СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

SATBAYEV UNIVERSITY

MIN4421 «Таужыныстарын жарылыспен бұзу» пәнінен «6B07205» – «Тау-кен инженериясы» мамандығы студенттеріне арналған

4-дәріс. Жарылыс теориясының негізі және жарылғыш заттардың жарылысы кезінде пайда болатын улы газдар

Оқытушы: Алменов Талгат Макулбекович, техн.ғыл.канд., «Тау-кен ісі» кафедрасының профессоры
Тел.: +7701-657-66-57;
Эл.почта: T.Almenov@satbayev.university
almen_t@mail.ru
takealmen@gmail.com

Өнеркәсіптік жарылғыш заттардың жарылысы кезінде пайда болатын улы газдар

Заманауи өнеркәсіптік жарылғыш заттардың құрамында көбінесе, органикалық және бейорганикалық нитраттар, нитроқоспалар, әртүрлі көмірлі қоспалар, металлдар, тұздар кездеседі. Мұндай жарылғыш заттардың жарылысы кезінде келесі түрдегі улы газдар: ***көміртегі тотығы (CO)***, ***азот тотықтары (NO, NO_2, N_2O_3)*** бөлінуі мүмкін, ал басқа улы газдар аз мөлшерде бөлінеді [1, 2, 3, 4].

Хлорлы және хлораралас жарылғыш заттардың орны ерекше, себебі олардың жарылысы кезінде хлорлы газда – хлорлы сутегі, ал құрамында күкірт және күкіртті қоспалар бар жарылғыш заттардың жарылысынан аз мөлшерде күкірт газдары бөлінуі мүмкін.

Улы газдардың пайда болуының негізгі себептері:

1. Жарылғыш заттың оттегілік балансының нөлден ауытқуы. Әсіресе аммиакты селитралы жарылғыш заттардың теріс баланс кезінде – көміртегі тотығы, оң баланс кезінде – азот тотықтары пайда болады.

Оқшандалған жарылғыш заттардың жарылысынан бөлінетін газдардың құрамына айтарлықтай дәрежеде оқшан қабықтары да әсер етуі мүмкін (қағаз, суға төзімді қабықша, жанғыш пластикаттар және т.б.). Мұндай жағдай өз кезегінде жарылғыш заттардың қасиеттеріне және аттыру жағдайынан да пайда болып, оттегі жетіспеген жағдайда көміртегі тотығы бөлінеді.

2. Заттардың газдарға айналуының бастапқы кезеңінің толық жүрмеуі. Егер заттардың газға айналуы толық және бірқалыпты жүрмесе, онда заттардың әсерлесу реакциясы да толық дәрежеде жүрмейді. Соның әсерінен улы газдар бөлінуі мүмкін.

3. Жарылыстан бөлінетін газдардың қоршаған ортамен химиялық әсерлесу мүмкіндігі. Бұл өз кезегінде көмірқышқыл газынан (CO_2-нің) Көміртегі тотығына (CO-ға) дейін қалпына келуіне алып келеді. Құрамында күкірт кездесетін кендермен әсерлесуі кезінде, улы күкірт қышқылдары мен күкіртті сутек пайда болуы мүмкін.

CO-ның пайда болуына оттегілік баланстың әсері сөзсіз. Себебі, сутек пен металлдың тотығу реакциясы көміртегінің тотығу реакциясына қарағанда басым келеді, сонымен қатар оттегі жетіспеушілігі жоғарылай беретін болса, онда бөлінетін CO - ның мөлшері де жоғарылайды.

Оттегілік баланс нөлдік және оң болған кезде жарылыстан бөлінетін газ құрамындағы CO-ның мөлшері төмендейді, бірақ тотық толық жойылмайды. Оның пайда болу себебі реакцияның бастапқы кезеңінің толық аяқталмай қалуына байланысты.

Төменде аммиакты-селитралы жарылғыш заттардың жарылысынан пайда болатын газдардың құрамдық мөлшерлері келтірілген (1-кесте).




NITRONIT P
НИТРОНИТ П




ГРАНУЛИТ

1-кесте. Аммиакты-селитралы жарылғыш заттардың жарылысынан пайда болатын газдардың құрамдық мөлшерлері

Жарылғыш заттың құрамы, %		Оттегілік баланс, %	Жарылыстан пайда болатын газдардың құрамы, %						
Аммиакты селитра	Тротил		CO_2	CO	NO	H_2	CH_4	N_2	O_2
95	5	+18	16,6	4,55	-	0,55	1,2	76,1	1
88	12	+8,7	27,95	4,9	3,25	0,5	1,55	61,85	-
83	17	+4	32,05	5,35	2,35	1,7	1,6	56,95	-
79	21	+0,3	32,3	5,65	2,75	1,85	1,85	55,6	-
70	30	−8,2	26,6	13,85	0,7	2,3	2,15	54,4	-

Шахталық жағдайда бір уақытта Азот екі тотығы (NO_2) мен Азот тотығы (NO) шамамен тең мөлшерде бөлінеді. NO ұзақ уақыт қопарылған таужынысында және массивтің жарықшақтарында сақталуы мүмкін. Содан кейін барып екі тотыққа айналады.

Жарылғыш заттардың оттегілік балансының улы газдардың бөлінуіне әсер ететінін ескере отырып, жерасты жағдайында қолданылатын өнеркәсіптік жарылғыш заттарға нөлдік оттегілік баланс беруге тырысу керек.

Патрондалған (оқшандалған) жарылғыш заттардың оқшандарының сыртқы қабығы жарылыс реакциясына қатысатындығын жоғарыда атап өттік. Мысалы, оқшандалған жарылғыш заттарды ашық ауада аттырған кезде, оның сыртқы қабығы химиялық айналымсыз жарылыстың күшімен толық бұзылады. Ал, мұндай жарылғыш заттарды инертті материалдардың ішіне салып аттыратын болсақ, ол керісінше толық жанады. Сонымен қоса, қабық материалының тотығу қабілеттілігіне байланысты сутегі, көмірсутегі және т.б. бөлу арқылы газдануы немесе көміртегі, су буы, көмірқышқыл газына дейін тотығуы мүмкін.

Төменде әртүрлі оқшандалған жарылғыш заттардың жарылысы кезінде бөлінетін улы газдардың мөлшерлері келтірілген (2-кесте).

Жарылғыш зат атауы	100 г жарылғыш затқа шаққандағы қабықтың жанғыш материалы, г		Оттегілік баланс, %		Қабықтың толық жанған кезіндегі CO-ның есепті мөлшері, л/кг	Забойда пайда болған газдардың мөлшері, л/кг	
	қағаз	парафин	жарылғыш зат	оқшан		CO	NO_2
№6 аммонит	1,7	2,3	+0,3	-9,8	57	30,1	3,4
	1,7	4,8	+0,3	-18,3	100	34,1	3,4
динафталит	2	2,5	+0,9	-10,3	60	30,7	6,2
	3,8	9	+0,9	-35	180	37,1	5,9
аммонит В-3	2	2,5	-0,64	-11,8	68	32,3	5,1
	3,8	9	-0,64	-36	190	37,7	4,7

Осы себептерге байланысты оқшан түрінде жасалатын өнеркәсіптік жарылғыш заттардың қабықтарына қолданылатын қағаздың салмағы 100 г жарылғыш затқа шаққанда 2 г, ал су өткізбейтін қабықтың салмағы 2,5 г-нан аспауы қажет [1, 2, 4].

Жарылыс реакциясы кезінде заттардың толық газға айналуына жарылғыш заттардың құрамындағы жоғары активті қоспалар (сенсибилизаторлар) немесе төмен активті қоспалар (флегматизаторлар) әсер етуі мүмкін. Өнеркәсіптік жарылғыш заттардың құрамына сенсибилизатор ретінде көбінесе, нитроглицерин немесе гексоген жәнеде тротил енгізіледі. Ұнтақталған селитраның дүмпуінің критикалық диаметрі 80-100 мм болады. Флегматизаторлар ретінде гидрофобты қоспалар қосылады (парафиндер). Аммиакты-селитралы жарылғыш заттардың дүмпу қабілеттіліктерін оның құрамына көп мөлшерде қосылған ағаш ұнтағы, алюминий ұнтағы және күрделі тотығатын материалдар, сонымен қатар инертті заттар (минералды тұздар) төмендетеді. Әдетте, жарылғыш заттардың құрамына оның суға тұрақтылық, сақтандырғыштық қасиеттерін жоғарылату үшін флегматизатор-лар қосылатын болса, онымен бірге жарылғыш заттың дүмпу қабілеттілігін жоғарылату үшін сенсибилизаторлар да енгізіледі.

Төменде бір неше өнеркәсіптік жарылғыш заттардың жарылысы кезінде пайда болатын улы газдардың мөлшерлері келтірілген (3-кесте).

Жарылғыш заттардың атаулары	Улы газдардың мөлшері, л/кг		
	CO	Азот тотықтары	Шартты жиынтығы
1	2	3	4
Ұнтақталған аммонит №6ЖВ	29,6/29,2	4,9/5,5	61,3/65,0
Престелген скальді аммонит №1 (гексогенмен сенсибилизаторланған)	40,2/40,1	0,4/0,8	42,8/45,3
62 %-ті күрделі мұзданатын динамит	60,9/57,7	1,1/1,3	68,1/65,2
Аммонит ПЖВ-20 (сақтандырғыш)	28,6/29,6	1,8/2,4	40,3/45,2
Победит ВП-3 (нитроглицерин қосылған сақтандырғыш)	19,0/21,2	2,1/3,3	32,4/42,7
Угленит Э-6 (нитроглицеринді сақтандырғыш)	9,9/11,7	2,3/3,0	24,9/31,2
Аммонит №7 (ағаш ұнтағы қосылған)	27,8/29,2	5,5/5,7	63,6/66,3

Ескерту. Бөлшектің алымында өндірістік сынақ, ал бөлімінде зертханалық сынақ нәтижелері.

Гексоген немесе ***нитроглицеринмен*** сенсибилизаторланған құрамдар басқа қоспаларға қарағанда, улы газ аз бөледі. Сақтандырғыш жарылғыш заттар сақтандырғыш емес жарылғыш заттарға қарағанда, улы газдарды аз бөледі, себебі сақтандырғыш жарылғыш заттардың жарылысынан бөлінетін газдардың көлемі аз болады.

Мысалы, аммониттердің құрамына қосылатын 8–10 % Калий нитраты (KNO_3) жарылыс кезінде азот тотығының мөлшерін төмендетеді. Ал көміртегі тотығының пайда болуына бұл тұздардың әсері аз болады.

Соңғы жылдарда жарылғыш заттарды жерасты жағдайында оқтау және тасымалдау жұмыстарын барынша механикаландыру үшін түйіршіктелген жарылғыш заттар: гранулиттер, игданиттер, граммоналдар жиі қолданылуда. Бірақ бұл жарылғыш заттардың дүмпу қасиеттері төмен болып келеді. Сондықтан мұндай жарылғыш заттардың оттегілік балансын барынша нөлге жақындату қажет.

Талап етілетін толық жарылысты қамтамасыз ету үшін шпурлар мен ұңғымаларды түйіршіктелген жарылғыш заттармен пневмооқтағыштың көмегімен тығыз орналастыру керек. Ал мұндай мүмкіндік болмаса, түйіршіктелген жарылғыш заттарды диаметрі үлкен оқтамдарда қолдану қажет.

Көптеген ғалымдардың тұжырымына сүйенетін болсақ, шпурларға оқталған оқшандалған жарылғыш заттардың арасында болатын саңылаулар аз мөлшерде болса, жарылыстан бөлінетін улы газдардың мөлшері де біршама төмендейді (*4-кесте*).

Жарылғыш зат атаулары	Диаметрі, мм		Саңылау, мм	Улы газдардың мөлшері, л/кг		
	Шпурлар	Оқшандар		CO	Азот тотықтары	Шартты жиынтығы
Аммонит №6ЖВ	42	32	10	49-57	1,4-3,6	65-72
	34	32	2	30-31	1,4-1,9	39-42
Детонит 10А	42	32	10	37-45	1,3-1,5	46-54
	34	32	2	31-32	1-1,1	37-39

Түйіршіктелген жарылғыш заттардың толық дүмпуінің тағы бір жағдайы бастапқы қоздыру күші болып табылады. Мұндай жағдайды қамтамасыз ету үшін дүмпу қасиеті жоғары аммонит немесе детонит оталдырғыш оқшандары қолданылады.

Сонымен қатар жарылыстан улы газдардың пайда болуына таужыныстарының қасиеттері де әсер етуі мүмкін. Кейбір таужыныстары жарылыс газдарымен химиялық әсерлесе отырып реакцияның жүру тәртібіне кері әсерін тигізеді. Мысалы, көмір кені CO_2-ні CO-ға дейін қайта қалпына келтіруі мүмкін, апатитті-нифелинді және калийлі кендер азот тотығын байланыстырады, ал молибденді және кейбір мыс кендері көміртегі тотықтарын байланыстырады.

Жарылыс газдарының құрамы таужыныстарының жылу өткізгіштігіне, қопарылғыштығына, мықтылығына, иілгіштігіне де тәуелді болады. Сондықтан жарылыс кезінде улы газдарды бөлу мөлшері бойынша таужыныстары үш топқа бөлінеді. Бірінші топқа апатит, нифелин, калийлі тұздар, молибденді кендер, кейбір мыс және полиметалл кендері; екінші топқа көмір, қорғасын-цинкті кендер мартитті темір және алтын кендері; үшінші топқа джеспилитті темір кендері жатады.

Жарылыстың оттегілік балансы және улы газдардың бөлінуі

Жарылыс кезінде бөлініп шығатын газдар құрамы ЖЗ-тың химиялық құрамына, оның оттегілік балансына және жарылыс жағдайына байланысты болады.

ОТТЕГІЛІК БАЛАНС жарылысқа керекті, яғни ЖЗ құрамындағы жанғыш элементтерді толық тотықтыруға қажетті оттегігінің жеткілікті немесе жеткіліксіз өлшемдерімен сипатталады. Оттегілік баланстың үш: ***оң*** (положительный), ***теріс*** (отрицательный) және ***нөлдік*** түрі болады.

Егер ЖЗ құрамында жанғыш элементтерді толық тотықтыратын оттегі болса, онда – ***нөлдік оттегілік баланс*** деп аталады. Егер ЖЗ құрамындағы оттегі мөлшері жанғыш элементтерді толық тотықтыруға жеткіліксіз болса, ***теріс***, ал оттегі аса көп болса, ***оң оттегілік баланс*** деп аталады.

Нөлдік оттегілік балансты, жарылғыш заттардың жарылысы кезінде негізінен су булары, көмір қышқылдары, еркін азот, алюминий тотығы және аз мөлшерде улы газдар бөлінеді. Оттегі жеткіліксіз болған жарылыс кезінде, көміртегінің улы қышқылы (CO) түзіледі. Бұл қоспаның құрылуы көміртегінің екі тотығымен салыстырғанда, жылудың аз бөлінуімен сипатталады (112 кДж/г·моль). Оттегісі аса көп жарылғыш заттардың жарылысынан, азотпен байланысқан оттегінің өте улы тотықтары – NO, NO_2, N_2O_3 бөлінеді. Сонымен, оттегілік балансы теріс және оң ЖЗ-тар жарылысының қуаты төмен болып келеді [1, 2, 4].

Жарылыстың газ өнімдерінің құрамы жарылғыш заттың тек химиялық құрамына емес, соған қоса оқшан қабығына, оқтамды аттыру жағдайына да байланысты. Оқтамды шпурларға немесе ұңғымаға оқтаған кездегі тығындалатын тығындама сапасы төмен, әрі оқшандар арасында ауа кеңістіктері қалатын болса, ол да улы газдың көбеюіне алып келеді [1, 2]. Жерасты қазба жұмыстары кезінде оттегілік балансы нөлге жақын (±3 %) ЖЗ қолданылуы керек.

Көміртегі тотығының улау әсері мына тәртіпте болады, яғни адам қанындағы оттегі тасымалдайтын денелермен араласып улы қоспа түзіледі. Соның әсерінен адамның ішкі мүшелеріне оттегі жетіспей, ол уланады. CO-ның үлкен концентрациясында (>1 %) адам тез өліп кетуі мүмкін. Шахта ауасындағы CO-ның көлемі бойынша мүмкін болатын шектік концентрациясы – 0,0016 % аспауы керек.

NO, NO_2, N_2O_3 азот тотықтары адам тыныс алған кезде, оның өкпесіндегі сумен араласып азотты қышқыл түзеді, ол өкпенің ісінуіне әкеліп соқтырады. Сондықтан көміртегі тотығымен салыстырғанда, азот тотығы газдары 6,5 есе улы болып саналады. Оның ауадағы көлемі бойынша шектік концентрациясы – 0,0002 % аспауы керек. Бұл газдардан басқа, жарылыс кезінде күкіртті сутек H_2S, күкіртті ангидрид SO_2 түзілуі мүмкін. Бұл газдармен адам дем алған кезде оның тыныс жолдары зақымданады. Сонымен қатар, дүмпіткіштердің (детонаторлардың) жарылысынан сынап немесе қорғасын аэрозольдарының улы булары бөлінеді.

5-кесте. Кейбір өнеркәсіптік жарылғыш заттардың физика-химиялық сипаттамалары

Жарылғыш заттар	Химиялық формуласы	Атомдық немесе молекулалық массасы	Оттегілік балансы	Жылу бөлуі, кДж/г·моль
1	2	3	4	5
Алюминий	Al	27	–89,0	–
Аммиакты селитра	NH_4NO_3	80	+20,0	355
Гексоген	$C_3H_6N_6O_6$	222	–21,6	–88
Күркірек сынап	$Hg(CNO)_2$	284	–11,3	–275
Динитрогликоль	$C_2H_6(ONO_2)_2$	152	0	233
Динитронафталин	$C_{10}H_6(NO_2)_2$	218	–139,4	–395
Калийлі селитра	KNO_3	101	+39,6	490
Калий хлоры	$KClO_3$	122,5	+39,6	390
Калий перхлораты	$KClO_4$	138,5	+46,2	440
Керосин	–	–	–343,0	–
Клетчатка	$C_6H_{10}O_5$	162	–118,5	965
Магний	Mg	24,3	–65,8	–
Дәндер ұнтағы	$C_{15}H_{22}O_{11}$	381	–132,0	–
Ағаш ұнтағы	$C_{15}H_{22}O_{10}$	362	–137,0	19600
Натрийлі селитра	$NaNO_3$	85	+47,0	493
Натрий хлоры	NaCl	106,5	+45,0	350
Натрий перхлораты	$NaClO_4$	122,5	+52,2	390
Нитроглицерин	$C_5H_5(NO_2)_3$	122	+3,5	350
Октоген	$C_4H_8N_8O_8$	296	–21,6	–
Парафин (қатты)	$C_{24}H_{50}$	338,5	–346,0	46500
Пикринді қышқыл	$C_6H_2(NO_2)_3OH$	229	–45,4	288
Тетранитрометан	$C(NO_2)_4$	196	+49,0	–35
Тетрил	$C_6H_2(NO_2)_4NCH_3$	287	–47,4	–41,5
Тротил	$C_6H_2(NO_2)_3CH_3$	227	–74,0	73,5

Дәріс бойынша бақылау сұрақтары:

1. Жарылыстан кейінгі улы газдардың пайда болу себептері?
2. Жарылғыш заттар деп қандай заттарды атайды?
3. Оттегілік баланс деген ұғымды калай түсінесіз, оның қандай түрлері бар?
4. Нөлдік оттегілік балансы жөнінде түсіндіріңіз?
5. Теріс оттегілік балансы жөнінде түсіндіріңіз?
6. Оң оттегілік балансы жөнінде түсіндіріңіз?
7. Жарылыстан пайда болатын газ көлемін, жарылыс жылуын, температурасын және газ қысымын қалай анықтауға болады?

Әдебиеттер: [Негізгі: 2, 3]; [Қосымша: 4].