} = \frac{Q_{\text{с}}^{\text{с}} + Q_{\text{с}}^{\text{с}} + Q_{\text{с}}^{\text{с}} - Q_{\text{с}}^{\text{с}} - Q_{\text{с}}^{\text{с}}}{V_{\text{с}} \tilde{N}_{\text{с}}}$$

- Жанудың теориялық температурасы:

$$T_{\text{теор}} = \frac{Q_{\text{с}}^{\text{с}} + Q_{\text{с}}^{\text{с}} + Q_{\text{с}}^{\text{с}} - Q_{\text{с}}^{\text{с}}}{V_{\text{с}} \tilde{N}_{\text{с}}},$$

- Жанудың калориметриялық температурасы:

$$T_{\text{кал}} = \frac{Q_{\text{с}}^{\text{с}} + Q_{\text{с}}^{\text{с}} + Q_{\text{с}}^{\text{с}}}{V_{\text{с}} \tilde{N}_{\text{с}}}$$

Сонымен:

- Егер отынның жануы жылудың жоғалымынсыз өтеді десек, яғни адиабаттық жағдайда, онда $Q_{\text{жоғ}} = 0$. Осы шартқа сәйкес келетін жану өнімінің температурасы, жанудың теориялық температурасы деп аталады; $T_{\text{теор}}$ шамасы барлық уақытта $T_{\text{н}}$ жоғары.
- Калориметриялық температура, жану аймағынан қоршаған кеңістікке жылу жоғалымы болмайтын және жану өнімдері ыдырамайтын адиабаттық жағдайларда отынды жағу шартымен анықталады;
- Жанудың нақты температурасы – бұл отынды жағудың келтірілген барлық нақты жағдайларын ескерген кездегі отынның жану өнімдерінің температурасы: технологиялық жабдықтар құрылымы, жану аймағынан шығатын барлық жылу жоғалымдары, оның ішінде жану өнімдерінің диссоциациясының жоғалымы;
- Нақты температура калориметриялық температурамен мына қатынас арқылы байланысты:

$$T_{\text{н}} = \eta T_{\text{кал}},$$

мұндағы η – пирометриялық коэффициент, оның шамасы жылу алу үшін отын жағылатын технологиялық жабдықтың әрбір түрі үшін экспериментті жолмен анықталады және 0,75 – 0,95 шегінде өзгереді .

Электр энергиясынан жылу өндіру

Электр энергиясын қолдану екі нысанда жүреді – механикалық және жылулық.

Электр энергиясынан жылуды өндірудің *екі негізгі принциптері* бар: жұмысшы денеде оған потенциалдар айырмасын түсірген кезде жылудың өндірілуі және ауыспалы электр магниттік өрісте орналастырылған жұмысшы денеден жылудың өндірілуі .

Қатты жұмысшы денеге потенциалдар айырмасын түсіру кезіндегі жылудың өндірілуі

- Бұл принцип жұмысшы дене электр өткізгішті болған кезде ғана мүмкіндікті, яғни онда еркін зарядтар болады – иондар мен электрондар. Жұмысшы дене ішінде жылудың мөлшерлі бөлінуі, Джоуль – Ленц заңымен анықталады:

$$Q = UIt = I^2Rt, \text{ Дж,}$$

мұндағы R – жұмысшы дененің кедергісі, Ом;

t – уақыт, сек.

- Қатты жұмысшы денеге потенциалдар айырмасын түсіру кезінде жылуды өндірудің екі сұлбасы бар – тікелей немесе түйіспелі қыздыру және жанама қыздыру.
- Тікелей қыздыру кезінде жылу, активті кедергісі бар, жұмысшы дененің өзінде бөлінеді. Жанама қыздыру кезінде жылуды өндіру, жоғары омды материалдардан жасалған арнайы қыздырғыштарда жүргізіледі

Потенциалдар айырмасын сұйық жұмысшы денеге түсірумен жылу өндіру тұрақты және ауыспалы ток жүру кезінде өте алады. Бұл бағытта екі сұлба қолданылады – электролитте қыздыру және балқыған тұздарда қыздыру

Потенциалдар айырмасын газ тәріздес жұмысшы денеге түсіру кезінде жылу өндіру. Электр тогінің газ арқылы өтуі *газдық разряд* деп аталады. Потенциалдар айырымының белгілі бір шамасы кезінде газдық разряд сөнбейді, тұрақтыға айналады және *электр доғасы* деп аталады. Электр доғасы электр кедергілі болады және сол арқылы ток өткен кезде онда жылу бөлінеді, басқаша айтқанда, электр доғасында электр энергиясының жылулыққа (жылуды өндіру) түрленуі өтеді. Доғадан жылу қыздырылатын бұйымға сәулелену арқылы беріледі.

Ауыспалы электр магниттік өріске орналастырылған жұмысшы денеде жылу өндіру.

- Айнымалы электр магниттік өрістің өткізгішпен өзара әрекеттесуі кезінде соңғысының ішінде қайталама ауыспалы ток қозады, оның контуры өзінде тұйықталған. Бұл токтардың ағуы кезінде, өткізгіштің кедергісінің болуы салдарынан, онда жылу бөлінеді. Электр энергиясынан жылуды өндірудің бұл түрі индукциялық қыздыру деп аталады.
- Ауыспалы электр магниттік өріске еркін электр зарядын тасығыштары жоқ, диэлектрикті немесе жартылай өткізгішті орналастыру кезінде диөрістердің (атомдар мен молекулалардың) электрлік поляризациясы байқалады. Электр өрісінің полярлығы ауысқан жағдайда молекулалар мен атомдардың бұрылысы өтеді және жылу диөрістердің механикалық өзара әрекетінің нәтижесінде бөлінеді. Жылуды өндірудің бұл түрі диэлектрлік қыздыру деп аталады.

Бақылау сұрақтары

1. Отынның сапасы қандай сандық көрсеткіштермен бағаланады?
2. Отынның сыныптамасын келтіріңіз.
3. Отынды жағу үшін қолданылатын ауа қандай мақсатта қыздырылады?
4. Электр энергиясын жылу көзі ретінде қолданудың негізгі артықшылықтары мен кемшіліктерін тұжырымдаңыз.
5. Тікелей түйіспелі қыздыру жанамадан қалай ерекшеленеді?
6. Электр доғасы плазма ағынынан немен айрықшаланады?
7. Шартты отын ұғымы не үшін қолданылады?
8. Отынның массасы бойынша жіктелу жағдайы.