

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

МАҒТА 622.313
ЭОЖ 620.9

[DOI: 10.4411/s00512-022-789](https://doi.org/10.4411/s00512-022-789)

С.Н. Камарова¹, С.В. Онищенко¹, С.К. Абильдинова²

¹Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау, Қазақстан

²Ғұмарбек Дәужеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы
(E-mail.ru: s.kamarova@tttu.edu.kz)

Қатты отын компоненттерінің сипаттамасы және олардың жану жылуына әсері

Бұл мақалада қатты отынның негізгі компоненттері және олардың жану жылуына әсері қарастырылады. Отын құрамындағы көміртегі, сутегі, оттегі, азот және күкірттің рөліне ерекше назар аударылады. Негізгі жанғыш элемент болып табылатын көміртегі жанудың жоғары жылуын қамтамасыз етеді, бірақ оның үлесінің жоғарылауы тұтануды қиындатады. Сутегі, керісінше, айтарлықтай көп жылу шығарады, бірақ қатты отындарда аз мөлшерде кездеседі. Оттегі жылу тұзу қабілеті жоқ компонент ретінде жанудың жалпы жылуын төмендетеді, ал отынның құрамындағы азот пен күкірт қоршаған ортаға және жабдыққа теріс әсер ететін зиянды оксидтердің пайда болуына ықпал етеді. Мақалада осы компоненттердің жану тиімділігіне әсері, сондай-ақ олардың қатты отындарда болуының экологиялық салдары талданады, бұл энергетикалық процестерді оңтайландыру және табиғатқа теріс әсерді азайту мақсатында маңызды.

Кілт сөздер: қатты отын, жану жылуы, отын компоненттері, көміртек, жану тиімділігі, энергетикалық процестер.

Кіріспе

Тұрақты даму және энергетикалық тиімділік мәселесі күн тәртібінде тұрған қазіргі әлемде қатты отынның құрамы мен қасиеттерін түсіну өте маңызды. Әр түрлі салаларда қолданылатын қатты отын энергия өндірісі мен өнеркәсіпте шешуші рөл атқарады. Алайда оның құрамы, оның ішінде көміртегі, сутегі, оттегі, азот және күкірт сияқты негізгі компоненттер жану тиімділігі мен қоршаған ортаға тікелей әсер етеді.

Жану процесінде жану жылуын және әртүрлі элементтердің өзара әрекеттесуін зерттеу энергетикалық процестерді оңтайландыруға ғана емес, сонымен қатар қоршаған ортаға теріс әсерді азайтуға мүмкіндік береді. Бұл мақалада біз қатты отынның негізгі компоненттерін, олардың энергия тиімділігіне әсерін және оны пайдалануға байланысты экологиялық аспектілерді қарастырамыз. Бұл жану технологияларын қалай жақсартуға және оларды тұрақты және экологиялық таза етуге болатынын тереңірек түсінуге мүмкіндік береді.

Негізгі бөлім

Жану процестерінің жүру шарттары, ұзақтығы және соңғы нәтижелері отынның құрамына, физикалық және химиялық сипаттамаларына байланысты.

Жанармайдың құрамына ылғал мен жанбайтын минералдар да кіреді, олар жанғаннан кейін күл түзеді. Ылғал мен күл-отынның сыртқы балласты, ал оттегі мен азот - ішкі.

Жанғыш бөліктің негізгі элементі-көміртегі, ол ең көп жылу шығаруды шарттайды. Алайда, қатты отынның құрамындағы көміртектің үлесі неғұрлым көп болса, оның тұтануы соғұрлым қиын болады. Жану кезінде сутегі көміртектен 4,4 есе көп жылу шығарады, бірақ оның қатты отындардағы үлесі аз. Оттегі, жылу түзетін элемент болмай, сутегі мен көміртекті байланыстыра отырып, жану

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

жылуын төмендетеді, сондықтан ол қажетсіз элемент болып табылады. Қатты отындағы азоттың мөлшері аз, бірақ ол қоршаған ортаға және адамға зиянды оксидтер түзуге қабілетті. Сондай-ақ, зиянды қоспа күкірт болып табылады, ол аз жылу шығарады, бірақ пайда болған оксидтер қазандықтардың металын коррозияға ұшыратады және атмосфераны ластайды.

Отынның маңызды техникалық сипаттамалары: жану жылуы, ұшпа заттардың шығымы, ұшпайтын қалдықтың (кокстың) қасиеттері, күл және ылғал мөлшері.

Жоғарыға жану өнімдерінде кездесетін булардың конденсациясы кезінде бөлінетін жылу кіреді. Қазандық оттықтарында отынды жағу кезінде шығатын түгін газдары ылғал бу күйінде болатын температураға ие. Сондықтан, бұл жағдайда су буының конденсация жылуын ескермейтін төмен жану жылуы қолданылады.

Барлық белгілі көмір кен орындарының құрамы мен төмен жану жылуы анықталды және есептік сипаттамаларда келтірілген.

Жоғары температураның әсерінен ауаға қол жеткізбестен қатты отынды қыздыру кезінде алдымен су буы бөлінеді, содан кейін ұшпа заттар деп аталатын газ тәрізді заттардың бөлінуімен молекулалардың термиялық ыдырауы жүреді.

Ұшпа заттардың шығуы 160-тан 1100 °С-қа дейінгі температура аралығында болуы мүмкін, бірақ орташа есеппен-400-800 °С температурада. Отын химиялық жағынан неғұрлым ескі болса, соғұрлым Ұшпа өнімділік азаяды және олардың шығарылуының басталу температурасы жоғары болады.

Ұшпа заттар бөлшектің ертерек тұтануын қамтамасыз етеді және отынның жануына айтарлықтай әсер етеді.

Қатты отынның құрамында жанбайтын минералды қоспалардың ең көп мөлшері бар. Жанармай жағылған кезде минералды қоспалар күл деп аталатын қатты, жанбайтын қалдықты тудыратын бірқатар реакцияларға ұшырайды. Күлдің салмағы мен құрамы отынның минералды қоспаларының салмағы мен құрамымен бірдей емес.

Күлдің қасиеттері қазандық пен пештің жұмысын ұйымдастыруда үлкен рөл атқарады. Жану өнімдерімен тасымалданатын оның бөлшектері жоғары жылдамдықта қыздыру беттерін тоздырады, ал төмен жылдамдықта оларға қойылады, бұл жылу берудің нашарлауына әкеледі. Түгін мұржасына түскен күл қоршаған ортаға зиян келтіруі мүмкін, бұған жол бермеу үшін күл ұстағыштарды орнату қажет.

Отынды жағу кезінде пайда болатын күлдің маңызды қасиеті бар — температураға байланысты балқу. Күлдің балқуы оның жоғары температурада токсиндердің пайда болу тенденциясын анықтайды, бұл қазандықтар мен оттықтардың жұмысы үшін өте маңызды.

Балқу температурасына байланысты күлдің үш категориясы бар: отқа төзімді - балқу температурасы 1425°С-тан жоғары; орташа балқу-1200-1425°С диапазонындағы балқу температурасы; жеңіл балқу - балқу температурасы 1200°С-тан төмен.

Күл еріп, күйдірілген немесе балқытылған массаға айналғанда, ол қожға айналады. Бұл құбылысты ескеру қажет, өйткені токсиндердің пайда болуы қазандық қондырғыларының жұмысын бұзуы мүмкін. Шлақтың алдын алу үшін жылыту беттерінің айналасындағы газдардың температурасын дұрыс таңдау маңызды. Бұл жабдықтың сенімді және тұрақты жұмысын қамтамасыз етеді.

Ылғал отынның қажетсіз құрамдас бөлігі болып табылады, ол минералды қоспалармен бірге балласт болып табылады және жанғыш бөліктің құрамын азайтады. Сонымен қатар, ол жылу құнын төмендетеді, өйткені оны буландыру үшін қосымша энергия шығындары қажет.

Отынның ылғалдылығы оның жануына және қазандық жабдықтарының жұмысына айтарлықтай әсер етеді: отынның құрамындағы ылғал судың қызуы мен булануына кететін жылудың бір бөлігін сіңіреді, бұл пайдалы жылу энергиясының мөлшерін азайтады; қажетті температураға жету және бірдей энергияны өндіру үшін көбірек отын қажет, өйткені ылғалды отын тиімділігі төмен; судың болуына байланысты көбірек бу пайда болады, бұл шығатын газдардың жалпы көлемін арттырады; жану өнімдеріндегі ылғал жылудың едәуір бөлігін алып тастайды, бұл қазандық қондырғысының тиімділігін (тиімділік коэффициентін) төмендетеді; қыста отынның жоғары ылғалдылығы көмірдің қатып қалуына әкелуі мүмкін, бұл оны тасымалдау мен пайдалануды қиындатады.

Сондай-ақ, бұл көмірдің ұнтақталуын нашарлатады және оның шығымдылығын төмендетеді, бұл қазандық жүйесінің жұмысын қиындатады.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

Қатты отынның жану процесін бірнеше кезеңдерге бөлуге болады: бастапқы кезеңде отын қызады және ондағы ылғал буланады; температураның жоғарылауына қарай Ұшпа қосылыстардың (газдардың) бөлінуімен отынның ыдырау процесі басталады. Температура жоғарылаған сайын отынның ыдырау процесі ұшпа қосылыстардың (газдардың) бөлінуімен басталады. Ұшпа заттар шығарылғаннан кейін бірден жанып кетеді және бұл процесс олардың пайда болуымен қатар жүруі мүмкін. Жану процесінің соңында, отынның минералды компоненттері ғана қалған кезде, қож пайда болады. Бұл кезең коксты жағумен қатар жүруі мүмкін.

Қатты отын жану процесін ұзақтығы едәуір дәрежеде анықталады. Отынның құрамында ұшпа заттардың мөлшері көп болса, кокс қалдығының жануы ең ұзақ болады.

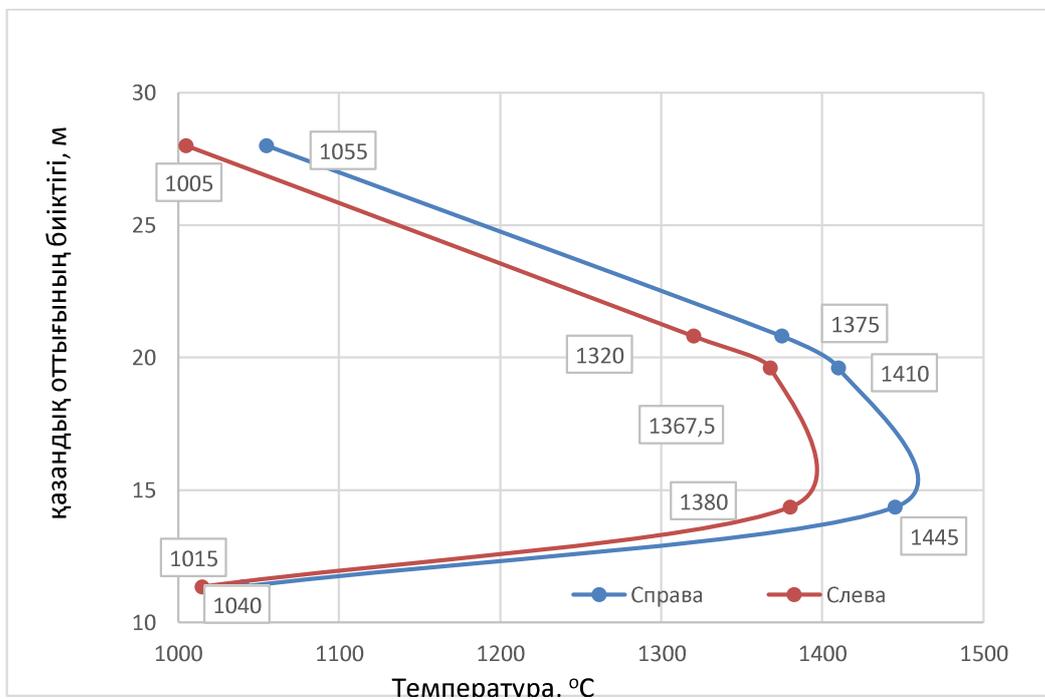
Нәтижелер және талқылау

Оттыққа түсетін отын қызады, нәтижесінде ылғал болған кезде оның булануы және отынның кебуі орын алады. Жылытуға және кептіруге кететін уақыт ылғалдың мөлшеріне және жанармай құрылғыға берілетін температураға байланысты.

Алау және құйынды оттықтарда жағу үшін отын ыстық ауамен немесе түтін газдарымен кептірумен бірге ұсақталып, ұнтақталады. Кіретін отынның температурасы неғұрлым жоғары болса, оны тұтану температурасына дейін жылыту үшін соғұрлым аз уақыт пен жылу қажет.

Оттықтағы отынды кептіру екі жылу көзіне байланысты: жану өнімдерінің конвективті жылуы және алаудың, қабықтың, шлақтың сәулелі жылуы.

Камералық оттықтарда жылыту негізінен бірінші көзден, яғни жану өнімдерін жану орнында отынға араластырудан жүзеге асырылады. Сондықтан жанармай құюға арналған құрылғылардың дизайнына қойылатын маңызды талаптардың бірі-жану өнімдерінің қарқынды сорылуын қамтамасыз ету. Жылыту мен кептіру уақытының азаюына пештегі жоғары температура да ықпал етеді. Осы мақсатта жоғары температурада (400 °C-тан жоғары) Ұшпа отын шығара бастаған кезде камералық оттықтарда тұтандырғыш белдіктер жасалады, яғни олардың жылу қабылдауын төмендету үшін экран құбырларын отқа төзімді жылу оқшаулағыш материалмен жабады.



Сурет 1. Қазандық оттығындағы алау температурасының таралуы

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

Қабаттағы отынды жағу кезінде жылу көздерінің әр түрінің рөлі пештің дизайнымен анықталады. Шынжырлы торлары бар оттықтарда қыздыру және кептіру негізінен алаудың сәулелі жылуымен жүзеге асырылады. Бекітілген торлы пештерде және жоғарыдан жанармаймен қамтамасыз етілгенде, қыздыру және кептіру қабат арқылы төменнен жоғары қарай жану өнімдеріне байланысты болады.

110 °С-тан жоғары температурада қыздыру процесінде отынның құрамына кіретін органикалық заттардың термиялық ыдырауы басталады. Ең аз берік қосылыстар-құрамында оттегінің едәуір мөлшері бар қосылыстар. Бұл қосылыстар салыстырмалы түрде төмен температурада ыдырап, ұшпа заттар мен негізінен көміртектен тұратын қатты қалдық түзеді.

Құрамында оттегі көп химиялық құрамы бар жас отындарда газ тәрізді заттардың шығу температурасы төмен және олардың көп пайызын береді. Оттегі қосылыстары аз отындардың Ұшпа өнімділігі аз және олардың тұтану температурасы жоғары.

Қыздырылған кезде оңай ыдырайтын қатты отынның құрамындағы молекулалар ұшпайтын қалдықтың реактивтілігіне де әсер етеді. Біріншіден, жанғыш массаның ыдырауы негізінен отынның сыртқы бетінде жүреді. Әрі қарай жылыну кезінде пирогенетикалық реакциялар отын бөлшектерінің ішінде де жүре бастайды, оларда қысым көтеріліп, сыртқы қабық жарылып кетеді. Ұшпа өнімділігі жоғары отынды жағу кезінде Кокс қалдығы кеуекті болады және тығыз, қатты қалдықпен салыстырғанда беті үлкен болады.

Қазандық қондырғысының оттығында ең көп жылу шығаруға қол жеткізу үшін үш негізгі факторды ескеру қажет: температура, артық ауа, сондай-ақ бастапқы және қайталама қоспалардың түзілуі. Бұл факторлар бір-бірімен тығыз байланысты және әсер етеді тиімділігі отынның жану. Отынды жағу кезінде жылу шығару пештің температуралық режиміне байланысты. Алаудың ядросында салыстырмалы түрде төмен температурада жанғыш заттардың жануы толық болмайды, жану өнімдерінде көміртегі тотығы, сутегі, көмірсутектер қалады. 1000-нан 1800-2000 °С-қа дейінгі температурада отынның толық жануы мүмкін.

Меншікті жылу толық жану кезінде максималды мәнге жетеді және артық ауа коэффициенті бірлікке тең болады. Артық ауа коэффициентінің төмендеуімен жылу азаяды, өйткені оттегінің жетіспеушілігі аз отынның тотығуына әкеледі. Температура деңгейі төмендейді, реакциялардың жылдамдығы төмендейді, бұл жылу шығарудың күрт төмендеуіне әкеледі.

Артық ауа коэффициентінің бірліктен көп болуы жылу шығаруды ауа жетіспеушілігінен де төмендетеді. Қазандық оттықтарындағы отынды жағудың нақты жағдайында жылу шығарудың шекті мәндеріне қол жеткізілмейді, өйткені жанудың толық болмауы бар. Бұл көбінесе қоспаның пайда болу процестерінің қалай ұйымдастырылғанына байланысты.

Камералық оттықтарда бастапқы қоспаның түзілуі үшін отынды ауамен кептіру және араластыру қажет, ауаның бір бөлігін (бастапқы) дайындау аймағына беру, кең беті бар және жоғары турбулизациясы бар кең ашық алау жасау, жылытылған ауаны қолдану арқылы қол жеткізіледі

Қабатты оттықтарда қатты отынның жану процесін бірнеше аймақтарда өтеді, бұл отынның біркелкі жануын қамтамасыз етуге, зиянды шығарындылардың болуын азайтуға және қазандық қондырғысының тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді..

Қатты отынның жанғыш массасының тотығу процесінде айтарлықтай өзгерістер мен минералды қоспалар пайда болады. Төмен балкитын заттар мен балқу температурасы төмен қорытпалар отқа төзімді қосылыстарды ерітеді.

Қазандық агрегаттарының қалыпты жұмыс істеуінің міндетті шарты жану өнімдері мен пайда болған қожды үздіксіз ағызу болып табылады.

Қабатты жағу кезінде қож пайда болуы механикалық күйікке әкелуі мүмкін-минералды қоспалар күйдірілмеген кокс бөлшектерін қоршайды немесе тұтқыр қож ауа жолдарын жауып, жанып жатқан кокс оттегіне қол жеткізуді тоқтатады. Күйіп қалуды азайту үшін әртүрлі шаралар қолданылады-тізбекті торлары бар пештерде қождың торда болу уақытын көбейтеді, жиі шілтер жасайды.

Қабатты пештерде қожды шығару құрғақ түрде жүзеге асырылады. Камералық оттықтарда қожды кетіру құрғақ және сұйық болуы мүмкін. Осылайша, отынның жануын күрделі физика-химиялық процесс, бұл көптеген түрлі факторларға әсер етеді, бірақ олардың барлығы қазандықтар мен жану құрылғыларын жобалау кезінде ескерілуі керек.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Гончаров А. Г., Смирнов Б. В. Топочные процессы и их влияние на эффективность энергетических установок // Вестник энергетики. – 2021. – Т. 10, № 2. – С. 45-58.
2. Тихонов М. И. Химические характеристики топлива: практическое руководство / М. И. Тихонов, Е. Ю. Алексеева. – Екатеринбург: УрФУ, 2022. – 180 с.
3. Бирюков А.Б. Сжигание и термическая переработка органических топлив. Твердое топливо: учебное пособие / А.Б. Бирюков, И.П. Дробышевская, Ю.Е. Рубан. – Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2014. – 232 с.
4. Kamarova S., Abildinova S., Terziev A., Experimental study for the Optimization of Energy savings in coal dust preparation system B-25A ball drum mill in CHP-2 JSC«ArcelorMittal Temirtau» // XXIV Научна конференция с международно участие ЕМФ 2019, Топлоенергетика и ядрена енергетика, Созопол. Сборник доклади, 2019.- P.35-40.

С.Н. Камарова ¹, С.В. Онищенко ¹, С.К. Абильдинова ²

Характеристика компонентов твердого топлива и их влияние на теплоту сгорания

В данной статье рассматриваются основные компоненты твердого топлива и их влияние на теплоту сгорания. Особое внимание уделяется роли углерода, водорода, кислорода, азота и серы в топливе. Углерод, который является основным легковоспламеняющимся элементом, обеспечивает высокую теплоту сгорания, но увеличение его доли затрудняет воспламенение. Водород, с другой стороны, выделяет значительно больше тепла, но в небольших количествах содержится в твердом топливе. Кислород как компонент, не обладающий теплообразующей способностью, снижает общую теплоту сгорания, а азот и сера, содержащиеся в топливе, способствуют образованию вредных оксидов, которые негативно влияют на окружающую среду и оборудование. В статье анализируется влияние этих компонентов на эффективность горения, а также экологические последствия их присутствия в твердом топливе, что важно с целью оптимизации энергетических процессов и минимизации негативного воздействия на природу.

Ключевые слова: твердое топливо, теплота сгорания, компоненты топлива, углерод, эффективность сгорания, энергетические процессы.

S.N. Komarova¹, S.V. Onishchenko¹, S.K. Abildinova²

Characteristics of solid fuel components and their effect on the heat of combustion

This article discusses the main components of solid fuels and their effect on the heat of combustion. Special attention is paid to the role of carbon, hydrogen, oxygen, nitrogen and sulfur in fuels. Carbon, which is the main flammable element, provides high heat of combustion, but an increase in its proportion makes it difficult to ignite. Hydrogen, on the other hand, emits significantly more heat, but is contained in small amounts in solid fuels. Oxygen, as a component that does not have a heat-forming ability, reduces the total heat of combustion, and nitrogen and sulfur contained in the fuel contribute to the formation of harmful oxides that negatively affect the environment and equipment. The article analyzes the influence of these components on

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

efficiency, as well as the environmental consequences of their presence in solid fuels, which is important in order to optimize energy processes and minimize negative effects on nature.

Key words: solid fuels, heat of combustion, fuel components, carbon, combustion efficiency, energy processes.

References

1. Goncharov A. G., Smirnov B. V. Topochnye processy i ih vliyanie na effektivnost' energeticheskikh ustanovok // Vestnik energetiki. – 2021. – Т. 10, № 2. – S. 45-58.
2. Tihonov M. I. Himicheskie harakteristiki topliva: prakticheskoe rukovodstvo / M. I. Tihonov, E. YU. Alekseeva. – Ekaterinburg: UrFU, 2022. – 180 s.
3. Biryukov A.B. Szhiganie i termicheskaya pererabotka organicheskikh topliv. Tverdoe toplivo: uchebnoe posobie / A.B. Biryukov, I.P. Drobyshevskaya, YU.E. Ruban. – Doneck: GVUZ «DonNTU», 2014. – 232 s.