

МРНТИ 29.01.45
УДК 621.1.016.4:662.61

<https://doi.org/10.51889/2021-1.1728-7901.16>

М. Құлбек¹, Э. Джаксигельдинова^{1*}

¹Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
*e-mail: dzhaksigeldinova@mail.ru

ПІШІНДЕРІ КҮРДЕЛІ КЕУЕК ҮЛГІЛЕРДІҢ КӨЛЕМІ МЕН ТЫҒЫЗДЫҒЫН АНЫҚТАП ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа

Өнеркәсіптің көптеген салаларында, мысалы химия, металлургия, энергетика, жеңіл, тамақ т.б. сияқты өндіріс орындарында құрылымы керек сан-алуан материалдар кеңінен қолданылады. Сондықтан олардың құрылымын, физика-техникалық қасиеттерін жан-жақты зерттеулердің ғылыми-практикалық мәні өте зор.

Мақалада пішіні күрделі кеуек материалдардың үлгілердің көлемі мен тығыздығын жаңа тәжірибелік әдіспен зерттеу мәселелері баяндалған. Өзіне су сіңірмейтін өте тығыз кеуексіз үлгілердің пішіндері қандай күрделі болмасын олардың көлемін Архимед заңына сүйеніп еш қиындықсыз анықтауға болады. Ал пішіні күрделі кеуек үлгілердің көлемін бұл заңды пайдаланып тікелей анықтай алмаймыз. Мақалада осындай кеуек үлгілердің көлемі мен тығыздығын анықтап, зерттеудің тәжірибелік әдіс-тәсілдері келтірілген. Ұсынылған әдісті қолданып жүргізілген тәжірибелік жұмыстардың нәтижелері баяндалып талданған.

Түйін сөздер: Үлгілер; кеуек; пішіні; күрделі; көлем; тығыздық; үдеріс; тәжірибе; сусіңіргіштік.

Аннотация

М.К. Кулбек¹, Э. Джаксигельдинова¹

¹Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ОБЪЕМА И ПЛОТНОСТИ ПОРИСТЫХ ОБРАЗЦОВ
СЛОЖНОЙ ФОРМЫ**

В различных отраслях промышленности, например в химической, металлургической, энергетической, легкой, пищевой и др. широко используются различные пористые материалы. Поэтому всестороннее исследование их структуры и физико-технических свойств имеет важное научно-технологическое значение.

В статье изложены результаты определения и изучения объема и плотности пористых материалов-образцов по новому экспериментальному методу. Определение объема и плотности водонепроницаемых образцов любой сложной формы можно легко определить на основе закона Архимеда. Однако, определение объема и плотности пористых впитывающих образцов сложной формы прямым использованием указанного закона представляется невозможным. В статье приведены новые экспериментальные методы (способы) определения объема и плотности таких пористых образцов сложной формы. Приведены и проанализированы результаты экспериментальных работ, проведенных с использованием предложенных новых методов.

Ключевые слова: Образцы; пористый; форма; сложный; объем; плотность; процесс; эксперимент; водопоглощение.

Abstract

DETERMINATION AND STUDY OF THE VOLUME AND DENSITY OF COMPLEX POROUS SAMPLES

Kulbek M.K.¹, Dzhaksigeldinova E.¹

¹Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

Various porous materials are widely used in various industries, such as chemical, metallurgical, energy, light, food, etc. Therefore, a comprehensive study of their structure and physical and technical properties is of great scientific and technological importance. The article presents the results of determining and studying the volume and density of porous sample materials using a new experimental method. The determination of the volume and density of waterproof samples of any complex shape can be easily determined on the basis of Archimedes' law. However, it is impossible to determine the volume and density of porous water-absorbing samples of complex shape directly using this law.

The article presents new experimental methods (methods) for determining the volume and density of such porous samples of complex shape. The results of experimental work carried out using the proposed new methods are presented and analyzed.

Keywords: Samples; porous; shape; complex; volume; density; process; experiment; water absorption.

Өнеркәсіптің сан-алуан салаларында, техника мен технологияда құрылымдары, пішіндері мен көлемдері әр түрлі материалдар (үлгілер) кеңінен қолданыс табуда. Қолданыстағы көптеген қатты заттардың пішіндері күрделі болып, құрылымы жағынан кеуек болып келеді [1-2].

Егер мұндай қатты заттар өте тығыз болып, яғни кеуексіз болса, олардың пішіндері қаншалықты күрделі болса да көлемі мен тығыздықтарын анықтаудың еш қиындығы болмайды. Бұл мақсатты белгілі Архимед заңын қолдану арқылы оңай жүзеге асыруға болады. Бұл жағдайда үлгілерді тығыздықтары олардікінен аз болып келетін кез-келген сұйыққа батыру кезінде ығысып шыққан сұйық көлемнің батырылған дене көлеміне тең болатындығын негізге аламыз. Ал егер, үлгілер құрылымы жағынан кеуек болып өзіне батырылған сұйықты сіңіретін болса, онда мәселе біршама қиындайды.

Ғылыми мақалада осындай пішіні өте күрделі кеуек заттардан жасалған үлгілердің көлемі мен тығыздығын анықтау әдістері мен зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттеу нысаны ретінде пішіні күрделі кеуек үлгілер қарастырылған. Сұйық ретінде тығыздығы кеуек үлгілердікінен аз кез келген затты алуға болады, мысалы су, май, т.б. Бірақ бұл жағдайда үлгілер өзіне батырылған сұйықты сіңіретіндіктен Архимед заңын тікелей қолдана алмаймыз. Әуелі кеуек үлгілерді сұйыққа батырып оны толық қанықтырып алу қажет болады.

Бұл мақсат үшін жаңадан ойлап табылған тәжірибелік әдісті қолданған тиімді [5,6]. Бұл тәжірибелік экспресс әдісті жүзеге асырудың техникасы қысқаша былай. Зерттеу нысаны ретінде алынған кеуек үлгінің әуелі электронды таразының көмегімен массасын өлшеп аламыз. Ал кеуек үлгінің пішіні өте күрделі болғандықтан, әрине оның көлемін тікелей өлшеп анықтай алмаймыз. Бұл мақсатқа жетуге аталған әдіспен жүргізілетін тәжірибе нәтижелері мүмкіндік береді.

Зерттелетін үлгі көлемдік өлшем бірліктері бар шыны ыдысқа, мысалы цилиндрлік мензуркадағы суға батырылады. Үлгіні суға батыру алдында оның мензуркадағы бастапқы көлемі (деңгейі) өлшеніп алынады. Бұл тәжірибені жүргізу барысында тағы бір жағдайды ескеруге тура келеді. Көптеген жеңіл кеуек материалдардың тығыздықтары сұйықтардікінен де аз болатын жағдайлар жиі кездеседі. Бұл жағдайда олардың суға батуын өзіне сұйық сіңірмейтін кеуексіз өте тығыз заттардан жасалған қосымша жүк көмегімен жүзеге асыруға болады. Мұндай тәжірибелер кезінде зерттелетін кеуек үлгінің сұйыққа батуын қамтамасыз ететін көлемі ықшам қосымша жүкті таңдап алудың физикалық шарттары алдыңғы жарияланған мақаламызда жан-жақты баяндалған болатын [7].

Енді тәжірибені жүргізу барысына оралайық. Үлгіні суға батырған сәттен бастап, оның мензуркадағы көлемінің өзгерісі бақыланып отырады. Тәжірибе мензуркадағы су көлемінің азайуы толық тоқтағанша жүргізіле береді. Ал ыдыс ішіндегі су көлемінің (деңгейінің) өзгермей тоқтап қалуы кеуек үлгінің өзіне сұйықты толық сіңіріп қаныққандығын білдіреді. Жүргізілген тәжірибе нәтижесінде алынған мәліметтер алдымызға қойған негізгі мақсатқа жол ашумен қатар, кеуек үлгісінің сусіңіргіштік қасиеттерін анықтауға да мүмкіндік береді.

Бұл жағдайда тығыздықтары судікінен жоғары, яғни оған өздігінен бататын үлгілердің көлемдік сусіңіргіштік коэффициентін (B_v) мынадай өрнекпен анықтаймыз [5]:

$$B_v = \frac{V_v - (V_c - V_6)}{V_v} 100\%, \quad (1)$$

Мұндағы V_v -үлгінің көлемі, V_c - тәжірибе соңындағы мензуркадағы су көлемі, V_6 - мензуркадағы судың бастапқы, яғни үлгі батырылмай тұрған сәттегі көлемі.

Осы нәтижелерді пайдаланып кеуек үлгінің массалық сусіңіргіштік коэффициентін (B_m) мына өрнекпен анықтауға болады:

$$B_m = \frac{\rho_c [V_v - (V_c - V_6)]}{m_v} 100\%, \quad (2)$$

мұндағы m_v – үлгінің бастапқы құрғақ, яғни суға батырар алдындағы массасы, ρ_c – сұйықтық, бұл жағдайда судың тығыздығы. Ал тығыздықтары сұйықтыкінен аз болып, оған өздігінен батпайтын өте жеңіл үлгілер үшін, яғни қосымша жүк пайдаланған жағдайларда бұл өрнектер былай жазылады [7].

$$B_v = \frac{(V_v + V_{ж}) - (V_c - V_6)}{V_v} 100\%, \quad (3)$$

мұндағы $V_{ж}$ – үлгіні сұйыққа батыру үшін оған ілінген қосымша жүк көлемі.

$$B_m = \frac{\rho_c[(V_v+V_{ж})-(V_c-V_6)]}{m_v} 100\% \quad (4)$$

Үлгінің массалық сусіңіргіштік коэффициентін мына өрнекпен де анықтауға болады

$$B_m = \frac{m_k - m_v}{m_v} 100\%, \quad (5)$$

мұндағы m_k - суға қаныққан үлгінің массасы.

Бұл жағдайда m_v мен m_k мәндерін электронды таразының көмегімен өлшеп алу қажет.

Енді осындай тәсілмен суға (сұйыққа) толық қанықтырылған пішіні күрделі үлгінің көлемін анықтау мақсатында тәжірибені қайталаймыз. Бұл жолы алдын ала қанықтырылған үлгі өзіне суды сіңірмейтіндіктен Архимед заңын қолдану арқылы оның батырылуы кезінде ығысып шыққан су көлемі арқылы оның пішіні қаншалықты күрделі болса да, көлемін дәл анықтауға мүмкіндік туады. Үлгінің көлемін білгеннен кейін, тәжірибе алдында құрғақ күйінде өлшеніп алынған массасын пайдаланып оның тығыздығын анықтаймыз.

Енді жоғарыда келтірілген әдістерді іс жүзінде пайдаланып тәжірибелер жүргізу арқылы пішіні күрделі кеуек үлгілердің көлемі мен тығыздығын анықтауға нақты мысалдар келтірейік.

Тәжірибелік жұмыстарды жүргізу барысында зерттеу нысаны ретінде каолинитті полиминералды табиғи лай шикізатынан пластикалық тәсілмен дайындалған цилиндрлік үлгілер алынды. Керамикалық үлгілерді дайындау технологиясы қысқаша былай болады.

Алдын ала кептіріліп құрғатылған лай топырағы майдаланып 20-22% шамасында су қосылып араластырылғаннан кейін, эксикатор ыдысына салынып қымталған жағдайда 1-2 тәулік бойы бөктіріледі. Осындай ылғалдылығы бірыңғай құрылымға ие болып иі қанған лай қоспасынан цилиндрлік металл қалыпта механикалық престің көмегімен үлгілер дайындалады.

Қалыптан шыққан цилиндрлік үлгілердің бастапқы өлшемдері мынадай болды: $d=50$ мм, $h=100$ мм, ал көлемдері $V_6=196,25$ см³. Бұл үлгілер алғашында бөлме жағдайында біраз дегтіліп, сонан соң СНОЛ типті электр шкафында 110⁰С температура жағдайында толық кептіріліп құрғатылды.

Құрғатылған үлгілердің бір бөлігі өз пішінінде қалдырып, ал екіншілеріне ортаңғы бөлігінде концентрлі жағдайда бүкіл биіктігі бойынша диаметрі 15мм болатындай цилиндр пішіндегі саңлау тесіліп салынды. Бұлар зерттеу барысында пішіндері күрделі үлгілер ретінде қолданылды. Ал бүтін күйінде қалдырылған бірінші үлгілер эталон ретінде қолданылды.

Осындай тәсілмен дайындалған құрғақ үлгілер электронды автоматты басқарғыш тетігі бар муфелді электрлік пеште (СНОЛ) жоғарғы температурасы 1000⁰С жағдайында бір сағаттай уақыт бойы қақталып күйдірілді. Күйдірілген үлгілердің бөлме температурасына дейін суытылған кездегі көлемдері мынадай болды: эталон ретінде қабылданған бүтін цилиндрлік үлгілердікі $V_3=186,15$ см³, ал ұсынылған әдіспен жүргізілген тәжірибенің дұрыстығына көз жеткізу мақсатында пішіні күрделендірілген үлгілердің көлемдерін өлшеп есептеп табуға болатын жағдайда жасалғандығын жоғарыда келтірілген мәліметтен байқауға болады. Мұндай үлгілердің күйдірілгеннен кейінгі көлемі мынаған тең болды: $V_v=169,35$ см³. Жоғарыда келтірілген қалыптан жаңа шыққан үлгілер көлемі мен күйдірілгеннен кейінгі көлемін салыстырып қарасақ технологиялық үдерістер кезіндегі жалпы шөгуі 5% шамасында болғанын байқаймыз. Сонымен осылайша дайындалған зерттеу нысандарымен жоғарыда келтірілген әдістерді қолдана отырып бірқатар тәжірибелік жұмыстар жүргізілді.

Тәжірибе алдында пішіні күрделі сынама үлгі (m_v) мен эталон-үлгілердің (m_3) массалары электронды таразының көмегімен өлшеніп алынды: $m_v=313$ г; $m_3=285$ г, ал олардың орташа тығыздығы $\rho=1,681$ г/см³ болды. Әуелі тәжірибе эталон үлгімен жасалды. Ол әуелі тәжірибелік әдіске сәйкес суға салынып қанықтырылғаннан кейінгі көлемдік сусіңіргіштік коэффициенті мынаған $B_v=28\%$, ал массалық сусіңіргіштік коэффициенті $B_m=16,65\%$ болды. Осы көрсеткіштерге қарай керамикалық үлгілердің кеуектілік дәрежесін де бағалауға болады. Бұл жерде әрине ашық және жартылай ашық микроқуыстардың көлемі жөнінде айтылып отыр.

Осылайша суға қанықтырылған эталон үлгіні мензуркаға қайта салып ығысып шыққан су көлемі арқылы анықтағанымызда $V_3=185,40$ см³ болды. Бұдан эталон үлгінің геометриялық тұрғыдан өлшеніп анықталған көлемінің мәні (186,15см³) мен ұсынылған әдіс бойынша жүргізілген тәжірибелік зерттеу нәтижесінде алынған мәнің (185,40см³) бір-біріне өте жақын екенін байқауға болады.

Сонымен ұсынылған тәжірибелік әдістің дәлдігіне көз жеткізіп алған соң пішіні күрделі кеуек керамикалық үлгілермен тәжірибе тура сондай жағдайда қайталанды. Үлгіні сумен қанықтыру

мақсатында жүргізілген алдыңғы тәжірибе нәтижелері мынадай болды. Пішіні күрделі керамикалық үлгінің көлемдік сусіңіргіштік коэффициенті $V_v=28,75\%$, ал массалық сусіңіргіштік коэффициенті $V_m=17,10\%$ болды.

Бұл көрсеткіштерді алдыңғы құрылымдары мен құрамы, жасау тәсілдері бірдей эталон үлгімен салыстырсақ аздаған шамаға артық екендігін байқауға болады. Бұны пішіні күрделендірілген үлгілердің сыртқы беттік ауданының эталон үлгілерге қарағанда біршама артық болуымен түсіндіруге болады. Әрине бұл жерде тәжірибе жұмыстарын жүргізу барысында жіберілетін қателіктердің де әсерінің бар екені сөзсіз. Осылайша суға қанықтырылып алынған пішіні күрделі керамикалық үлгіні мензуркадағы суға қайтадан салып, Архимед заңына сәйкес оның ығысып шыққан мөлшері бойынша анықталған үлгінің көлемі мынаған тең болды $V_v=168,14\text{см}^3$.

Салыстырып қарасақ, үлгінің геометриялық жолмен өлшеу арқылы анықталған көлемнің мәні ($169,35\text{см}^3$) мен тәжірибелік мәнінің ($168,14\text{см}^3$) арасындағы өте аз айырмашылықты байқауға болады.

Сонымен ұсынылып отырған тәжірибелік әдісті пішіндері өте күрделі кеуек үлгілер (денелер) көлемдерін анықтау мақсатында қолдануға толық мүмкіндіктер бар екен – деген қорытындыға келеміз. Мақалада келтірілген нәтижелердің ғылыми-практикалық, ғылыми-әдістемелік мәні мен қатар білім беру саласындағы мәнін де атап өтуге болады.

Бұл алынған нәтижелердің негізінде қарапайым құралдар арқылы жүзеге асыруға болатын физикалық практикумды әзірлеуге болатындығын атап өткен жөн.

Пайдаланған әдебиеттер тізімі:

- 1 Сайбулатов С.Ж., Сулейменов С.Т., Кулбеков М.К. Золы ТЭС в производстве строительной керамики. Алма-Ата: Казахстан, 1986.-144с., ил.
- 2 Сайбулатов С.Ж., Кулбеков М.К. Способ изготовления стеновых изделий «золкерам» А.С. 675030 СССР. –Б.И., 1979.-№27.-с.85.
- 3 Кулбеков М.К. Способ изготовления керамических декоративных плиток. А.С.1680666 СССР. –Б.И., 1991. - № 36.- с. 102.
- 4 Кулбек М.К. Инновационный патент на изобретение №25555. Название: Способ изготовления керамических отделочно – декоративных плиток. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Республики Казахстан 17.02.2012г., опубл. бюл.№3 от 15.03.2012.
- 5 Кулбек М.К., Косов В.Н., Хамраев Ш.И., Кулбеков Д.М. Патент РК на полезную модель №2050. Способ определения коэффициента водопоглощения капиллярнопористых твердых тел. - Бюл.№4, 28.02.2017.
- 6 Косов В.Н., Кулбеков Д.М. О новом экспериментальном методе по изучению процессов водопоглощения пористых твердых тел. – Вестник КазНПУ им. Абая, серия “Физико-математические науки”, 2017, №2(58), с. 173-177.
- 7 Кулбек М., Джаксигельдинова Э. Жеңіл кеуек қатты материалдардың сусіңіргіштік қасиеттерін зерттеу. Хабаршы Абай атындағы ҚазҰПУ, «Физика-математика ғылымдары» сериясы № 3(71), 2020 ж. С.110-114.

References

- 1 Sajbulatov S.Zh., Sulejmenov S.T., Kulbekov M.K.(1986) Zoly TJeS v proizvodstve stroitel'noi keramiki [Ash from thermal power plants in the production of building ceramics]. Alma-Ata: Kazakhstan, 144. (In Russian)
- 2 Sajbulatov S.Zh., Kulbekov M.K. (1979) Sposob izgotovlenija stenovyh izdelij «zolokeram» [Method of making wall products for "zolokers"]. A.S. 675030 SSSR. B.I, №27, 85. (In Russian)
- 3 Kulbekov M.K. (1991) Sposob izgotovlenija keramicheskikh dekorativnyh plitok [A method of making ceramic decorative tiles]. A.S.1680666 SSSR. –B.I., № 36, 102. (In Russian)
- 4 Kulbek M.K. Innovacionnyj patent na izobretenie №25555. Nazvanie: Sposob izgotovlenija keramicheskikh otdelochno – dekorativnyh plitok. Zaregistrirvano v Gosudarstvennom reestre izobretenij Respubliki Kazahstan [A method of manufacturing ceramic finishing and decorative tiles].17.02.2012g., opubl. bjul.№3 ot 15.03.2012. (In Russian)
- 5 Kulbek M.K., Kosov V.N., Hamraev Sh.I., Kulbekov D.M. Patent RK na poleznuju model' №2050. Sposob opredelenija koeficienta vodopogloshhenija kapilljarnoporistyh tverdyh tel.[Method for determining the water absorption coefficient of capillary-porous solids]- Bjul.№4, 28.02.2017. (In Russian)
- 6 Kosov V.N., Kulbekov D.M.(2017) O novom jeksperimental'nom metode po izucheniju processov vodopogloshhenija poristyh tverdyh tel[On a new experimental method for studying the processes of water absorption of porous solids]. – Vestnik KazNPU im. Abaja, serija “Fiziko-matematicheskie nauki”, №2(58), 173-177. (In Russian)
- 7 Kulbek M., Dzhaksigel'dinova Je. (2020) Zhenil keuek katty materialdardyn susinirgishtik kasietterin zertteu.[Study of the absorption properties of light porous solids.]. Habarshy Abaj atyndagy KazUPU, «Fizika-matematika gylymdary» serijasy № 3(71), 110-114. (In Kazakh)