



Пән: Тау жыныстарының физикасы

Дәріс тақырыбы: КЕН ӨНДІРІСІНІҢ ФИЗИКАЛЫҚ ПРОЦЕССТЕРІ. (7-8 дәріс)



# Жоспар:

1. Кен өндірісінің физикалық процесстері
2. Жыныстың физикалық-техникалық параметрлері
3. Тау-кен жынысын физикалық қасиеттері бойынша жіктеу
4. Тау-кен жыныстарының физикалық қасиеттеріне ықпалын тигізетін негізгі минералдар мен Тау-кен жыныстары үлгілерінің механикалық қасиеттері
5. Жыныстардың тығыздығы
6. Жыныстағы деформация мен кернеу



Кен өндірісінің, тау-кен жынысы қатынасатын кез- келген технологиялық процесі, қандай да бір дәрежеде жыныстың физикалық қасиеттерінің біразына байланысты болады.

*Сондықтан, ондай процесстерді жобалау, технологиялық кестені таңдау, тиісті құрал-жабдықтарды тандау, болмаса осы құрал жабдықтарды тиімді қолдану, еңбек өнімділігін арттыру, кен жұмыстарының өзіндік құны мен энергия шығындығын төмендету, барлығы да тау-кен жыныстары физикалық қасиеттері мен физикалық процесстерді біліп барып істелінетін жұмыстар.*



*Кен жұмыстары кезінде тау-кен жынысымен сайманның, механизм немесе агрегаттық әсерлесу процесстерін тау-кен жынысы физикасы зерттейді және кен өрісінің физикалық процесстері деп жалпылама аталады.*

*Олар технологиялық белгілері бойынша мынадай түрлерге бөлінеді:*

*жыныс массивін қазуға дайындау (құрғату, еріту);*

*тау-кен жыныстарын бұзу, ұсақтау, майдалау;*

*тау-кен жыныстарын бекемдеу және кен қазындыларын ұсату;*

*тау-кен жыныстары массивтеріндегі қауіпті және сәтсіз*

*жағдайлармен күресу;*



*тау-кен массасын тасымалдау және жинау;*

*пайдалы қазбаларды өндеу және байыту;*

*қасиеттерін, сапасын, жыныс және пайдалы қазба құрамын, құрылысын,*

*жыныс массивтің күй-жайын, технологиялық процесстерді бақылау;*

*минерал байлықтарын комплексті пайдалану.*

Технологиялық процесстерді зерттеу, жыныстың физикалық қасиеттері мен процесс параметрлерінің арасындағы қатынасты анықтауға мүмкіндік береді.



Бұл өз кезегінде келесі сұрақтарды шешуге жол ашады:

*жобалау жұмыстарында кен орнын қазу жүйесі мен әдісінің тиімдісін таңдау; кен*

*жұмыстарын жүргізуге керек жабдықтармен механизмдерді таңдау;*

*кен қазу машиналары мен құралдарын жасау кезінде белгілі механизмдердің параметрлерін*

*нақты тау-кен жынысына сәйкес жетілдіру;*

*зерттелген физикалық эффектiге негiзделген жаңа механизмдер жасау;*

*кен өндiрiсiнде - механизмдердi тиiмдi қолдану, олардың өнiмдiлiгiн жоспарлау және болжау;*

*жұмысшы еңбегiн жоспарлау;*

*жыныстағы процесстердi бақылау.*



Мысалы, кен орнын ашу жұмыстарын, қазу жүйесін, жер асты қазындылардың орналасу орнын, қазу тәртібін жоспарлау үшін, жыныстың беріктік, серпімділік, реологиялық қасиеттерін және олардың массивте таралуын, қазып жатқан массив құрылысын, оның ылғалдылық дәрежесін және сүзілу сипаттамаларын білу керек.

Жынысты механикалық әдіспен бұзу кезінде, оның механикалық аспаптамалары, ал механикалық емес әдіс кезінде жыныстық жылулық және электрлік параметрлері еске алынады. Мысалы, бұрғылау станогының шарошкаларындағы тістерінің саны, тістердің орналасуы, айналу жылдамдығы, осьтік күштер жыныстың беріктік және серпімділік қасиеттеріне байланысты алынады.



Қазіргі уақытта жыныстың физика-техникалық параметрлерін анықтау әдістерінің көптеген түрлері бар. Олар лабораториялық және табиғи болып бөлінеді.

*Лабораториялық әдіспен* жыныстың физика-техникалық параметрлерін үлгі бойынша анықтайды.

*Лабораториялық үлгі* дегеніміз - құнды табиғи күйі мезглінше сақталған, жыныстың (немесе минералдың) сынақ әдістемесінің сұранысына сәйкес толығымен дайындалған бөлектенген кесегі. Мөлшеріне байланысты үлгілерді кіші (көлемі 1 см<sup>3</sup> -ге дейін), орташа (көлемі <200 см<sup>3</sup>) және үлкен (көлемі > 200 см<sup>3</sup>) деп бөледі. Өндеу дәрежесіне байланысты үлгілер дұрыс, жартылай дұрыс және дұрыс емес қалыпты болады.



Жыныстың параметрлерін анықтаудың табиғи әдістері кезінде, жыныстың зерттелетін бөлігін қоршаған массивтен толықтай ажыратпай қолданылады. Зерттеуге массивтегі тау массасын немесе әр түрлі жыныстардан тұратын массив алынады. Зерттелетін бөліктер кішігірім болуы да ( $\text{см}^2$  өлшемімен өлшенетін), сондай-ақ ондаған куб метрден асатын болуы да мүмкін.

*Жыныстың параметрлерін анықтаудың табиғи әдістері кезінде, жыныстың зерттелетін бөлігін қоршаған массивтен толықтай ажыратпай қолданылады.*



Зерттеуге массивтегі тау массасын немесе әр түрлі жыныстардан тұратын массив алынады. Зерттелетін бөліктер кішігірім болуы да ( $\text{см}^3$  өлшемімен өлшенетін), сондай-ақ ондаған куб метрден асатын болуы да мүмкін.

Бірақ, табиғи әдістің лабораториялық үлгіден айырмашылығы массивте күрделі әсерлестіктер жағдайында болғандықтан, лабораториялық үлгі бойынша анықталған қасиеттерінен көп айырмашылығына шығын жатады. Себебі оларда тығыздығы, кеуектілігі, баска ылғалдылығы, бәрі де басқаша болады. Сондықтан бір үлгі, алынған массиві жәйлі толық мағлұмат бере алады деп айту қиын.



Жыныстарды бір-екі физикалық-техникалық параметрлері бойынша жіктеу бар. Онда тау жыныстары топ-топқа параметр шамаларына ыдырап бөлінеді. Бұлар жеке жіктеулер деп аталады, және олар тек нақты бір қасиеттерімен алдын ала жіктеліп қойылған жыныстарды қарастырғанда ғана жарайды. Оларға мысалы, жыныстың кеуектілігі, тығыздығы, беріктілігі, бұрғыланғыштығы, жарылғыштығы жатады. Оларда жыныстың қасиетін анықтайтын түп факторлар айқындалмаған.

Магмалық, шөгінді және метаморфты жыныстарды жалпы петрографиялық және кенетикалық жыныстарды жіктеуі минералдық құрамы мен структуралық, текстуралық ерекшеліктері бойынша бөлуге негізделген. Ол жіктеулер тау-кен жыныстарын диагностикалауға және олардың петрографиялық ерекшеліктерін жүйелеуге арналған. Олар таныс белгілері бойынша (құрылысы, құрамы) белгісіз жыныстың атын анықтауға мүмкіндік береді.



Жыныстың атына қарап оның физикалық қасиеттері туралы қандай да бір дәрежеде болса да түсінік алуға болады, *бірақ тау жыныстарын физикалық қасиеттері бойынша жүйелеу үшін*, қасиеттерін бағалауда бір жақтылығына байланысты, петрографиялық жіктеу жарамайды.

Егер барлық тау-кен жыныстарын топ-топқа негізгі ішкі факторлар бойынша біріктірсе, онда мұнымен жыныстың әр сондай тобының физикалық параметрлерінің сандық мәндері де беріледі, яғни тау-кен жыныстарын физикалық қасиеттері бойынша жіктеу мәселесі шешіледі.

Бұл мақсатта, тау-кен жыныстарын топтауға тиімді құрылысы мен құрамының негізгі белгілері бөлініп қарастырылады.

Мысалы, тау-кен жыныстарының қасиеттеріне негізінен әсер етуші, минералдық құрамы бойынша 20 минерал алынған.



| Минералдар      | Код | Минералдар           | Код |
|-----------------|-----|----------------------|-----|
| Кварц           | 01  | Гипс                 | 11  |
| Дала сипаттары  | 02  | Галоидтар            | 12  |
| Оливин          | 03  | Саздақар             | 13  |
| Пироксендер     | 04  | Слюда                | 14  |
| Доломит         | 05  | Күкірт               | 15  |
| Роговая обманка | 06  | Хлорит, тальк        | 16  |
| Апатит          | 07  | Көміртекті           | 17  |
| Серпентин       | 08  | Магнетит             | 18  |
| Кальцит         | 09  | Басқа темір рудалары | 19  |
| Нефелин         | 10  | Басқа рудалар        | 20  |

Тау-кен жыныстарының физикалық қасиеттеріне ықпалын  
тигізетін негізгі минералдар



| Жыныстардың бөлшектер арасындағы байланыс бойынша түрі | Кеуектілік дәрежесі | Изотропиялық дәрежесі | Бөлшектердің өзара орналасуы (құрылыс түрі) | Құрылыс топшасы | Құрылыс тобы |
|--------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------------------|-----------------|--------------|
| Жартасты                                               | Кеуексіз            | Изотропты             | Статистикалық                               | 1.1             | 1            |
|                                                        |                     | Анизотропты           | Матрицалық                                  | 1,2             |              |
|                                                        | Кеуекті             | Изотропты             | Қабатты                                     | 1.3             |              |
|                                                        |                     | Анизотропты           | Желілі                                      | 1.4             |              |
| Байланысты және борпылдақ                              | Кеуексіз            | Изотропты             | Статистикалық                               | 2.1             | 2            |
|                                                        |                     | Анизотропты           | Матрицалық                                  | 2.2             |              |
|                                                        | Кеуекті             | Изотропты             | Қабатты                                     | 2.3             |              |
|                                                        |                     | Анизотропты           | Желілі                                      | 2.4             |              |
| Жартасты                                               | Кеуексіз            | Изотропты             | Статистикалық                               | 3.1             | 3            |
|                                                        |                     | Анизотропты           | Матрицалық                                  | 3.2             |              |
|                                                        | Кеуекті             | Изотропты             | Қабатты                                     | 3.3             |              |
|                                                        |                     | Анизотропты           | Желілі                                      | 3.4             |              |

Құрылыс белгілері бойынша жыныстарды топтастыру



Жыныс құрылысының статистикалық түрі, түйірлерімен жүйектердің шамалары мен шамаларының біртектілігі арқылы бағаланады. Бұл жыныстар изотропты.

Қосындылар мен бастықтары изометриялық болып келетін, құрылысы матрицалық жыныстар да изотропты болып келеді.

Қосындылары, бастықтары мен босаңсу зоналары созылыңқы формалы болса (сызықты немесе жазық), құрылысы матрицалық жыныстар анизотропты болып келеді. Олардың құрылысы, түйір шамалары мен ондағы шамаларының біртектілігі, және желілер шамасы каналдар мен қабаттардың шамасы және олардың жыныс көлемінің бірлік шамасына келетін сандары бойынша бағаланады.

Мысалы, жіктеуде гранит алып тұрған бөлімшені былай жазады: 02-01-1.1, құрамы сондай арказ құмы алып тұрғанды. 02-03-3.1. Мұндай жазудың нәтижесінде жалпы және ерекше белгілері көзге ұрынып тұрады. Келтірілген жыныстар, мысалы, тек бөлшектердің байланыс дәрежесімен ғана ерекшеленеді. Ал, тас көмір мен (17-13-23) көмірлі тақтатастас (13-17-2.3) жазулары, олардың айырмашылығы бірінші кезекте негізгі минералдарға байланысты екенін көрсетеді.



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 процессі 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  $\rho_0$  деп аталады.

Минералдар ауыр ( $\rho_0 > 4 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ),

орташа ( $\rho_0 = (4 \div 2,5) \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ )

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.

Егер жыныс тығыздығы бірдей минералдардан құрылса, оның көлемдік массасы негізінен кеуектілікке байланысты болады.

Мысалы, әктас құрайтын кальциттің тығыздығы болғанына қарамай, әкстастың көлемдік массасы  $1,5 \cdot 10^3$  дейінгі  $2,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ - ге дейін өзгеруі мүмкін.

Кеуектілігі аз жыныстырдан 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  $3,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  аралығында болады.

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  $4 \div 10\%$ -ке көп.

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  $(0,72-2) \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ . Көмірдің көлемдік массасы оның кеуектілігімен, көміртек құрамымен және минералдың қоспалардың болуымен анықталады. 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  $\gamma_0$ , ал табиғи кеуек күйіндегі жыныстың дара бірлік көлемінің салмағы **көлемдік салмағы**  $\gamma$  деп аталады.

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.**



## Жыныстағы деформация мен кернеу

Қатты денелер физикасынан белгілі, кез келкен заттың кристалдық решеткисындағы (тор) иондар арасында өзара тартылу күші мен өзара тебісу күштері бар. Осының арқасында жынысқа заттың решеткисындағы иондарды орталық орнынан жан-жаққа жылжытуға сыртқы күштер әсер еткенде, жыныста сыртқы күштерге кері әсер етуші ішкі күштер пайда болады.

**Ішкі күштердің беттік тығыздығы  $\sigma$  кернеу деп аталады;**

Егер сыртқы күштер жынысқа бір осьтік бойымен әсер етсе, онда жыныста **бір осьтік кернеулік** күй,

ал егер екі осьтік бойымен әсер етсе - **жазық кернеулік** күй тудырады.

Күштердің үш осьпен әсер етуі **көлемді кернеулік** күйге әкеледі, барлық күштер тең болған жағдайда ол гидростатикалық деп аталады.

Қарастырылып отырған  $S$  жазықтыққа перпендикуляр бағытталған кернеу, бірқалыпты ( $\sigma$ );

$S$  жазықтықты бойлай пайда болатын кернеу - жанама ( $\tau$ ).

- Қатты дененің кез-келкен жазықтықтағы кернеулік күші ондағы әсер етуші қалыпты және жанама кернеулер арқылы сипаттауға болады.
- Егер кернеулі күйдегі денеден элементар кубты бөліп қарастырсақ, онда оның әр жағынан үш кернеу векторын табуға болады – **екеуі өзара перпендикуляр жанама және бір қалыпты**



Бұл тензорда бір жазықтыққа жататын және бір-біріне қарама-қарсы бағытталған кез-келкен екі жанама кернеу  $\tau$ , дене тепе-теңдік жағдайда болғандықтан, тең болулары керек және элементар (қарапайым) кубтың ортасына сәйкес толық күш моменті нөлге тең болуы керек. **Сондықтан, мұндай тензор симметриялы тензор деп аталады.**

Жыныстағы кернеу тек сыртқы күштердің әсерінен ғана туындап қоймай, басқа да физикалық өрістер арқылы да болуы мүмкін. Мысалы, жылулық кернеу жыныстың бірқалыпты қызуынан туындайды. Жынысқа әсер етуші өрісті тоқтатқанда қалдық кернеулер байқалуы мүмкін. Бұлар мысалы, материалдың жылжығыштығына байланысты, кернеудің бірқалыпты таралмауынан болады.



**Сыртқы күштердің әсерінен тау-кен жынысы деформацияланады, яғни оның өлшемі мен формасы өзгереді.**

Қалыпты кернеуге сәйкес деформациялар үлгінің сызық өлшемдерінің салыстырмалы өзгеруі  $\varepsilon$  арқылы беріледі және салыстырмалы **сызықты деформация** деп аталады

Әсер етуші күш бағытында болатын сызықты деформациялар **бойлық**, ал перпендикуляр бағытта болатын - **көлденең** деформациялар деп аталады.

**Жанама кернеуге сәйкес деформациялар** үлгі жақтарының ысырылу бұрышы  $\gamma$  арқылы беріледі. Ысырылу деформациясының шамасы  $\tan \gamma$  шамасы арқылы анықталады. Бұрыш шамасының аз болу себебінен  $\tan \gamma \approx \gamma$ .

Кернеуді өсуімен қатар ретімен деформацияның барлық үш түрін де бақылауға болады — серпімді  $\varepsilon_E$ , пластикалық  $\varepsilon_{пл}$  және бұзылу  $\varepsilon_б$



Деформация сипаты мен мөлшері түсірілген кернеуінің түрі және мөлшеріне байланысты. Әсер етуші күштің өсуімен деформацияға ұлғайып, ақырында шегіне жетіп бұзылу болады - жыныс өз тұтастығын жоғалтып, бөліктерге бөлінеді.

Бұзылуға әкеліп соқпайтын деформациялар серпімді және пластикалық болып келеді. Бірінші жағдайда кернеу шамасы мен оған сәйкес серпімді деформация арасында тура пропорционалдық байқалады. Мұнда жыныста, сыртқы күштердің әсері тоқтағаннан кейін деформацияланған көлемді алғашқы күйіне қайта әкелетін, потенциалды энергия жиналады.

Осы деформациялардың шамаларының катынасына байланысты тау-кен жыныстарын былай бөлуге болады:

серпімді (пластикалық зонасы бұзылғанға дейін байқалмайды)

серпімді пластикалы

пластикалық (серпімді деформация болмайды)



## 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.