



Пән: Тау жыныстарының физикасы

Дәріс тақырыбы: Тау-кен жыныстарының механикалық қасиеттері (14 дәріс)



Жоспар:

- ▶ 1.Серпiмдi қасиеттер. акустикалық қасиеттер.
- ▶ 2.Жыныстың пластикалық қасиеттерi.
- ▶ 3.Берiктiк қасиеттерi.
- ▶ 4.Реологиялық қасиеттерi



Жыныстарға механикалық күштер мен әсер еткендегі сипатын көрсететін механикалық қасиеттері, серпімді, пластикалық, беріктік және реологиялық болып бөлінеді.

Серпімді қасиеттері жыныстарда формасын өзгертетін күшті тоқтатқанда бастапқы орнына қайта баратын, серпімділік аймағындағы жыныстың қопсыту дәрежесін анықтайды. Жыныста қысқамерзімді импульстердің әсерінен пайда болған серпімді ығысу, жыныстың бүкіл көлеміне тарай алады. Мұндай ығысулардың (серпімді толқындардың) таралуын толқындық процесі акустикалық қасиеттерімен түсіндіріледі.

Жыныстың пластикалық қасиеттері жыныстың алғашқы формасы мен мөлшері толығымен орнына қайта бармайтын, жыныстың серпімділік шегінен шығатын күш әсер еткенде көрінеді.

Беріктік қасиеттері жыныстағы бұзушы күштердің шамасын анықтайды.

Реологиялық қасиеттері деформациялық топтардың және жоғарыда келтірілген жыныстардың механикалық параметрлерінің уақыт бойынша өзгеруін, күштердің ұзақ мерзімді әсер ету жағдайында бағалайды.

Жыныстардың тығыздығы

Жыныстың немесе минералдың қатты фазасының (минерал скелеті) дара бірлік көлемінің массасы оның тығыздығы ρ_0 деп аталады.

Минералдар ауыр $\rho_0 > 4 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, орташа ($\rho_0 = (4 \cdot 2,5) \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$) және жеңіл $\rho_0 < 2,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ болып бөлінеді; бар минералдың 13% -жеңілге, 33,8% - ауырға, 53,2% - орташаға жатады.

Тау-кен жыныстарының тығыздығы оны құрайтын минералдардың тығыздығымен анықталады

$$\rho_o = \sum_{i=1}^n \rho_{oi} V_i$$

мұндағы n - жынысты құрайтын минералдар; V_i - әр минералдың алатын көлем еншісі.

Жыныстың табиғи күйіндегі дара бірлік көлемінің массасының ρ_0 -дан айырмашылығы бар; мұндай айырмашылық бірінші кезекте кеуектіліктен болады.

Сондықтан тығыздықпен қоса көлемдік масса ρ ұғымын қолданады. Көлемдік масса дегеніміз, құрғақ жыныстың табиғи күйіндегі кеуектілікпен алғандағы дара бірлік көлемінің массасы. Жыныстың тығыздығы оның көлемдік массасынан әрдайым көп.

Бос сулар жыныста капиллярлық көтергіші күштер арқылы ұсақ кеуектіктерде ұсталып тұратын, капилляр су күйінде, және ірі кеуектерді толтырып тұратын, жыныста ауырлық күшінің және қысымның әсерінен қозғалыста болатын гравитациялық су түрінде болуы мүмкін.

Капилляр судың мөлшері капиллярлық ылғал сыйымдылық параметрлерімен бағаланады.

Жыныстың минералдық, гранулометрлік құрамына және бөлшектер қалпына байланысты, жыныстағы әр түрлі сулардың мөлшері болуы мүмкін. Мысалы, құмның құрамында негізінен гравитациялық сулар болса, саздың, лесстың және саздақтардың құрамында - молекулярлы және капиллярлы сулар болады.

Байланысқан, капилляр және гравитациялық судың, жыныс ұстап тұра алатын максимал шамасы, оның толық ылғал сыйымдылығымен (салмақты және көлемді) сипатталады.

Көлемді толық ылғал сыйымдылықтың мөлшері шамамен жыныстың ашық кеуектігіне тең. Егер кеуектер жыныста бір-бірімен еркін байланыста болмаса, жыныс сумен толық қаныққан болса да, оларда газдың немесе ауаның біраз бөлігі қысылып қалып қалуы мүмкін.

Кейде су кейбір минералдардың кристалдық торларының арасынан өтіп кетуі мүмкін (монтмориллонит, вермикулит, галлуазит). Онда $\omega_{\text{тк}} > P$ болатыны байқалады.

Жыныстың табиғи күйін бағалау үшін, **табиғи ылғалдылық ω_m** параметрлерін қолданады, ол жыныстың табиғи жағдайындағы су мөлшерінің салыстырмалы мөлшеріне тең және жыныстың суға қанығу дәрежесін көрсететін **суға қаныққандық коэффициентін $k_{\text{ск}}$** қолданады.

Ылғал сыйымдылық - жыныстың физикалық параметрлері; **табиғи ылғалдылық ω_t және $k_{\text{ск}}$** - жыныс күйінің сипаттамалары.



Дымқылданған жыныстан барлық суды механикалық әдіспен шығару мүмкін емес. Кез келкен механикалық әсерден кейін жыныста физикалы байланысқан су қалады. Суды лесстың, өте ұсақ кұмдардың (батпақтар) құрамынан бөліп шығару қиын, себебі оларда физикалы байланысқан судың проценті жоғары. Жыныстың құрамынан механикалық әсерлестіктен кейін судың шығуын **су берушілік коэффициентімен** сипаттайды.

Жыныстың әлсіз су берушілігі жынысты механикалық және гидравликалық жолмен қазу кезіндегі өнімділігін төмендетеді, кен орындарын кептіруді, пайдалы қазбаларды тасымалдау мен ұсақтау жұмыстарын қиындатады.

Дымқылданған жыныстан барлық суды механикалық әдіспен шығару мүмкін емес. Кез келкен механикалық әсерден кейін жыныста физикалы байланысқан су қалады. Суды лесстың, өте ұсақ кұмдардың (батпақтар) құрамынан бөліп шығару қиын, себебі оларда физикалы байланысқан судың проценті жоғары. Жыныстың құрамынан механикалық әсерлестіктен кейін судың шығуын **су берушілік ξ коэффициентімен** сипаттайды.

Су берушілік шамасы жынысты кұрайтын белшектердің шамасынан, кеуектердің мөлшері мен өзара орналасуына байланысты болады. **Жыныстың әлсіз су берушілігі жынысты механикалық және гидравликалық жолмен қазу кезіндегі өнімділігін төмендетеді, кен орындарын кептіруді, пайдалы қазбаларды тасымалдау мен ұсақтау жұмыстарын қиындатады.**



Жыныста судан басқа тағыда мұнай мен газда кездеседі. Кеуектерде судың, мұнайдың және газдың таралу сипаты, жыныстың көптеген физикалық қасиеттеріне себебін тигізеді, мысалы олардың электр кедергілігіне зор әсерін тигізеді. Мұнайға V_m , газға V_r , суға қаныққан жыныстағы мұнайдың газдың және судың V_m көлемдерінің қосындысы жыныстың кезектік кеңістігінің көлеміне V_m тең. Сұйықтықтар мен газдар жыныстағы жарықшақтар мен кеуектер арқылы қозғала алады. Жыныстың, өзі арқылы флюидтерді өткізу қасиеті, оның *өткізгіштігі* деп аталады.

Өткізгіштік физикалық (абсолютты) және фазалық (тиімді) болып бөлінеді.

Физикалық өткізгіштік - жыныс арқылы біртекті сұйықтық пен газдың сүзілген кезіндегі өткізгіштік. Фазалы өткізгіштік - әр текті сұйықтықпен қаныққан жыныстың, оның жеке-жеке фазаларын өткізу қабілеті. Өткізгіштік шамасы Дарси тендеуінен шығатын өткізгіштік коэффициенті $k_{от}$ арқылы беріледі. Өткізгіштік коэффициентінің өлшем бірлігі - m^2 .

Өткізгіштіктің практикалық өлшем бірлігі дарси (Д) - ауданы 1 см^2 , ұзындығы 1 см жыныс үлгісі арқылы $9,8 \cdot 10^4\text{ Па}$ қысыммен, 1 с уақытта, тұтқырлығы $10^{-3}\text{ Па} \cdot \text{с}$, 1 см^3 сұйықтың өткендегі өткізгіштік шамасы. Бұл кезде $1\text{ Д} = 1,02 \cdot 10^{-12}\text{ м}^2$

Тау-кен өндірісінде басқа шама - сүзілу коэффициенті k_c — кең қолданылады. Ол сұйық пен газдың жыныс арқылы сүзілу жылдамдығы

Сүзілу коэффициенті k_c , судың ағының есепке алмайды. k_c және $k_{от}$ шамаларын салыстыру, олардың арасында, судың сүзілу жағдайында келесідей байланыс болатынын көрсетеді: $1\text{ Д} = 1\text{ см/с} = 864\text{ м/сут}$.

Сүзілу коэффициентінің шамасы бойынша жыныстар келесі топтарға бөлінеді: суға төзімді ($k_c < 0,1\text{ м/сут}$), әлсіз өткізгіш ($0,1\text{ м/сут} \leq k_c \leq 10\text{ м/сут}$), орташа өткізгіш ($10\text{ м/сут} \leq k_c \leq 50\text{ м/сут}$) және жеңіл өткізгіш ($k_c > 1000\text{ м/сут}$)

Су өткізгіштік негізінен кеуек мөлшерінен, олардың жыныстағы жалпы көлемінен және кескін үйлесімімен байланысты: кеуектер сүзілуші сұйықтықтардың көлемін, ағыс жолын және қозғалуына кедергі жасайтын үйкеліс күштерін анықтайды. Жалпы жағдайда өткізгіштік жыныстың кеуектілігінің өсуімен артады. Жоғарыкапиллярлы кеуектер сұйықтықтарды салмақ күшінің немесе қысымның әсерімен гидродинамикалық қарапайым заңдылықтары бойынша өткізеді.

Капилляр кеуектерде сұйықтардың қозғалысы капиллярлық тартылыс күштерінің әсерінен болады. Қысымның әсерінен сұйықтық капиллярда тек қысым молекулалық тартылыс күштерінен асып кеткен жағдайда ғана қозғалады.

Субкапилляр кеуектер сұйықтықты өткізбейді. Сондықтан да саздар кеуектілігінің жоғарылығына (50% және одан жоғары) қарамастан **суға төзімділерге** жатады. Ондағы барлық су байланысқан күйде болып, гравитациялы судың қозғалуына кедергі жасайды. Және керісінше, жартасты жыныстардың кеуектілігі аз болғанымен, **өткізгіштігі жоғары**. Бұл жыныстарда гранула аралық және жарықшақты өткізгіштер деген болады және соңғысының шамасы үлкен болып келеді.

Қабатты жыныстарға су өткізгіштіктің анизотропиясы тән: **қабат бойымен өткізгіштігі перпендикуляр бағытта өткізгіштігіне қарағанда үлкен**.

Борпылдақ жыныстардың су өткізгіштігіне олардың минералдық құрамы да әсерін тигізеді.

Жақсы біріккен минералдар суды әлсіз өткізеді, себебі басқа сондай жағдайларда нашар біріккен және жақсы желтектелкен минералдарға қарағанда, кеуектердің шамасы аз болады.

Су жақсы жұғатын минералдардан құралған жыныстар арқылы жақсы өтеді.

Жыныста газдар айналымы болған жағдайда, газ өткізгіштік түсінігін қолданады: газ өткізгіштіктің физикалық мәні су өткізгіштікпен бірдей.



Көлемдік масса мен тығыздық арасындағы байланыс кеуектілік арқылы беріледі

$$\rho = \rho_0(1-P)$$

P-көлемді массаның тығыздығы немесе

$$\rho_0 = \rho(1+k_n)$$

ρ_0 -табиғи жағдайдағы тығыздық мұндағы P - жалпы кеуектілік.

Егер жыныс тығыздығы бірдей минералдардан құрылса, оның көлемдік массасы негізінен кеуектілікке байланысты болады. Мысалы, әктас құрайтын кальциттің тығыздығы болғанына қарамай, әкстастың көлемдік массасы $1,5 \cdot 10^3$ - $2,5 \cdot 10^3$ кг/м³- ге дейінгі аралықта өзгеруі мүмкін.

Кеуектілігі аз жыныстардан көлемдік массасы негізінен, олардың минералдық құрамына байланысты. Мысалы, магмалық жыныстарда кварцтың азаюына байланысты көлемдік массасының өсуі байқалады, себебі кварцтың тығыздығы (магмалық, пироксен, роговая обманка, биатит және т.б.) аз болып келеді.

Көпшілік жыныстардың көлемдік массасы $1,5 \cdot 10^3$ дейінгі $3,5 \cdot 10^3$ кг/м³ аралығында болады (3.1 сурет). Рудалардың көлемдік массасы үлкен болып келеді, себебі олардың құрамында ауыр рудалы минералдар - гематит, магнетит, сидорит, киноварь-бар. Кристалды жыныстардың тығыздығы өздері құрамдас аморфты жыныстарын (әйнектер) тығыздығына қарағанда $4 \cdot 10\%$ -ға көп.

Гидрохимиялық шөгінділердің - гипс ($2,3 \cdot 10^3$ кг/м³) және тасты тұз ($2,1 \cdot 10^3$ кг/м³)- көлемдік массасы аз болып келеді. Ең төмен көлемдік масса тас көмір мен торфта болады ($0,72-2 \cdot 10^3$ кг/м³). Көмірдің көлемдік массасы оның кеуектілігімен, көміртек құрамымен және минералдың қоспалардың болуымен анықтауға болады. Көміртектің тығыздығы болуынан $2,3 \cdot 10^3$ кг/м³, көміртектілік дәрежесінің өсуі көмірдің көлемдік массасының өсуіне әкеледі. Метаморфты көмірлерге ауысқан сайын (қоныр көмір - газды көмір - антрацит) кеуектіліктің төмендеуі байқалады.

Жылуөткізгіштіктің екінші түрін кристалдық тордың бөлшектерінің өнімді тербелістерінің ерекше түрімен ұқсатуға болады. Кванттар теориясына сәйкес бұл тербелістер квазибөлшектер - **фонондары** (электромагниттік өрістегі фотондар тәрізді) **арқылы беріледі**. Фонондар - бұл кристалл торларының тербеліс өрістерінің кванттары. Фонондар саны жыныста тұрақты емес - атомдардың жылулық қозғалысы неғұрлым қарқынды болса, яғни температура неғұрлым жоғары болса, тербелістер көп. Температура 300 °C болғанда 1см³ жыныста шамамен 1020 фонондар болады.

Жылудың берілу процессін фонон "газдарының" тығыздығы жоғары аймақтың тығыздығы төмен аймаққа ағуы деп түсіндіруге мүмкіндік береді.

Бір жыныстың белгілі бір шекті бетінен келесі бір, жылулық қасиеттері өзгеше, жынысқа жылу ауысу жағдайы **жылуберушілік** деп аталады.

Температураның көтерілуі dT мен жыныстың ұзаруының dL арасындағы байланысты **сызықтық жылулық ұлғаю коэффициенті** арқылы беруге болады.

Минералдар мен жыныстардың меншікті жылусыйымдылығы 0,4-тен 2 кДж/(кг·К)-ге дейін өзгеруде. Олар әрдайым металлдардың жылусыйымдылығынан жоғары болады.

Минералдардың тығыздығының төмендеуінен меншікті жылусыйымдылығының артуы байқалады

Тығыз жыныстардың меншікті жылусыйымдылығы тек оның минералдық құрамына  байланысты.

Рудалы минералдардың, негізінен, **жылуsыйымдылығы төмен**, сондықтан рудалы жыныстарда рудасыз жыныстарға қарағанда жылуsыйымдылық төмен.

Жылуsыйымдылық жыныс күйінен - аморф немесе кристалл күйінде болса да, оған байланыста болмайды. Мысалы, кристалл және балқытылған кварцтың жылуsыйымдылығы бірдей, $0,85 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)}$ -ға тең.

Минералдар мен тау-кен жыныстары негізінде жылуды нашар өткізеді, олар қатты денелердің ішінде салыстырмалы төмен жылуөткізгіштік мәнге ие - $0,1-7 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$.

Жоғары жылуөткізгіштікке - $30-40 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$ -ге дейін тек кейбір рудалы, мысалы сфалерит сияқты минералдар ие.

Жыныс құраушы минералдар ішінде жылуөткізгіштіктің жоғары мәні кварцта, $[\lambda = 7 \div 12 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}]$ болады. Сондықтан тығыздығы аз кеукті рудасыз жыныста λ шамасының жыныс құрамында кварцтың көбеюімен өсуі байқалады.

Қабатты ортада қабатқа перпендикулярға қарағанда, қабат бойымен жылуөткізу шамасы жоғары.

Ауаның жылуөткізгіштігі λ_a өте төмен екені белгілі $[0,023 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}]$. Сондықтан, λ құрғақ кеукті жыныстардың жылуөткізгіштігі кеуксіз жыныстардың жылуөткізгіштігіне қарағанда әрқашан да төмен болады. Мысалы, құмның жылуөткізгіштігі тығыз құмтастың жылуөткізгіштігіне қарағанда **6-7 есе төмен**.

Кеуктерді толтырып тұрған газдардың құрамы да айтарлықтай әсерін тигізеді.

Мысалы, сутегінің жылуөткізгіштігі ауаға қарағанда 7 есе артық, сондықтан құрамында сутегі бар жыныстардың жылуөткізгіштігі тура сондай кеуктіліктегіден әрдайым жоғары болады.

Негізінде, жыныс түйіршіктерінің мөлшерінің кішіреюуінен қатар жылуөткізгіштігі де төмендейді

Аморф $\lambda_{ам}$ және кристалды $\lambda_{кр}$ минералдың жылуөткізгіштігін едәуір айырмашылық бар. Негізінде, $\lambda_{кр} > \lambda_{ам}$, және де $\lambda_{ам} \leq 1,9 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$, яғни жыныста әйнектектес массаның болуы оның жылуөткізгіштігін төмендетеді.

Жыныстың температура өткізгіштігінің өзгеру шегі шамамен $10^{-6}-10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ аралығында.

Тығыздығының өсуімен жыныстың температура өткізгіштігі сәл ғана төмендейді.

Жыныстың температураөткізгіштігі құрылысына байланысты. **Қабат бойымен әрдайым үлкен перпендикулярға қарағанда. Жыныстың кеуктілігі оның температура өткізгіштігін төмендетеді.**



Гидрохимиялық шөгінділердің - гипс ($2,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$) және тасты тұз ($2,1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$)- көлемдік массасы аз болып келеді. Ең төмен көлемдік масса тас көмір мен торфта болады ($0,72-2$)- 10^3 кг/м^3 . Көмірдің көлемдік массасы оның кеуектілігімен, көміртек құрамымен және минералдың қоспалардың болуымен анықтауға болады. Көміртектің тығыздығы болуынан $2,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, көміртектілік дәрежесінің өсуі көмірдің көлемдік массасының өсуіне әкеледі. Метаморфты көмірлерге ауысқан сайын (қоңыр көмір - газды көмір - антрацит) кеуектіліктің төмендеуі байқалады.

Жыныстың қатты фазасының дара бірлік көлемінің салмағы меншікті салмағы деп аталады γ_0 , ал табиғи кеуек күйіндегі жыныстың дара бірлік көлемінің салмағы көлемдік салмағы γ деп аталады. Жыныстың меншікті салмағы мен тығыздығы мына катынаспен байланысты

$$\gamma_0 = \rho_0 g$$

мұндағы g -еркін түсу үдеуі,

Жыныстың меншікті және көлемді салмағы - күш параметрлері, сондықтан олар гравитациялық өрістің әсерінен туындаған күштер мысалы кен қысымы қарастырылғанда пайдаланылады.

Заттың санын бағалаған жағдайда, тығыздығын және көлемдік массасын қолданады.

Тау-кен жынысы көлемінің минерал заттармен толығу дәрежесін сипаттайтын, жыныстың көлемдік массасының оның тығыздығына қатынасы кейде тығыздық коэффициенті деп аталады.



Негізгі әдебиеттер: 1.[40-69]

Бақылау сұрақтары:

1. Тау жыныстарының механикалық параметрлерін атап көрсетіңіз.
2. Тау жыныстарына кернеудің қандай түрлері әсер етеді?
3. Жартасты, байланысқан және жеке-түйіршікті жыныстардың паспорттарының айырмашылығының ерекшеліктері.



Негізгі әдебиет тізімі

1. Арыстан И.Д. Лабораторные работы по курсу «Основы физики горных пород» (для специальностей 0201, 0202, 0206, 0586, 0634). Караганда, 2012.
2. Протосеня А. Ж., Тимофеев В. А. Геомеханика. - Спб.: Санкт-Петербург мемлекеттік тау-кен институты, 2018. - 117 б.
3. Баклашов и. в., Картозия Б.А., Шашенко а. Н., Барисов В. Н. Геомеханика: университеттерге арналған оқулық / в 2 т. геомеханикалық процестер. – М.: Мгги баспасы, 2014. - Т. – 249 Б.
4. Макаров А. Б. Практическая геомеханика: тау-кен инженерлеріне арналған нұсқаулық. – М.: "тау кітабы" баспасы, 2016. - 391 Б.
5. Оловянный А. Г. Некоторые задачи механики массивов горных пород – СПб.: «Көбейту ғылыми орталығы» ФГУП ВНИИ, 2013. - 234 б.
6. Казикаев Д.М. Геомеханика подземной разработки руд. - М.: МГМУ баспасы, 2015. - 542 Б.