

FTAMP 62.09.39

<https://doi.org/10.26577/EJE20258512>

О.Ю. Головченко , Г.М. Адильбаева , С.Х. Акназаров ,
 А.А. Балтабай * , О.С. Байракова , М.А. Бийсенбаев ,
 Д. Аронов 

«Жалын» ғылыми-техникалық орталығы» ЖШС, Алматы, Қазақстан
 *e-mail: asylym.baltabay@mail.ru

ӨНЕРКӘСІПТІК ҚАЛДЫҚТАРДЫ ӨНДЕУДІҢ ҚОЛДАНЫСТАҒЫ ӘДІСТЕРІНІҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ

Бұл мақалада Қазақстанда және бүкіл әлемде қатты өнеркәсіптік қалдықтарды өндеудің қолданыстағы және қазіргі уақытта қолданылатын әдістері мен тәсілдерінің талдауы ұсынылған. Онда мәселенің негізі мен ұлттық маңызы қарастырылған. Онда ғылыми және технологиялық қажеттіліктер анықталған, нәтижелердің ғылым мен техниканың дамуына әсерін анықтаған және күтілетін әлеуметтік-экономикалық әсер анықталған. Қатты қалдықтарды өндеудің техникалық және экономикалық бағасы берілген, әсіресе қалдықтарды кешенді өндеуге баса назар аударылған.

Шолу соңында қысқаша қорытынды берілген. Қолданыстағы зерттеулерді талдау кеуекті және жоғары кеуекті керамикалық материалдардың физикалық және механикалық, әсіресе жылулық қасиеттерін жақсартудың әлеуетті ресурстарының бірі олардың құрылымы мен кеуектілігін реттеу екенін көрсетті.

Түйін сөздер: экология, қайта өңдеу, жою, қалдықтар, керамика.

O.Yu. Golovchenko, G.M. Adilbayeva, S.Kh. Aknazarov,
 A.A. Baltabay *, O.S. Bayrakova, M.A. Biysenbayev, D. Aronov
 LLP «Scientific and Technical Center «Zhalyn», Almaty, Kazakhstan
 *e-mail: asylym.baltabay@mail.ru

Current state of industrial waste processing methods

This article presents an analysis of the currently applied and existing methods and approaches to the processing of solid industrial waste in Kazakhstan and worldwide. The fundamentals of the problem and its national significance are considered. Scientific and technological needs are identified, as well as the impact of the obtained results on the development of science and technology and the expected socio-economic effects. A technical and economic assessment of solid waste processing is provided, with particular emphasis on integrated waste processing.

In the concluding part of the review, brief conclusions are presented. An analysis of existing studies has shown that one of the potential resources for improving the physical and mechanical, especially thermophysical, properties of porous and highly porous ceramic materials is the regulation of their structure and porosity.

Keywords: ecology, recycling, utilization, waste, ceramics.

О.Ю. Головченко, Г.М. Адильбаева, С.Х. Акназаров, А.А. Балтабай*,
 О.С. Байракова, М.А. Бийсенбаев, Д. Аронов
 ТОО «Научно-технический центр «Жалын», Алматы, Казахстан
 *e-mail: asylym.baltabay@mail.ru

Современное состояние методов переработки промышленных отходов

В данной статье представлен анализ действующих и применяемых в настоящее время методов и подходов к переработке твёрдых промышленных отходов в Казахстане и во всём мире. Рассмотрены основы проблемы и её национальное значение. Определены научные и технологические потребности, а также влияние полученных результатов на развитие науки и техники и ожидаемый социально-экономический эффект. Приведена технико-экономическая оценка переработки твёрдых отходов, при этом особое внимание уделено комплексной переработке отходов.

В заключительной части обзора приведены краткие выводы. Анализ существующих исследований показал, что одним из потенциальных ресурсов улучшения физических и механических, в особенности теплофизических свойств пористых и высокопористых керамических материалов является регулирование их структуры и пористости.

Ключевые слова: экология, переработка, утилизация, отходы, керамика.

Кіріспе

2014 жылғы 30 мамырдағы Қазақстан Республикасы Президентінің №577 Жарлығымен бекітілген Қазақстан Республикасының «жасыл» экономикаға көшу тұжырымдамасына сәйкес, қатты қалдықтарды басқаруды жетілдіру негізгі бағыттардың бірі ретінде анықталған /1/.

Қазіргі қоғамның дамуы қатты өнеркәсіптік қалдықтардың пайда болуының артуымен қатар жүреді. Бұл қалдықтардың бір бөлігі сұрыпталып, пайдалы өнімдер өндіру үшін пайдаланылады. Айтарлықтай бөлігі пайдаланыла алмайды және полигондар мен қоқыс төгетін орындарда сақталады, бұл қоршаған ортаға айтарлықтай зиян келтіреді. Қатты қалдықтарды өңдеу және зиянсыздандырудың қолданыстағы әдістері қазіргі заманғы қоршаған ортаны қорғау талаптарына сәйкес келмейді, ең алдымен, олар технологиялық аймақта көлемдік жылу жүктемесі төмен ортада салыстырмалы түрде төмен температурада жүзеге асырылады. Қатты өнеркәсіптік қалдықтарды термиялық өңдеудің экологиялық көрсеткіштерін айтарлықтай жақсарту 1200°C жоғары технологиялық температурада мүмкін /2,3/.

Қатты өнеркәсіптік қалдықтарды залалсыздандыру немесе жою мәселесі бүкіл әлемде өзекті мәселе болып табылады. Аналитикалық шолуға сәйкес, Еуропада қалдықтардың 40%-ға дейіні көміледі, 20%-ы өртеледі, 22%-ы қайта өңделеді және 18%-ы компостталады. Жапонияда қалдықтарды жою мәселесі ерекше өзекті, себебі аралдарда қоқыс полигондарының кеңістігі шектеулі. Жапониядағы қалдықтардың 80%-ға дейіні өртеледі, ал қалдықтарды жағу кезінде пайда болған шлак құрылыста қолданылады. 17-18%-ы қайта өңделеді (шыны бөтелкелер жасау үшін, пластик жұмыс киімдерін, спорттық киімдерді және т.б. жасау үшін қолданылады) /4/.

АҚШ-та 2005 жылға дейін қалдықтарды жою полигонға тастау (54,3%), қайта өңдеу (23,8%), биологиялық өңдеу және компосттау (8,4%) және жағу (13,6%) арқылы жүзеге асырылды. Канадада, Австралияда және Жаңа Зеландияда қалдықтарды жоюдың негізгі әдістері полигонға тастау болып табылады. Қалдықтарды жоюдың

бұл әдісі Ресейде, Қазақстанда және басқа ТМД елдерінде негізгі болып табылады. Кореяда, Тайваньда және Сингапурда термиялық қалдықтарды қайта өңдеу әдістері кеңінен дамып келеді.

Қазақстанда сарапшылардың бағалауы бойынша, жинақталған қатты қалдықтардың көлемі 25 миллиард тоннаны құрайды. Қоқыс полигондарының жалпы саны 4000-нан асады, оның тек 307-сі ғана заңды түрде белгіленген. Сарапшылардың бағалауы бойынша, қатты қалдықтардың тек 5%-ы ғана қайта өңделеді, ал қалған 95%-ы қоқыс полигондарына тасымалданады. Қазақстан қалдықтарды қайта өңдеу деңгейін 70%-ға дейін арттыруды жоспарлап отыр. Қазіргі уақытта Қазақстанда белгілі бір қалдық түрлеріне мамандандырылған бірнеше қатты қалдықтарды қайта өңдеу зауыттары бар: пластик және полимерлерді қайта өңдеу бойынша Алматы және Қызылорда; қалдық қағазды қайта өңдеу бойынша Kagazy Resaykmes, Karina және Pavlodar KRZ; картонды қайта өңдеу бойынша Kaktas Aktobe; және Алматы мен Шымкентте шиналарды қайта өңдеу. /5/ Күрделі алдын ала өңдеусіз қатты өнеркәсіптік қалдықтарды қайта өңдеудің бірыңғай технологиясын әзірлеу өзекті мәселе болып табылады.

Міндет жоғары өнімділікті, қоршаған ортаны қорғау көрсеткіштерін жақсартуды және қосымша ресурстар мен энергия үнемдеуді қамтамасыз ететін жоғары температуралы термиялық (жылдам пиролиз) қалдықтарды өңдеу технологиясын әзірлеуде жатыр.

Мәселенің ұлттық ауқымда маңыздылығы

Қатты қалдықтар, ең алдымен, қоршаған ортаның ластануы мен экологиялық деградацияның көзі болып табылады және нәтижесінде қоғамдық денсаулыққа әсер етеді. Кешенді зерттеулер жасанды шикізатты өңдеудің қалдықсыз отандық технологиясын әзірлеу және өңдеу нәтижесінде жаңа материалдарды синтездеу арқылы қамтамасыз етіледі. Өнімділік пен сапа тұрғысынан мұндай технология ең жақсы импорттық өнімдермен салыстыруға болатындай болуы керек, бұл отандық өндіріс желілерінің импортын алмастыруды қамтамасыз етеді.

Мәселенің маңыздылығы күрделі қалдықтарды дайындауды қажет етпейтін, экологиялық таза және енгізу оңай әмбебап қатты қалдықтарды өңдеу технологиясын әзірлеуде жатыр.

Ғылыми және технологиялық қажеттіліктер

Қазақстанда және бүкіл әлемде қатты қалдықтарды бейтараптандыру немесе қайта өңдеу мәселесі өзекті мәселе болып табылады, ал экологиялық таза қайта өңдеу әдістеріне деген жоғары сұраныс бұл мәселені шешуге ғылыми, экономикалық және өнеркәсіптік қызығушылықты тудырады.

Экологиялық қауіптерден басқа, табиғи ресурстардың шектеулілігі мәселесі туындайды. Қалдықтарды қайта өңдеудің жаңа технологиялары қайта өңдеудің қайта өңделетін шикізат өндіруін қамтамасыз етуге бағытталған.

Табиғи ресурстар өндіріс факторларының қатарына жатады. Олар жаңартылатын және жаңартылмайтын болып бөлінеді. Жаңартылмайтын ресурстарға қалпына келуі болжамды геологиялық уақыт ішінде болмайтын минералдар жатады.

Ғылым мен техниканың дамуына әсері және күтілетін әлеуметтік-экономикалық әсер

Қатты қалдықтарды жағу процестері мен жаңа материалдарды синтездеу бойынша іргелі зерттеулер жасанды қатты қалдықтарды өңдеу саласындағы жаңа бағыттарды әзірлеу және қолданбалы зерттеулерді ілгерілету үшін ғылыми негіз бола алады /6/. Күтілетін әлеуметтік-экономикалық әсер қатты қалдықтарды өңдеуде ресурстарды үнемдейтін, қалдықсыз технологияны енгізуде жатыр, ол бір мезгілде қалдықтарды зиянсыз етеді, қайта өңдейді және одан пайдалы, қайта пайдалануға болатын материалдарды шығарады. Өңдеуге арналған қарапайым және арзан материалдарды дайындау, зиянды газ тәрізді, қатты және сұйық қалдықтардың болмауымен қатар, халықтың дамуын, интеграциясын және әлеуметтенуін қолдайтын инфрақұрылымды жасайды, жаңа жұмыс орындарын ашады, жергілікті және ұлттық бюджеттерге салық түсімдерін жасайды және химия мен физика бойынша мамандарды даярлайды /7, 8/.

Өнеркәсіптік қатты қалдықтарды өңдеудің жаңа қалдықсыз, экологиялық таза технологиясын әзірлеу сұраныс пен экономикалық ынталандырумен анықталады.

Қазіргі заманғы қалдықтарды қайта өңдеу технологиялары

Қазіргі заманғы қалдықтарды қайта өңдеу технологиялары үнемі дамып келе жатқан және барған сайын танымал болып келе жатқан зерттеу саласы. Бүгінде біз тұтыну дәуірінде өмір сүріп жатырмыз. Барлық өнімдер мен тауарлар молшылықта.

Бір жағынан, бұл жақсы, өйткені адамдарда әрқашан үлкен таңдау болады, бірақ барлық заттар ақырында пайдалануға жарамсыз болып қалады, ал дұрыс емес тасталса, қоршаған ортаға орны толмас зиян келтіруі мүмкін. Қалдықтарды қайта өңдеу бүкіл адамзат алдында тұрған мәселе, сондықтан оның шешіміне ақылмен қарау маңызды.

Адамдар қолданатын заманауи технологиялардың көпшілігі шектеулі табиғи ресурстарды: мұнай, көмір және кенді пайдалануға негізделген. Бұл ресурстардың таусылуынан басқа, оларды пайдаланатын өнеркәсіп атмосфера мен топырақты ластайды.

Қалдықтарды қайта өңдеу технологиясының тарихы

Адамдар қалдықтарды қайта өңдеу туралы ежелгі заманнан бері ойластырып келеді. Мысалы, ауыл шаруашылығында тұрмыстық іс-әрекеттерден пайда болған органикалық қалдықтар біздің заманымызға дейін де қайта пайдаланыла бастады. Бұл процесс біртіндеп жақсарды, ал XX ғасырға қарай ол тек қалдықтарды жою құралы ретінде ғана емес, сонымен қатар ластанумен күрес және табиғи ресурстарды тиімді пайдалану құралы ретінде де қарастырылды.

Ресейде қазіргі уақытта қалдықтарды өңдеудің заманауи технологиялары негізінен қалдық түрлері бойынша қолданылады. Қоқыс полигондарын жою да кең таралған. Пластмассаларды, органикалық заттар бар өнімдерді және тұрмыстық қалдықтарды қайта өңдеуге бағытталған компаниялар көбейіп келеді.

Қайта өңдеу мен жоюды ажырату маңызды. Қалдықтарды өңдеудің негізгі технологиялары пайдаланылған өнімдерді екінші реттік материалдарға айналдыруға бағытталған. Жою, өз кезегінде, қалдықтарды өндірістік циклде қайта пайдалану үшін пайдалануды немесе оның пайдалы компоненттерін бөлуді және алуды қамтиды.

Жағу технологиясы қалдықтарды басқару үшін ұзақ уақыт бойы қолданылып келеді, бірақ қатты қалдықтарды өңдеу технологиялары үнемі жетілдіріліп келеді. Қазіргі заманғы шешім-

дер қоршаған ортаны сақтай отырып, мемлекеттік бюджет үшін тиімдірек.

Қазіргі заманғы, озық қатты қалдықтарды өңдеу технологияларының жалғыз қиындығы – бастапқыда шикізатты құрамы бойынша бөлу қажеттілігі. Бұл кезең көбінесе тұтынушыға байланысты. Уақыт өте келе, мамандандырылған машиналар мен зауыттар пайда болады.

Қалдықтарды сұрыптау жүргізіледі, бірақ тұтыну көлемі мен көлемі соншалықты үлкен, сондықтан әрбір адамның үлесінсіз жағдайды шешу және кез келген елеулі өзгерістер енгізу мүмкін емес.

Қатты қалдықтарды өңдеу технологиялары қоршаған ортаны сақтау үшін әзірленуі тиіс негіз болып табылады.

Жағу – қатты қалдықтарды толық жоюдың тиімді әдісі. Бұл әдіс XIX ғасырдан бері қолданылып келеді. Ол көптеген санитарлық талаптарға байланысты өте күрделі. Дегенмен, қалдықтарды жоюдан басқа, бұл әдіс қосымша энергия ресурстарын, мысалы, кеңістікті жылытуды қамтамасыз етеді.

Кемшіліктеріне атмосфераға шығарылатын зиянды заттар және қатты қалдықтардағы құнды органикалық элементтерді жою қаупінің жоғары болуы жатады.

Қалдықтарды қайта өңдеудің озық технологияларына биометриялық компосттау жатады. Бұл қалдықтарды табиғи, бірақ жеделдетілген түрлендіру. Катализатор ретінде жылу, оттегі және арнайы жабдықтар қолданылады.

Бұл әдіс өте қымбат деп саналатындықтан, соншалықты танымал емес. Дегенмен, ол ауаны немесе айналасындағы тіршілік иелерін ластамайды және, айтуға болады, толығымен табиғи. Бұл әдісті шиналарды, пластмассаларды және майларды қайта өңдеу үшін пайдалануға болады.

Қатты қалдықтарды жоюдың соңғы әдісі – қалдықтарды газдандыру. Бұл әдіс бірнеше кезеңнен тұрады: ірі нысандарды таңдау, қосалқы химиялық қосылыстарды өңдеу және қалпына келтіру, алынған газды тазарту және пайдалы элементтерді (бу, ыстық су, электр энергиясы) алу үшін газды жағу.

Тығыздығы 1000 кг/м³-ден аз және жылу өткізгіштігі 0,2 Вт/(м °С)-тан аз дәстүрлі энергия мен ресурстарды үнемдейтін, тиімді керамикалық құрылыс материалдарын (кірпіш, тас және блоктар) өндірудегі отандық және халықаралық тәжірибені талдау көрсеткендей, бұл керамикаға өндіріс технологиясы шикізат пен энергия ресурстарын өндіру кезінде де, ғимараттар мен

құрылыстарда пайдалану кезінде де айтарлықтай үнемдеуге мүмкіндік беретін керамикалар кіреді /9, 10/. Осы сипаттамалары бар өнімдер дәстүрлі бір қабатты қабырға қалыңдығын сақтауға мүмкіндік береді. Шетелдік өндірушілер мұндай өнімдердің 80%-дан астамын шығарса, отандық зауыттар негізінен 29-33% бос құрамы бар кірпіштер мен тастарды шығарады, себебі ГОСТ 530-95 талап ететін 42-55% бос құрамы шикізаттың сапасының төмендігіне және заманауи өңдеу жабдықтарының болмауына байланысты қол жеткізу мүмкін емес. Сондықтан, жоғары физикалық және механикалық қасиеттері бар керамикалық қабырға бұйымдарын зертханалық-технологиялық және тәжірибелік-конструкторлық сынақтан өткізуде айтарлықтай тәжірибесі бар отандық ғылыми мектеп жүргізген зерттеулердің нәтижелері талданды. [11]

Құрылыс материалдары, атап айтқанда, тиімді кеуекті және жоғары кеуекті керамикалық материалдар саласындағы теориялық және практикалық зерттеулер іргелі еңбектерге негізделген /11-18/.

Тиімді керамикалық қабырға материалдарын әзірлеу кеуекті немесе қуыс өнімдер саласында зерттелген, бірақ қуыс-кеуекті өнімдерді өндіру мәселесі сирек қарастырылған немесе шешілген. Сонымен қатар, шикізат партиясына кеуек түзетін қоспаларды енгізу ең аз орташа тығыздығы 750 кг/м³ дейін және ең жоғары кеуектілігі 70%-ға дейін керамикалық қабырға өнімдерін өндіруге мүмкіндік береді. Дегенмен, кейбір зерттеулер партияға кеуек түзетін қоспаларды енгізу арқылы тиімді керамикалық материалдарды алу үшін зерттеулерде қолданылатын сазды шикізаттың сипаттамаларын бермейді, бұл олардың нәтижелерін қосымша сынақтарсыз пайдалануды қиындатады /19-24/. Әртүрлі құрамдағы және пластикалық сазды шикізатқа негізделген керамикалық қабырға материалдарының қасиеттеріне кеуек түзетін қоспалардың түрі мен құрамының әсерін жүйелі зерттеулер жеткіліксіз жан-жақты болды. Жанғыш қоспалардың көп мөлшері сынықтың беріктігін айтарлықтай төмендететіні анықталды. Сондықтан сынықтың беріктігін арттыру мәселесін бір мезгілде шешу қажет. Бұған әртүрлі әдістермен қол жеткізуге болады, оларды әдетте шикі қоспаның компоненттерін белсендіру әдістері деп анықтауға болады. Әртүрлі құрамдағы және пластикалық саз шикізатының механикалық белсендірілуінің қабырға материалы сынықтарының қалыптау, кептіру және күйдіру қасиеттеріне әсері жеткілікті түрде зерттелмеген.

Дегенмен, жоғары сапалы қуыс-кеуекті қабырға материалдары үшін қажетті беріктікке ие сынықтарды алу үшін сазды механикалық белсендіру жеткіліксіз. Бұл басқа әдістерді қолдануды талап етеді, олардың бірі – партияға химиялық қоспаларды енгізу, оны шикізаттың химиялық белсендірілуі деп анықтауға болады. Бірқатар зерттеулерді талдау қуыс-кеуекті керамикалық материалдардың физикалық және механикалық, әсіресе термофизикалық қасиеттерін жақсарту резервтерінің бірі олардың кеуекті кеңістігі мен құрылымының параметрлерін реттеу екенін көрсетті. Бұл мәселеге әдебиетте аз көңіл бөлінді. Өртүрлі саз балшықтарынан алынған керамикалық материалдардың кеуектілігінің құрамы мен технологиялық факторларының өзгеруімен өзгеру заңдылықтары анықталмаған. Кеуекті керамикалық өнімдердің физикалық, механикалық және пайдалану қасиеттеріне құрылымдық компоненттердің (кеуектер, шыны фаза, кристалды неоформациялар) әсері туралы деректер жеткіліксіз. Құрылымдық компоненттердің жылулық қасиеттерін анықтау және есептеу әдістемесі әзірленбеген, сондай-ақ олардың әзірленген материалдардан жасалған қоршаулардың жылулық қасиеттеріне әсері зерттелмеген. Бұл материалдардың жылулық қасиеттерінің өзгеруі мен олардың құрылымдық компоненттерінің арақатынасының өзгеруі арасындағы байланыс анықталмаған. Осыған байланысты, негізгі стандарт кірпіштің жылулық тиімділігінің маңыздылығын төмендететінін атап өткен жөн, себебі оны бағалауға ішінара тәсіл тек жылу өткізгіштік мәнімен көрінеді. Сондықтан, белгіленген жылу өткізгіштік мәні 25-35 болатын өнімдерді өндіру реттелуі керек.

Жеке зерттеулерде тұжырымдалған тиімді қабырға керамикасын өндіруге арналған саз шикізатына қойылатын талаптар бірмәнді емес және бір-бірінен ерекшеленеді. Шикізатты іріктеуге және олардың тиімді қуыс және қуыс кеуекті өнімдерді, әсіресе төмен тығыздықтағы (1000 кг/м³-ден аз) өнімдерді өндіруге жарамдылығын бағалауға арналған бірыңғай, ғылыми негізделген талаптар әзірленбеген. Дегенмен, әдебиет деректерін талдау және оны жалпылау бізге қуыс кеуекті керамикалық материалдарды өндіруге арналған негізгі шикізат параметрлері мен технологиясына қойылатын нақтыланған талаптарды алдын ала тұжырымдауға және белгілеуге мүмкіндік береді. Ұсынылған талаптар тізімі қуыс және қуыс кеуекті өнімдердің соңғы қасиеттерін реттеу мен болжаудың күрделілігін тағы да көрсетеді, олар бастапқы шикізат пара-

метрлеріне де, тандалған процесс жағдайларына да байланысты /36-40/.

Партияға бір уақытта жанғыш қоспаларды енгізу арқылы керамиканың орташа тығыздығын азайту оның беріктігін төмендетеді. Сондықтан, бұл беріктікті сақтау үшін нығайтқыш қоспаларды енгізу қажет. Сынықтың беріктігін және аязға төзімділігін арттыруға, шихтаның икемділігін, ауа мен отқа төзімділігін реттеуге, сондай-ақ шихтаға сілтілік және сілтілік жер металл оксидтері түріндегі ағындарды, сондай-ақ гальваникалық өндірістен (ЖЖМ) қалдықтарды және олардың кешендерін енгізу арқылы күйдіру температурасын, жылу өткізгіштігін және су сіңірілуін төмендетуге болатыны анықталды /41,42/. Беріктіктің 27-ден 71,2 МПа-ға дейін ең үлкен өсуі шихтаға Na құрамындағы қоспаларды немесе олардың кешендерін, соның ішінде өнеркәсіптік қалдықтарды енгізу арқылы қол жеткізіледі. Сонымен қатар, жеке Na құрамындағы қоспалардың да, олардың кешендерінің де әсерін жүйелі түрде зерттеу іс жүзінде жоқ.

Қатты өнеркәсіптік қалдықтарды қайта өңдеу

Қайта өңдеу және жою қиындықтары ең алдымен оның морфологиялық құрамының күрделілігімен байланысты. Адамның іс-әрекетінен пайда болған қатты қалдықтар гетерогенді қоспа болып табылады, оның құрамында әдетте қара және түсті емес металдар, қағаз және тоқыма компоненттері, сынған шыны, пластик, улы өсімдік қалдықтары, тастар, сүйектер, былғары, резеңке, ағаш, көше қалдықтары және т.б. бар.

Қалдықтардың бақылаусыз қоқыс полигондарына тасталуы қоршаған ортаға кері әсер ететінін, жер асты суларын, жер үсті суларын, атмосфералық ауаны және топырақты зиянды химиялық заттармен ластайтынын, бұл халықтың денсаулығы мен қауіпсіздігіне қауіп төндіретінін атап өткен жөн. Сондықтан қалдықтардан зиянды заттардың көршілес ортаға шығарылуын болдырмау қалдықтарды басқарудағы маңызды экологиялық қауіпсіздік мақсаты болып табылады.

Қайта өңдеудің бірнеше белгілі әдістері бар:

- Қоқыс полигондарын жою кезінде қалдықтардың биологиялық ыдырайтын бөлігін анаэробты түрде қорыту,
- Қалдықтардың биологиялық ыдырайтын бөлігін аэробты түрде қорыту (компосттау),
- Пиролиз,
- Газдандыру,
- Плазмалық өңдеу және арнайы пештерде жағу.

Қалдықтардың жалпы ағынының 90-95%-ы түсетін полигондардағы қалдықтарды қайта өңдеу технологиясы қалдықтардың органикалық бөлігінің өздігінен ыдырауына негізделген. Полигондарда қалдықтар қарқынды биохимиялық ыдырауға ұшырайды. Анаэробты жағдайлар тез дамиды, бұл органикалық заттардың биоконверсиясының микроорганизмдердің метаногендік қауымдастығының қатысуымен жүруіне мүмкіндік береді, бұл полигон газын немесе биогазды шығарады. Полигон газынан шығатын улы шығарындылар ұзақ қашықтыққа, негізінен басым жел бағытында таралуы мүмкін, сондай-ақ айналадағы өнеркәсіптік нысандардан шығатын шығарындылармен әрекеттесіп, экологиялық жағдайды нашарлатуы мүмкін. Осылайша, полигондарда көму экологиялық тұрғыдан қауіпті және экологиялық төлемдер, жер құны және оны қалпына келтіруді қаржыландыру қажеттілігі тұрғысынан экономикалық тұрғыдан тиімсіз.

Пиролиз технологиясын қолдана отырып, қалдықтарды жою жоғары температурада, оттегі шектеулі немесе оттегінің болмауы жағдайында қалдықтардың қайтымсыз химиялық түрленуін қамтиды, нәтижесінде тұтанатын пиролиз газының (пирогалардың) бөлінуі орын алады. Жанғыш қалдықтар массасына температураның әсер ету дәрежесіне байланысты пиролиз шартты түрде төмен температуралы (650°C дейін) және жоғары температуралы (650-900°C) болып бөлінеді. Реакторға шектеулі мөлшерде ауа мен су буы берілгенде, газдану жүреді.

Пиролиздің қалдықтарды тікелей жағудан артықшылығы, ең алдымен, қоршаған ортаның ластануының алдын алу болып табылады. Пиролиз шиналар, пластмассалар, пайдаланылған майлар және шлам сияқты қайта өңделмейтін қалдық компоненттерін қайта өңдей алады.

Пиролиз биологиялық белсенді заттарды қалдырмайды, сондықтан пиролиз қалдықтарын жер астында сақтау қоршаған ортаға зиян келтірмейді. Алынған күлдің тығыздығы жоғары,

бұл жер астында сақталуы керек қалдықтардың көлемін күрт азайтады.

Пиролиз ауыр металдарды (балқытылған) азайтпайды. Пиролиздің артықшылықтарына алынған өнімдерді сақтау мен тасымалдаудың қарапайымдылығы, сондай-ақ жабдықтың төмен қуат талаптары жатады.

Сонымен қатар, пиролизге (газдандыруға) жіберілетін қалдықтарды дайындауға қатаң талаптар қойылады, бұл қосымша қаржылық шығындарға әкеледі:

- қайта өңделмейтін компоненттерді (бетон, шыны, күм, тастар, керамика және т.б.) және жану өнімдерімен жанған кезде қоршаған ортаға теріс әсер ететін элементтерді (металдар, ПВХ негізіндегі өнімдер, автомобиль бөлшектері мен компоненттері, шамдар, хлор құрамдас заттар және т.б.) алу үшін қалдықтарды бөлу (сұрыптау);

- қалдықтарды кептіру;

- қалдықтарды алдын ала ұсақтау (массаны біртекті күйге дейін ұнтақтау).

Қатты қалдықтарды пиролиз арқылы өңдеу зауыттары Данияда, АҚШ-та, Германияда, Жапонияда және басқа елдерде жұмыс істейді. ЕО елдерінде пиролиз арқылы өңделген қалдықтарды дайындау құны өртүрлі. Бұл қатты қалдықтардың құрамындағы айтарлықтай айырмашылықтарға байланысты. Еуропада қалдықтарды бөлек жинау технологиялары бұрыннан қалыптасқан.

Сондықтан, Жапонияда, мысалы, Ресейде қалдықтарды дайындау үшін қарапайым ұсақтау қондырғысы жеткілікті болса, қалдықтарды дайындау жоғарыда сипатталған бірнеше кезеңде жүзеге асырылуы керек, бұл қосымша шығындарды талап етеді. Қатты қалдықтарды пиролиз арқылы өңдеу саласындағы ғылыми зерттеулер мен практикалық әзірлемелер 1970 жылдары басталды.

Содан бері пиролиз арқылы пластиктен, резеңкеден және басқа да жанғыш қалдықтардан энергия мен жылу өндіру энергия ресурстарының көзі болып саналды.

1-кесте – Өртүрлі қалдықтарды өңдеу технологияларының экономикалық тиімділігі

Индикаторлар	Технологии					
	1	2	3	4	5	6
	Жану	Компосттау	Сұрыптау + өртеу	Сұрыптау және компосттау	Күрделі өңдеу	Сұрыптау + тығыздау
Меншікті капитал салымы (1 тонна қатты қалдықтарға), АҚШ доллары/т	280	90	330	100	240	44
Жалпы пайдалану шығындары (1 тонна қатты қалдықтарға), USD/t	9,6	10	12,8	8,7	13,5	3,5

Индикаторлар	Технологии					
	1	2	3	4	5	6
	Жану	Компосттау	Сұрыптау + өртеу	Сұрыптау және компосттау	Күрделі өндеу	Сұрыптау + тығыздау
Қайта өңделмейтін фракция (жоюға жатады),%	30	30	15	55	8	60
Пайдаланылмайтын фракцияны жоюға жұмсалған жалпы шығындар, АҚШ доллары/т **	9	9	4,5	16,5	2,4	18
Амортизация деңгейі, %***	10	10	10	10	10	10
Капиталдық шығындардың төмендеуі, USD/t	28	9	33	10	24	4,4
Жалпы нақты шығындар, USD/t	46,6	28	50,3	35,2	39,9	25,9
1 тонна тұрмыстық қалдықтардан алынған өнімдердің жалпы сатылымы, АҚШ доллары/т	23,7	9,2	33,9	18,7	30,2	34
Технологиялардың экономикалық тиімділігі, АҚШ доллары/т	-22,9	-18,8	-16,4	-16,5	-9,7	8,1

* «Сұрыптау және тығыздау» технологиясы тек тұрғын емес қалдықтарды қайта өндеуге арналған.

** Қатты қалдықтарды жоюдың нақты құны тоннасына 30 АҚШ долларын құрайды деп есептеледі.

*** Амортизация мөлшерлемесі 10% деп есептеледі (барлық технологиялар үшін).

Экономикалық критерийлерге (нақты капиталдық, пайдалану және түзетілген шығындар, қалдықтардың қайта өңделмейтін бөлігін жоюға арналған нақты шығындар және 1 тонна қалдықтан алынған өнімді сатудан түскен пайда) негізделген қалдықтарды өндеудің негізгі әдістерін салыстырмалы сапалық бағалау (1-сурет) ҚТҚ-ны тікелей жағу және тікелей компосттауды қолданатын зауыттар салу экономикалық тұрғыдан ең аз тиімді екенін көрсетеді (ТМД тәжірибесі).

Экономикалық тұрғыдан алғанда, бөлінбеген қалдықтар ағындарын өндеу үшін біріктірілген техникалық шешімдер, әсіресе интеграцияланған қалдықтарды өндеу (сұрыптау, пиролиз және биоөндеудің үйлесімі) ең қолайлы болып табылады. Әр түрлі қалдықтарды өндеу технологияларының экономикалық тиімділігі келесідей: 1 – жағу; 2 – компосттау; 3 – сұрыптау + жағу; 4 – сұрыптау + компосттау; 5 – интеграцияланған өндеу; 6 – сұрыптау + тығыздау.

Дегенмен, қалдықтарды қабылдау тарифтерін ескермесек, бұл технологиялардың барлығы тиімсіз. Өзін-өзі қамтамасыз ететін жалғыз технология – тұрғын емес қалдықтар мен қайта

өңделетін материалдарды бөлек жинау және сұрыптау (мәселені шешудің бірінші кезеңі).

Төменде (2-кесте) сұрыптау процесінің қалдық материалдар ағындарын термиялық және биотермиялық өндеу сатылары арасында қайта бөлуге әсері көрсетілген, бұл техникалық тұрғыдан мүмкін және өндірістің экономикалық және экологиялық тиімділігін арттыруды қамтамасыз етеді (ашыту технологиясы шартты түрде отандық өнеркәсіп шығаратын биобарабандарды пайдалану үшін жасалған).

2-кестеден бастапқы қалдықтарды механикаландырылған сұрыптау нәтижесінде ашытуға жіберілген фракцияның өнімділігі бастапқының шамамен 57%-ын (жылына 305 күн жұмыс істегенде 137 140 т/жыл), ал жағуға жіберілген фракция шамамен 37%-ды (жылына 340 күн жұмыс істегенде 87 980 т/жыл) құрайды.

Ашыту өнімі қоспалардан тазартылғаннан кейін, ашытуға алынған материалдың шамамен 25%-ы қалдыққа айналады, бұл 305 күн жұмыс істегенде 34 285 тоннаны немесе сағатына 112,4 тоннаны құрайды. Бұл қалдықтар жағуға жіберіледі.

2-кесте – Қалдықтарды сұрыптау процесінің болжамды материалдық балансы (зауыт жылына 340 күн, тәулігіне 12 сағат жұмыс істейді, бастапқыда келесі қалдықтар қабылданды: жылына 240 000 тонна, тәулігіне 705 тонна, сағатына 60 тонна)

Өнімдердің атауы	Түпнұсқадағы мазмұн, %	Экстракция, %	Шығу		
			%	т/год	т/сут
Қара металл сынықтары (құрамында қалайы барларды қоса алғанда)	3.0	98	2.94	7056	20.75
Түсті емес металл сынықтары	0.5	80	0.4	960	2.82
Жеңіл фракция (жану үшін)	30.0	45	13.5	32400	95.29
Тоқыма компоненттері (жану үшін)	6.0	80	4.8	11520	33.88
Үлкен құрамдас бөліктер (жағу үшін)	2.0	90	1.8	4320	12.7
Балласт компоненттері (сынған әйнек, батареялар және басқа да қалдықтар)	7.0	40.0	2.8	6720	17.76
Ірі өлшемді фракциямен механикалық шығындар (жану үшін)	-	-	10.0	24000	70.58
Шығындар (ылғал, шаң)	-	-	0.06	144	0.42
Байытылған органикалық фракция (ашыту үшін)	-	-	63.7	152880	449.64
Ашыту қондырғысы жылына 305 күн жұмыс істеген кезде алған байытылған органикалық фракцияның нақты мөлшері	-	-	57.14	137140	449.64
Сұрыптау цехынан жағу үшін (барлығы 340 күн)			36.65	87980	258.76
Барлығы:	-	-	-	240000	705

Осылайша, термиялық өңдеу қондырғысы жылына 87 980 тонна (сұрыптау қондырғысынан) және жылына 34 285 тонна (ашыту қондырғысынан) алады, бұл жылына барлығы 122 265 тоннаны құрайды (тәулігіне 359,6 тонна немесе сағатына шамамен 15 тонна). Басқаша айтқанда, интеграцияланған өңдеу кезінде бастапқы қалдықтардың шамамен 50%-ы өртеледі (тікелей жағу технологиясын қолданған кезде 100%-дың орнына). Бұл өте қымбат жылу жабдықтарына деген қажеттілікті екі есеге азайтады.

Сол сияқты, ашыту қондырғысына орнату үшін биодамдарға деген қажеттілік азаяды. Осылайша, бастапқы қалдықтарды тікелей ашыту үшін сұрыптаусыз (CIS зауыттарындағы тәжірибе) жылына 240 мың тонна (үш ауысымдық жұмыспен тәулігіне 786,8 тонна, жылына 305 күн), диаметрі 4 м және ұзындығы 36 м (пайдалы көлемі 300 м³) 11 КМ101А биодамдарын орнату қажет болады. Интеграцияланған өңдеу технологиясын қолдана отырып, жылына 137 140 тонна байытылған қалдық фракциясы ашытуға жіберіледі, ал қондырғыға тек 6 биобарабан қажет ($449.6:71 = 6$), яғни екі есеге жуық аз (тіпті бастапқы қалдықтармен салыстырғанда байытылған фракцияның тығыздығының артуын ескерместен). Бұл қарапайым есептеу бастапқы

сұрыптаудың интеграцияланған қалдықтарды өңдеу процесіндегі дайындық кезеңі ретіндегі тиімділігін айқын көрсетеді (негізінен, интеграцияланған қалдықтарды өңдеу технологиясы әмбебап, себебі ол бастапқы қалдықтардың құрамына аз тәуелді).

Қалдық материал ағындарын қайта бөлу арқылы сұрыптау қымбат термиялық және биотермиялық жабдықтарға қажеттілікті 1,5-2 есеге азайтады. Сонымен қатар, сұрыптаудың өзіне жұмсалатын капиталдық шығындар термиялық және биоөңдеу шығындарының 8-15%-ынан аспайды.

Белгілі бір технологияны таңдауды ғылыми тұрғыдан негіздеу үшін тек экономикалық факторларды ғана емес, сонымен қатар экологиялық факторларды да ескеру қажет, себебі соңғы өңделген өнімдер мен өндіріс қалдықтары қоршаған ортаға зиян келтірмеуі керек (бағалы қалдық компоненттерін барынша пайдалану кезінде).

Қарастырылып отырған технологиялардың ішінде бастапқы қалдықтарды тікелей ашыту және тікелей жағу қоршаған ортаға ең үлкен әсер етеді.

Бастапқы қалдықтарды ешқандай дайындықсыз немесе өндеусіз тікелей жағуды қолдана отырып, жалпыеуропалық ауаның ластануына

қарсы эмиссия талаптарын сақтау шартымен, жылына 240 000 тонна қалдықты жағудан шығатын шығарынды газдың жылдық көлемі шамамен 900 миллион м³/жыл болады, ал шаң шығарындылары жылына 20 тоннадан аспайды, ал ауыр металдардың жалпы мөлшері жылына 4,5 тонна болады.

Негізгі улы компоненттер ретінде ауыр металдардың шығарындыларын қалдықтарды қара және түсті металдарды бөлу үшін алдын ала сұрыптау арқылы азайтуға болады. Халықаралық зерттеулерге сәйкес, қалдықтарды алдын ала сұрыптау шығарынды газдарындағы ауыр металдардың мөлшерін айтарлықтай азайтады және улы шығарындыларды азайтудың маңызды негізгі шарасы болып табылады.

Біріктірілген «сұрыптау + жағу» процесімен жылына шамамен 200 000 тонна қалдық термиялық өңдеуге жіберіледі деп есептеледі. Бұл жағдайда жылына 750 миллион м³ көлемдегі түтін газдарындағы шаң шығарындылары 16 тоннадан аспайды, ал ауыр металл шығарындылары 500 кг-нан аспайды.

Тікелей қалдықтарды жағу технологиясын қолданған кезде, түтін газдарынан басқа, қож (жылына шамамен 55 000 тонна) және ұшатын күл (жылына шамамен 8000 тонна) да өндіріледі; қождың құрамындағы ауыр металл мөлшерінің жоғары болуына байланысты оны жою өте қиын. «Сұрыптау және жағу» технологиясын қолданғанда, қож мөлшері жылына 45 000 тоннаға дейін, ал күл 6500 тоннаға дейін азаяды, ал қожды өңдеу онша қиын емес.

Алдын ала сұрыптаусыз және дайындамай шикізат қалдықтары үшін тікелей ашыту технологиясын қолданудың басты кемшілігі – полигонға тастауға тура келетін қалдықтардың көп мөлшері (жылына кемінде 70 000 тонна) және дайын өнімнің сапасының өте төмендігі (оны өткізу қабілеті нашар, сату қиын және көптеген зерттеулерге сәйкес, ауыр металдардың жоғары деңгейін қамтиды). Ашыту өнімінің сапасын жақсарту ашыту алдында қалдықтарды сұрыптау технологиясын қолдану арқылы (сонымен қатар соңғы өнімнен қоспаларды кетірудің жетілдірілген технологиясы) жүзеге асырылады.

Қалдықтарды өңдеудің әрбір әдісінің кемшіліктері өнеркәсіптік технология қалдықтарды өңдеудің жеке әдістерін біріктіру қағидатына негізделген жағдайда азаяды.

Интеграцияланған қалдықтарды өңдеу технологиясын қолдана отырып, қалдықтар бастапқы қалдықтардан емес, негізінен металдар

алынған байытылған фракциясынан термиялық өңдеуден өтеді. Байытылған фракция бастапқы қалдықтардан екі есе аз салмақта болады. Бұл түтін газдарының қоршаған ортаға әсерін айтарлықтай азайтады: олардың көлемі жылына 450 миллион м³-ге дейін азаяды, ал жылдық шаң шығарындылары 10 тоннадан, ал ауыр металл шығарындылары 250 кг-нан аспайды (шын мәнінде, металл шығарындылары айтарлықтай төмен болады).

Түтін газдарын тазалау кезінде кешенді қалдықтарды өңдеу кезінде пайда болатын күл мөлшері жылына шамамен 4000 тоннаны құрайды. Бұл қалдық түрі улы, бірақ қазіргі уақытта оны тек көму үшін ғана емес, сонымен қатар кейіннен жою үшін де зиянсыз ету әдістері әзірленуде (мысалы, күлді жол құрылысында бетон қоспасы ретінде немесе жарылыс тазалау өнімдері үшін пайдалануға болатын инертті шыны қалдыққа өңдеу арқылы). Сонымен қатар, шаң шығарындыларын жоятын термиялық (пиролиз) технологиялар (ресейлік газдандыру технологиясы) қазірдің өзінде әзірленген.

Осылайша, өнеркәсіптік технологияларды қалдықтардың «қоршаған ортаға зиянсыздығына» (сапалық бағалау) негізделген екі параллель қатарға орналастыруға болады: пиролизді қолданатын және термиялық әдістері жоқ технологиялар.

Мысалы, ауаның ластануын болдырмау тұрғысынан тікелей ашыту технологиясы тиімдірек, бірақ ол көп мөлшерде қалдықтардың (30%) пайда болуымен байланысты. Сонымен қатар, интеграцияланған қалдықтарды өңдеу кезінде шығарылатын қалдықтардың мөлшері тек 3-8% құрайды, бірақ теориялық тұрғыдан өнеркәсіптік шығарындылардан бір реттік экологиялық қауіп бар. Осылайша, талдау интеграцияланған қалдықтарды өңдеу технологиясы қазіргі заманғы экономикалық және экологиялық талаптарға ең жақсы сәйкес келетінін көрсетеді. Барлық қалдықтарды өңдеу үшін бір әдісті немесе бір технологияны (мысалы, жағу) пайдалану ниеті шығындардың негізсіз өсуіне әкеледі және технологияның теріс қоршаған ортаға әсерін күшейтеді. Сонымен қатар, кейбір термиялық технологияларды (газдандыру, сұйық қабатта жағу) тек интеграцияланған қалдықтарды өңдеу схемаларында ғана енгізуге болады, себебі олар өңделетін шикізаттың құрамына, мөлшеріне және жылу құндылығына нақты талаптар қояды.

Негізінен минералды заттардан тұратын пайда болған қалдықтарды жою және өңдеу үшін

бірнеше өнеркәсіптік және өнеркәсіпке жақын технологиялар бар. Қалдықтардың құрамына аз тәуелді ең әмбебап әдіс – электрлік қайта балқыту, содан кейін шыныландыру.

Шыны тәрізді күйінде улы заттар бөлініп алынады және ұсақталғаннан кейін де шлактан ағып кетпейді. Электрлік қыздыру шлак ваннасындағы температураны (1400-1500°C) ұстап тұруды жеңілдетеді. Шыны тәрізді күйінде материалды қолданудың кең ауқымын табуға болады. VНИИТО мәліметтері бойынша, қалдықтарды электрлік балқытудан алынған шлак жоғары сапалы құрылыс материалдарына өңделуі мүмкін. Атап айтқанда, шлак тығыздығы 180-нен 250 кг/м³-ге дейінгі көлемді жылу оқшаулағышын немесе тығыздығы 900 кг/м³-ге дейінгі құрылымдық бетон үшін кеуекті агрегат өндіру үшін пайдаланылуы мүмкін (өндіріс технологиясы шлак ұнтағын қоспалармен түйіршіктеуге және содан кейін түйіршіктерді айналмалы пеште күйдіруге негізделген). Электрлік балқыту технологиясының дәстүрлі кемшілігі – жоғары энергия тұтыну – қалдықтардан энергия өндіретін қондырғы жағдайында маңызды мәселе емес.

Күйдірілмеген отқа төзімді өндіріс технологиясы ұшатын күлді қайта өңдеу үшін пайдаланылуы мүмкін. Бұл технология қалдықтарды жағу қондырғысының ұшатын күлін электр станциясының күлімен және фосфат байланыстырғыштарымен (атап айтқанда, ортофосфор қышқылымен) ұсақтауды, ұнтақтауды және араластыруды, кірпіштерді қалыптауды, оларды 300-400°C температурада термиялық өңдеуді және оларды осы температурада 4 сағат бойы ұстауды қамтиды. Новомосковскідегі отқа төзімді зауыттағы алғашқы пилоттық сынақтар көңіл көншітетін нәтижелер берді.

Қалдықтарды қайта өңдеудің бұл интеграцияланған технологиясы құрылыс материалдарын өндіру процесіне біріктірілген кезде іс жүзінде қалдықсыз болуы мүмкін. Байытылған қалдық фракцияларын әмбебап, экологиялық таза құрылыс материалдарына өңдеу жұмыстары Германия мен Канадада жүргізілуде (SEKUPLAN және Hydromex технологиялар). Осындай технология Ресейде академик М.В. Бирюковтың басшылығымен әзірленіп, сынақтан өткізілді.

Қалдықтарға келетін болсақ, технологияның мәні органикалық заттармен байытылған құрғақ, ұсақталған қалдық фракциясын минералды байланыстырғыштардың (бишофит және магнезит) ерітінділерімен өңдеуден және кейіннен

инъекциялық қалыптау, ыстық престеу немесе штамптау үшін қалыптауға болатын масса алу-дан тұрады. Массаны дайындау процесі барлық қалдық бөлшектерінің қапталуын қамтамасыз етеді, нәтижесінде отқа төзімді және биотұрақты экологиялық таза құрылыс материалдары алынады. Органикалық негіздегі құрылыс материалдарын өндіру қалдықтары аз (қалдықсыз) қалдықтарды өңдеу кешенін қамтамасыз ет

Қорытынды

Қалдықтарды қайта өңдеу және Ресейде және шетелде кеуекті құрылыс материалдарын өндіру оларды әзірлеу және енгізу келесі салаларда мүмкін екенін көрсетеді. Кірпіш сазды шикізат ретінде пайдаланатындарға құрылымдық (тығыздығы 900-1200 кг/м³) және құрылымдық-жылу оқшаулағыш (500-900 кг/м³) жоғары қуысты қуыс-кеуекті керамика, сондай-ақ тиімді заманауи көбіктенетін және үрлейтін агенттерді пайдаланатын жылу оқшаулағыш (100-500 кг/м³) газ және көбік түзетін керамика жатады. Кеңейтілген сазды шикізат ретінде пайдаланатындарға пиропластикалық балқыманың жылулық соққысы кезінде айтарлықтай кеңейетін технологияны қолдана отырып өндірілген жеңіл және ультра жеңіл ұяшықты керамикалық материалдар жатады. Сонымен қатар, қуыс-кеуекті керамикалық материалдарда қол жеткізуге болатын ең төменгі орташа тығыздығы 700-750 кг/м³ және жылу өткізгіштігі 0,15-0,18 Вт/(м²°C) көптеген аймақтар үшін құрылыста энергияны үнемдеу саясаты тереңдеген сайын қабылдануы мүмкін қатаң жылу кедергісі стандарттарына сәйкес келу үшін жеткіліксіз болуы мүмкін. Сондықтан материалтанушылар өз күш-жігерін озық және тиімді ұяшықты керамикалық материалдарды әзірлеуге және енгізуге бағыттауы керек.

Көбікті және газ-керамикалық материалдардың қуыс кеуекті қабырға керамикасына қарағанда маңызды артықшылығы – олардың жоғары кеуектілігі (95%-ға дейін), төмен орташа тығыздығы (100 кг/м³-ден бастап) және жылу өткізгіштігі (г) 0,06-дан 0,14 Вт/(м² °C-қа дейін). Бірқатар зерттеулер олардың жоғары аязға төзімділігін атап өтті – F200-ден жоғары. Оларды өндірудің дамуы келесі факторлармен тежеледі: көбік, газ және кеуекті керамика және күйдіру байланысындағы (ВОС) жеңіл бетон ұғымдарының нақты анықтамасының болмауы, бұл мәселе бойынша әдебиеттерде сәйкессіздіктер болғандықтан, олардың қасиеттерінің негізгі көрсеткіштерінің