

FTAMP 61.63.31

Г.Ж. Мамытова¹ – негізгі автор, | ©
Г.Е. Калымбетов²



¹Магистр, аға оқытушы, ²Аға ғылыми қызметкер

ORCID

¹<https://orcid.org/0009-0002-2525-4448> ²<https://orcid.org/0000-0002-0983-2044>



^{1,2}М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті



Шымкент, Қазақстан



²gani_himik@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/XTCI5817>

ВУЛКАНИЗАЦИЯЛЫҚ ЖАБДЫҚТАРДЫҢ ТЫҒЫЗДАУШЫ ЭЛЕМЕНТТЕРІНЕ АРНАЛҒАН ШУНГИТ ҚОСЫЛҒАН ЭЛАСТОМЕРЛІК КОМПОЗИЦИЯЛАРДЫҢ РЕЦЕПТУРАЛАРЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Аңдатпа. Мақалада Көксу кен орнының шунгитін бутилкаучук негізіндегі резеңке қоспаларға минералды толықтырғыш ретінде қолданудың тиімділігі зерттелді. Зерттеудің мақсаты – вулкандық жабдықтың герметикалық тығыздағыштарына арналған резеңке қоспалардың құрамында шунгиттің оңтайлы мөлшерін анықтау және оның материалдың пайдалану қасиеттеріне әсерін бағалау. Шунгиттің физика-химиялық қасиеттері рентгендік-құрылымдық талдау және электрондық микроскопия әдістерімен зерттелді. Вулкандық жабдықтың герметикалық тығыздағыштарын өндіруге арналған резеңке қоспалардың рецептуралары әзірленіп, эксперименттік зерттеулер жүргізілді. Шунгит мөлшері артқан сайын салыстырмалы ұзарудың жоғарылауы, ал созылғандағы беріктіктің төмендеуі үрдісі анықталды. Каучуктың 100 масс.б. шаққанда шунгиттің 15 масс.б. мөлшері резеңкенің физика-механикалық көрсеткіштерінің оңтайлы үйлесімін қамтамасыз етті. Шунгитті қолдану резеңке қоспалардың иілімділігін, қайта өңделуін және ыстыққа төзімділігін жақсартуға мүмкіндік береді. Жоғары температура жағдайында шунгитті қолдану резеңкенің икемділігін және тығыздау функцияларын сақтауға ықпал ететіні атап өтілді. Сонымен қатар, шунгитті көміртекті және күйе негізіндегі толықтырғыштардың бір бөлігін алмастыру үшін пайдалану ресурстық және экологиялық тұрғыдан тиімді.

Тірек сөздер: шунгит, бутилкаучук, минералды толықтырғыш, вулкандық резеңке қоспасы, термо-тұрақтылық.



Мамытова, Г.Ж. Вулканизациялық жабдықтардың тығыздаушы элементтеріне арналған шунгит қосылған эластомерлік композициялардың рецептураларын оңтайландыру [Мәтін] / Г.Ж. Мамытова, Г.Е. Калымбетов // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2026. – №3(93). – Б.467-477. <https://doi.org/10.55956/XTCI5817>

Кіріспе. Қазіргі уақытта резеңке бұйымдарына анағұрлым қатаңдау талаптар қойылады: олар жылуға төзімді, агрессивті орта, жоғары

жылдамдық пен деформация жиілігі жағдайында жұмыс қабілетін сақтай алатын болуы тиіс. Полифункционалды әрекетті ингредиенттерді енгізу – резеңкенің физика-механикалық және технологиялық қасиеттерін жақсартудың тиімді тәсілдерінің бірі болып табылады. Қазақстан Республикасында резина-техникалық бұйымдар өндірісіндегі проблемалардың бірі – қолжетімді полифункционалды ингредиенттердің жеткіліксіздігі.

Резина-техникалық бұйымдарға (РТБ) арналған рецептураларды әзірлеу кезінде, импортты алмастыру міндетімен қатар, табиғи минералды толықтырғыштарды қолданудың маңызы зор [1].

Эластомерлік композициялардың рецептураларында минералды толықтырғыштардың кеңінен қолданылуы резеңке-техникалық бұйымдарды өндірудегі көптеген мақсаттарына негізделген. Оларды қолданудағы негізгі міндет резеңке қоспаларының технологиялық сипаттамаларын оңтайландыру және өндіріс шығындарын төмендету болып табылады. Осындай табиғи материалдарды пайдалану бір жағынан көмірсутекті шикізатқа тәуелділікті азайтса, екінші жағынан жылу бөлінуі немесе бөгде зиянды заттар бөліп шығару сияқты экологиялық мәселелерді тудырмайды. Мұнайхимиясының осы саласындағы дәстүрлі минералды толықтырғыштар қатарына каолин, бор, мырыш оксиді, тальк және кремний қышқылды қосылыстар кіреді.

Қазіргі уақытта шунгит ерекше экологиялық таза және үнемді толықтырғыш ретінде ұсынылады. Ол көптеген дәстүрлі аналогтарды алмастыруға, резеңке қоспаларын жасау процесін оңтайландыруға, материалдарға жақсартылған эксплуатациялық қасиеттер беруге және мүлдем жаңа композицияларды әзірлеуді ынталандыруға мүмкіндік береді. Шунгит толықтырғышының негізгі параметрлері және оның эластомерлік композициялардың физика-механикалық қасиеттеріне әсері қазірдің өзінде жеткілікті түрде зерттелген. Мәселен:

- шунгитті резеңке қоспасына қосу оның пластикалығын едәуір арттырады, бұл оны өңдеу процесін жеңілдетеді. Бұл қоспа ішінде белгілі бір «майлағыш» сияқты әрекет ететін шунгит құрамындағы фуллерендердің әсерімен байланысты;

- вулканизаттардың беріктігі аздап төмендесе де, олардың үзілу алдындағы созылу қабілеті керісінше артады. Беріктік көрсеткіштерінің төмендеуі шунгиттің микро-кеуекті құрылымымен түсіндіріледі. Шунгиттің вулкандау агенттерін жоғары сіңіру қабілеті салдарынан олардың бір бөлігі оның бетінде адсорбцияланып, полимер тізбектері арасындағы көлденең байланыстардың түзілуіне қатыспайды, бұл құрылымды әлсіретеді;

- шунгит қосылған резеңке композициялары жоғары жылуға төзімділікті көрсетеді;

- шунгитті қолдану толықтырғыш мөлшері жоғары, бірегей қасиеттерге, яғни жоғары қаттылық және тамаша соққыға төзімділікке ие резина-техникалық бұйымдарды жасауға мүмкіндік береді;

- шунгит толықтырғышы төмен шандануымен ерекшеленеді, бұл өндірісте еңбек жағдайларын жақсартуға ықпал етеді. Ол резеңке қоспасына оңай енгізіліп, каучук ішінде біркелкі таралу үшін аз энергия талап етеді [2].

Шунгиттер бірегей қосылыстар болып табылады, өйткені табиғи композиттің ерекше құрылымы - аморфты көміртегі матрицасында жоғары дисперсті кристалды силикат бөлшектерінің біркелкі таралуы арқасында ол бірегей қасиеттер кешеніне ие. Шунгит өзінің жоғары технологиялық

қасиеттеріне байланысты барлық дерлік өнеркәсіп салаларында кеңінен қолданыс тапқан аздаған минералдардың бірі болып табылады [3].

Шунгитті техникалық көміртекті алмастырғыш ретінде немесе оған қосымша, полярлы емес эластомерлер негізінде РТБ мен шиналық резеңкелер рецептураларында қолдану рецептураны құрастыру саласында да, экология, экономика саласында да, сондай-ақ жоғарыда аталған бұйымдарды жасау үшін қолданылатын технологиялық процестерді жетілдіру саласында бірқатар өзекті мәселелерді шешуге мүмкіндік берді. Шунгит өзінің химиялық және физикалық құрылымының ерекшеліктеріне байланысты резеңкелердің қасиеттеріне оң әсер етеді, атап айтқанда, оны күкіртті вулкандану активаторларын толық немесе ішінара ауыстыру үшін де қолдануға болады. Шунгиттің химиялық құрамының ерекшелігі мен құрылымының бірегейлігін, яғни оның құрамында металдар оксидтерінің, графит түріндегі көміртектің, фуллерендердің, нанокөміртекті түтіктердің, сондай-ақ кремний оксиді мен силикаттардың болуын ескере отырып, дәстүрлі минералды толықтырғыштардан айырмашылығы (каолин, тальк және т.б.) құрамына галогендердің белсенді атомдары, оның ішінде хлор енетін функционалды топтары бар галоген-құрамды эластомерлерге қатысты жоғары белсенділігін, соның ішінде эластомерлердің құрылымдану процестеріне әсерін болжауға болады. Шунгиттің химиялық құрамын, дифильді табиғатын және белсенді орталықтары бар ерекше беткі құрылымын ескере отырып, оны түбегейлі жаңа қырынан – белсенді ингредиент ретінде – хлорқұрамды каучуктар негізіндегі резеңке қоспаларының, сондай-ақ олардың вулканизаттарының қасиеттеріне әсерін зерттеу перспективалы болып табылады [4].

Кез келген жабдықтың тығыздағыштары герметикалық және ұзақ мерзімді жұмыс істеуге қабілеттілікке ие болуы керек.

Вулкандаушы жабдықтың герметикалық тығыздағыштары вулканданушы агенттердің әсерінен резеңкенің серпімділігін, деформациялануы және ескіруін жоғалтуына байланысты үнемі ауыстыруды қажет етеді. Вулкандаушы жабдықтың герметикалық тығыздағыштарына арналған резеңкелер жоғары ыстыққа төзімділікке (созылымдылығы мен тығыздау қасиеттерін сақтай отырып, 150-300 °C температурада жұмыс істеу қабілеті), ауа ортасында жоғары ескіруге төзімділікке, минималды сығылудың қалдық деформациясына, сондай-ақ механикалық беріктікке, жұлмалауға төзімділікке және қажет болған жағдайда агрессивті ортаға төзімділікке ие болуы керек. Бутилкаучук жоғары газ өткізбеуі есебінен жақсы тығыздау қабілетіне ие. Бутилкаучуктің қанықпаушылығы төмен, сондықтан оның негізіндегі резеңкелердің жылудан ескіруге төзімділігі жоғары болады. Сонымен қатар, ол ауа, бу және ауалы-бу ортасының ұзақ әсеріне төзімді. Мұны оның негізіндегі резеңкелердің шина өнеркәсібінде қалыптаушы-вулканизаторлардың диафрагмалары мен пісіру камералары ретінде қолданылуы дәлелдейді [5].

Бутилкаучук негізіндегі резеңке композиттерде шунгитті пайдалану механикалық, термиялық және химиялық әсерлері жақсартылған тиімділігі жоғары эластомерлерді құрудың перспективалық бағытын білдіреді. Бұл бағытты іс жүзінде жүзеге асыру үшін одан әрі рецептураларды, технологиялық жағдайларды оңтайландыруға және материалдың технологиялығын бағалауға бағытталған қосымша зерттеулер қажет.

Бұл жұмыстың мақсаты вулкандашы жабдықтың герметикалық тығыздағыштарын жасау үшін шунгитті қолдана отырып, резеңке қоспалардың рецептурасын жасау болып табылады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. *Зерттеу нысандары* минералды толықтырғыш ретінде қолданылатын полифункционалды мақсаттағы ингредиент – Коксу кен орнының шунгиті және вулкандашы жабдықтың герметикалық тығыздағыштарын жасауға арналған резеңке қоспасы болып табылады.

Мақсаты – минералды толықтырғыш ретінде қымбат, сырттан әкелінетін және улы ингредиент – ақ күйені ішінара алмастырады. Оның мөлшері 10%-дан 40%-ға дейін өзгереді және РТБ жасау үшін резеңке қоспаның құрамына енгізу ұсынылады.

Олардың беттік белсенділігін арттыру үшін GT 300 маркалы диірменде 20 минут бойы шунгит үлгілері мен шарлардың 1:1 қатынасында 750 айн/мин айналу жылдамдығымен ұнтақтау арқылы механикалық белсендірілді.

Шунгиттің химиялық және физикалық қасиеттерін зерттеу. Бұл зерттеуде шунгиттің химиялық және физикалық қасиеттері жан-жақты талданды. Оның құрылымдық-топтық құрамы, элементтік құрамы электронды микроскопиямен, ал кристалдық құрылымы рентгеноструктуралық талдаумен анықталды. Бұл зерттеулер бұрынғы жұмыстарды толықтыра түсті.

Резеңкеден жасалған әртүрлі бұйымдарға арналған резеңке қоспасының рецептура-ларын әзірлеу резеңке материалдарының физика-механикалық қасиеттерін, толықтырылған резеңке композицияларының физика-химиялық ерекшеліктерін, түптеп келгенде жалпы материалтану саласындағы зерттеулердің нәтижелерін негізге алады. Сондай-ақ, әрбір нақты қолданыс үшін рецептураны құрастыру кезінде резеңкеге түсетін жүктеме жағдайлары мен режимдерін, әрі дайын бұйымға қойылатын пайдалану талаптарын кешенді талдау маңызды (1-кесте).

Кесте 1

Резина қоспасының рецепті (массалық пайыз)

Тағайындалуы – Вулкандашы жабдықтың герметикалық тығыздағыштарын дайындау

Ингредиенттердің аталуы	Каучуктің 100 масс.б.-не, масс.б.				
	Прототип	Шунгиттің мөлшері әртүрлі болатын нұсқалар			
		I	II	III	IV
Бутилкаучук	54,54	54,54	54,54	54,54	54,54
СКМС-30 АРКПН	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87
Наирит	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87
Мырышты ақ бояу	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72
Фталді ангидрид	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Стеарин қышқылы	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72
Стабилоил 18 майы	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85
Амберол	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33
Гексол ЗВИ	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Техникалық көміртек П-514	14,35	14,35	14,35	14,35	14,35
Техникалық көміртек П-245	14,35	11,48	8,61	5,74	2,87
Шунгит	-	2,87	5,74	8,61	11,48
Барлығы	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Қоспаның орташа тығыздығы, г/см³ – 1,45

Резеңке қоспаларын алу үшін зертханалық резеңке араластырғышта екі сатылы араластыру режимі қолданылды. 175-180°C температурада 5-6 минутқа созылған араластырудың бірінші кезеңі каучукті пластикациялаудан басталды. Осыдан кейін вулкандашы топқа жататындардан басқа барлық ингредиенттер енгізілді. 110°C температурада 4 минутқа созылған екінші кезеңде АФФШ вулкандашы агент енгізілді. АФФШ - бұл термопласты олигомерлер класына жататын алкилфенол-формальдегидті шайыр. Оның негізгі қызметі - каучуктер үшін, әсіресе бутилкаучук үшін белсенді вулкандашы агент немесе тігуші агент ретінде әрекет ету. Бұл шайырды қолдану дайын резеңке бұйымдардың термо-төзімділігі мен беріктігін едәуір арттыруға мүмкіндік береді, өйткені ол күшті химиялық байланыстардың түзілуіне ықпал етеді. Процесті оңтайландыру және жоғары температуралы резеңке материалдарды алу үшін АФФШ көбінесе металл хлоридтері сияқты катализаторлармен бірге қолданылады [6].

Барлық вулканизаттар үшін физика-механикалық қасиеттер анықталды:

– ГОСТ 270-75 талаптарына сәйкес [7] үлгілердің серпімді-беріктік сипаттамалары үзу машинасын қолдану арқылы зерттелді.

– ГОСТ 263-75 [8] сипатталған әдісті қолдана отырып, қаттылық параметрлері Шора бойынша өлшенді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. *Шунгиттің физика-химиялық қасиеттері.* Көксу кен орнынан шунгитті тиімді пайдалану үшін оның қасиеттерін терең зерттеу қажет. Шунгиттің негізгі бөлігі аморфты көміртегімен ұсынылатыны белгілі, оның айрықша белгісі глобулярлық құрылым болып табылады. Бұл құрылым глобулаларға, яғни өлшемі 10 нанометрге дейінгі көп қабатты түзілімдерге негізделген [3]. Шунгитті көміртектің негізін диаметрі 10–30 нм болатын, нанокеуектерді қоршап тұратын бірқалыпты иілген көміртек қабаттарының пакеттерін қамтитын қуыс, көпқабатты фуллеренге ұқсас сфералық глобулалар құрайтыны анықталған [9].

Жоғарыда атап өтілгендей, мұндай құрылым шунгитті табиғи композициялық материал ретінде қарастыруға мүмкіндік береді және оның бірегей қасиеттер көрсетуі мүмкін екендігі болжанады.

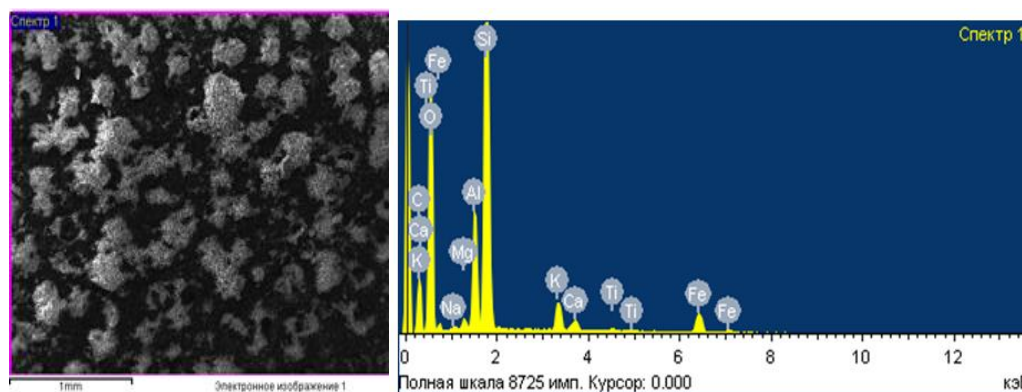
Көксу шунгитінің екі модификациясы бар - дәндерінің мөлшері 0,1-0,3 мм силикатты және карбонатты. Меншікті беттері тиісінше 7,54 және 12,24 м²/г құрайды. 2-кестеде Көксу кен орнының силикатты және карбонатты шунгиттерінің сапалық көрсеткіштері келтірілген.

Кесте 2

Көксу кен орны үлгілерінің сапалық көрсеткіштері

Көрсеткіш	СТ 60-1907-23-ТОО-001-2014 бойынша нормативті мәні карбонатты/жанғыш тақта тасты
Көміртектің массалық үлесі, %	7-15 / 4-8
SiO ₂ массалық үлесі, %	30-55 / 72-85
Суда еритін заттардың мөлшері, %	1,5 аспайды
Ылғалдың массалық үлесі, %	-
Сұлы суспензияның рН	7-10
Ірілігі, мм	-

Шунгиттің бірегей қасиеттері оны түзетін элементтердің наноқұрылымы және құрамымен анықталады. 1-суреттен шунгит көміртегі өлшемі 1-10 мкм ұсақ дисперсті кварц кристалдарынан тұратын силикат қаңқасында біркелкі таралғанын көруге болады, бұл растрлық электронды микроскопия арқылы жұтылған және кері шашыраған электрондардағы шунгитті зерттеу арқылы расталады



Сурет 1. Шунгиттің энергодисперсиялық талдауының және микроқұрылымының деректері

Құрамын элементтік талдау (3-кесте) Коксу кен орнының шунгит үлгілері негізінен келесі элементтерден тұратынын көрсетті: көміртегі, оттегі, кремний, сонымен қатар азғана мөлшерде алюминий, темір, калий, магний, кальций, титан, натрий элементтері де кездеседі. Бұл деректер әдебиет мәліметтерімен сәйкес келеді [10].

Кесте 3

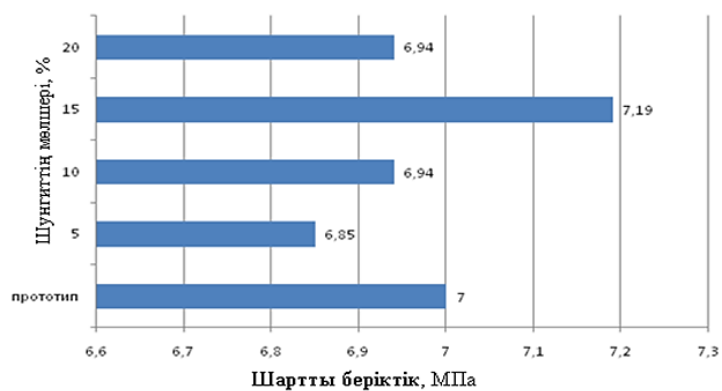
Көксу кен орны шунгитінің элементтік құрамы.

Элемент	C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe
салмақтық %	26,32	43,01	0,21	0,38	4,67	17,78	1,92	0,67	0,26	3,78

3-кестеден көрініп тұрғандай, зерттелген үлгілер жанғыш тақта тас (сланец) тектес болып табылады және алюминий, калий мен темірдің салыстырмалы түрде жоғары мөлшерімен сипатталады. Бастапқы үлгілердегі натрий мен магний мөлшері айтарлықтай айырмашылық көрсетпейді.

2-суретте 8–64°C аралығында ДРОН-3 рентгенфазалық дифрактометрінде жүргізілген Көксу шунгитінің минералогиялық құрамын талдау нәтижелері көрсетілген.

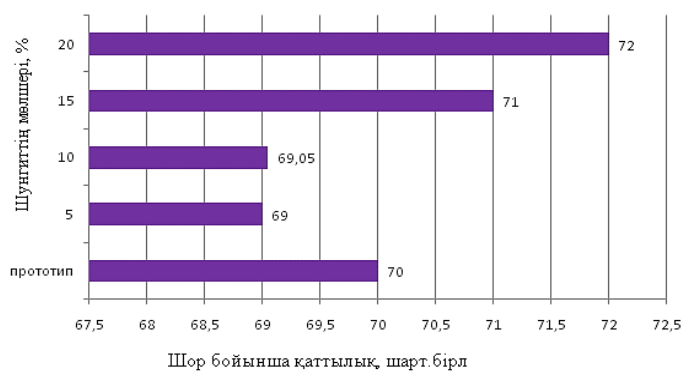
Талданған Көксу шунгиті 2-суретте көрсетілгендей, негізінен келесі фазалық қосылыстардан тұрады: кварц (SiO_2), кальцит (CaCO_3), диопсид ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) және мусковит ($\text{KAl}_2(\text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$). Мәселен, А рентгенограммаларындағы негізгі рефлексстер мына фазаларға сәйкес келеді: α -кварц SiO_2 ($d = 3,34; 4,27 \text{ \AA}$ және т.б.); мусковит $\text{KAl}_2(\text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ ($d = 10,0; 2,56 \text{ \AA}$ және т.б.); кальцит CaCO_3 ($d = 3,03; 1,91 \text{ \AA}$ және т.б.); диопсид $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ ($d = 2,98; 1,42 \text{ \AA}$ және т.б.). Ал көміртектің ең қарқынды рефлексі (C) $d = 3,34 \text{ \AA}$ мәніндегі SiO_2 рефлексімен қабаттасатыны байқалады.



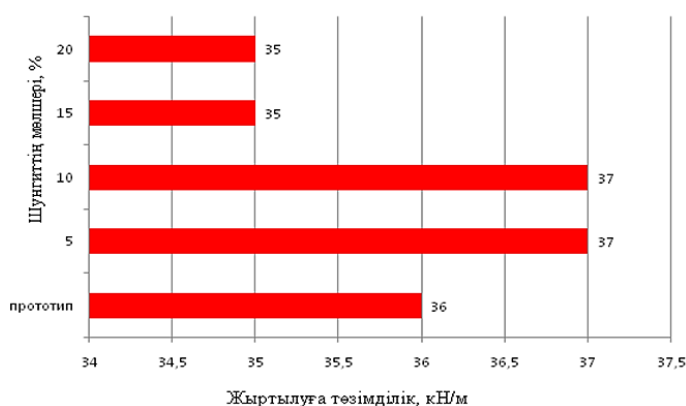
Сурет 3. Шартты беріктіктің шунгит мөлшеріне тәуелділік диаграммасы



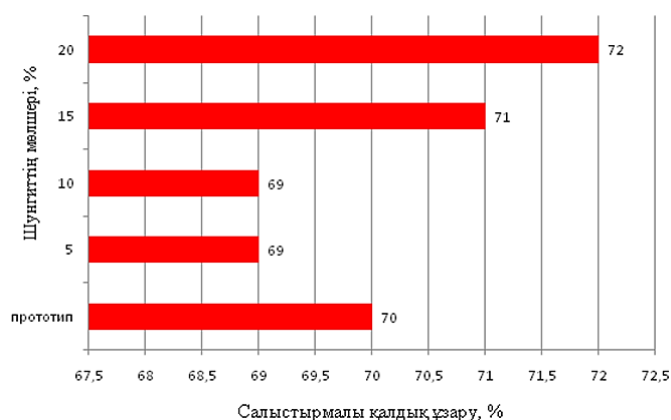
Сурет 4. Салыстырмалы ұзарудың шунгит мөлшеріне тәуелділік диаграммасы



Сурет 5. Шор бойынша қаттылықтың шунгит мөлшеріне тәуелділік диаграммасы



Сурет 6. Жыртылуға төзімділіктің шунгит мөлшеріне тәуелділік диаграммасы



Сурет 7. Салыстырмалы қалдық ұзарудың шунгит мөлшеріне тәуелділік диаграммасы

Алынған эксперименттік деректерді (4-кесте, 3-, 4-, 5-, 6- және 7-сурет) прототип көрсеткіштерімен салыстырмалы талдау нәтижесінде шунгиттің оңтайлы мөлшері 15 масс.б. екені анықталды. Аталған құрамда резеңке материалдардың негізгі физика-механикалық қасиеттері прототип деңгейінде сақталатыны байқалды. Атап айтқанда, салыстырмалы ұзару 233%-дан 250%-ға дейін, шартты беріктік 7,0-ден 7,19 МПа-ға дейін, Шор А бойынша қаттылық 70-тен 71 шартты бірлікке дейін, ал салыстырмалы қалдық ұзару 16%-дан 17%-ға дейін артатыны анықталды.

Сонымен қатар, жыртылуға төзімділік көрсеткіші 36-дан 35 кН/м-ге дейін аздап төмендейді. Алайда бұл өзгеріс материалдың жалпы пайдалану сипаттамаларына айтарлықтай кері әсерін тигізбейді және рұқсат етілген шектерде сақталады.

Осылайша, жүргізілген зерттеулер шунгитті 15 массалық бөлік мөлшерінде енгізу резеңке қоспасының қасиеттерін тұрақтандырып, оны практикалық қолдану үшін тиімді құрам ретінде ұсынуға мүмкіндік беретінін көрсетті.

Қорытынды. Жүргізілген зерттеу жұмысы вулкандашы жабдықтарға арналған герметикалық тығыздағыштардың сенімділігі мен ұзақ мерзімділігін арттыруға бағытталды. Мұндай бұйымдар жоғары температура, бу-ауа ортасы және агрессивті факторлар әсерінде өз қасиеттерін сақтауы тиіс.

Бутилкаучук негізіндегі резеңкелердің газ өткізбейтіндігі мен жылулық картаюға төзімділігі оларды аталған мақсатта қолдануға мүмкіндік береді. Зерттеу барысында минералды толықтырғыш ретінде шунгитті пайдалану мүмкіндігі қарастырылып, оның ақ күйені ішінара алмастыра алатыны анықталды. Эксперимент нәтижелері шунгиттің тиімді мөлшері 15 массалық бөлік екенін көрсетті. Бұл жағдайда резеңкенің негізгі физика-механикалық көрсеткіштері прототип деңгейінде сақталып, кейбір қасиеттері жақсарғаны байқалды. Бұл көрсеткіштердің жиынтығы шунгитті функционалдық толықтырғыш ретінде қолданудың болашағы бар екенін дәлелдейді. Жыртылуға төзімділіктің аздап төмендеуі материалдың жалпы пайдалану сипаттамаларына елеулі әсер етпейді.

Қорытындылай келе, шунгитті қолдану бутилкаучук негізіндегі тығыздағыш резеңкелердің құрамын онтайландырудың және импорттық әрі қымбат ингредиенттерді азайтудың тиімді жолы болып табылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Дик, Дж.С. Технология резины: рецептуростроение и испытания [Текст] / Дж.С. Дик / пер. с англ.; под ред. В.А. Шершнева. – СПб.: Научные основы и технологии, 2010. – 620 с.
2. Нурмухаметова, А.Н. Применение шунгита в производстве неформовых резинотехнических изделий [Текст] / А.Н. Нурмухаметова, Л.А. Зенитова, А.В. Кипрова, И.Р. Низамиев // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – Т. 20, № 21. – С. 236–240.
3. Голдовская-Перистая, Л.Ф. О возможности использования природных материалов глины и шунгита для устранения повышенной жесткости питьевой воды [Текст] / Л.Ф. Голдовская-Перистая, В.А. Перистый, А.В. Канищева, С.В. Королькова // Научные ведомости. Серия Естественные науки. – 2010. – № 15 (86), вып. 12. – С. 25–129.
4. Овсянникова, Н.В. Использование шунгита при создании резино-технических композиций на основе поливинилпирренового олигомера [Текст] / Н.В. Овсянникова // Естественнонаучный журнал «Точная наука». – 2016. – № 3. – С. 8–10.
5. Чемисенко, О.В. Сравнительное исследование физико-механических показателей резиновой смеси для герметизирующих уплотнителей [Текст] / О.В. Чемисенко, И.Ф. Фром, Ю.Л. Брейтер // Промышленное производство и использование эластомеров. – 2016. – № 2. – С. 30–32.
6. Возможности использования алкилфенолформальдегидных смол в неотверждаемых герметиках на основе бутилкаучука [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-ispolzovaniya-alkilfenolformaldegidnyh-smol-v-neotverzhdaemyh-germetikah-na-osnove-butilkauchuka>. – Дата обращения: 20.02.2026.
7. ГОСТ 270-75. Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении [Текст]. – Введ. 01.01.77. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 12 с.
8. ГОСТ 263-75 (СТ СЭВ 1198-78). Резина. Метод определения твердости по Шору А [Текст]. – Введ. 01.01.77. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 7 с.
9. Мосин, О.В. Состав и структурные свойства природного фуллеренсодержащего минерала шунгита [Текст] / О.В. Мосин // Биотехносфера. – 2013. – № 1 (25). – С. 31–33.
10. Мусина, У.Ш. Изучение физико-химических свойств коксуских шунгитистых пород [Текст] / У.Ш. Мусина // Вестник КазНТУ. – 2010. – № 6 (82). – С. 3–7.
11. Сакибаева, С.А. Резиновая смесь: предварительный патент (А) [Текст] / С.А. Сакибаева, Г.Ж. Мамытова, Л.Е. Кривушина [и др.]. – № 10783, Республика Казахстан. – МПК 7 C08L 9/00. – № 2000/0389.1; заявл. 12.04.2000; опубл. 15.06.2006. – Бюл. изобретений. – 2006. – № 6.

Материал редакцияға 22.06.26 түсті, 17.09.26 қабылданды.

Г.Ж. Мамытова¹, Г.Е.Калымбетов¹

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУР ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ШУНГИТОМ ДЛЯ ГЕРМЕТИЗИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ВУЛКАНИЗАЦИОННЫХ АГРЕГАТОВ

Аннотация. В статье исследована эффективность использования шунгита Коксуского месторождения в качестве минерального наполнителя резиновых смесей на основе бутилкаучука. Цель исследования — определить оптимальное содержание шунгита в составе резиновых смесей для герметизирующих уплотнений вулканизирующего оборудования и оценить его влияние на эксплуатационные свойства материала. Физико-химические свойства шунгита исследовали методами рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии. Разработаны рецептуры резиновых смесей для изготовления герметизирующих уплотнений вулканизирующего оборудования и проведены экспериментальные исследования. Установлена тенденция увеличения относительного удлинения при повышении содержания шунгита, тогда как прочность при растяжении имела обратную тенденцию. Содержание шунгита в количестве 15 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука обеспечивало оптимальное сочетание физико-механических показателей резины. Использование шунгита позволяет улучшить пластичность, перерабатываемость и термостойкость резиновых смесей. Отмечено, что применение шунгита в условиях высоких температур способствует сохранению эластичности и герметизирующих свойств резины. Кроме того, использование шунгита для частичной замены углеродсодержащих и сажевых наполнителей является ресурсосберегающим и экологически эффективным решением.

Ключевые слова: шунгит, бутилкаучук, минеральный наполнитель, вулканизация, резиновая смесь, термостойкость.

G.Zh. Mamytova¹, G.Y. Kalymbetov¹

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

OPTIMIZATION OF ELASTOMERIC COMPOSITE FORMULATIONS WITH SHUNGITE FOR SEALING ELEMENTS OF VULCANIZATION UNITS

Abstract. The article investigates the effectiveness of using shungite from the Koksus deposit as a mineral filler in butyl rubber-based rubber compounds. The aim of the study was to determine the optimum shungite content in rubber compounds intended for sealing gaskets of vulcanizing equipment and to evaluate its effect on the material's performance properties. The physicochemical properties of shungite were studied using X-ray diffraction analysis and electron microscopy. Rubber compound formulations for the production of sealing gaskets for vulcanizing equipment were developed, and experimental studies were conducted. An increase in relative elongation with increasing shungite content was observed, whereas tensile strength showed an opposite trend. A shungite content of 15 parts by weight per 100 parts by weight of rubber provided an optimal combination of the rubber's physicomachanical properties. The use of shungite can improve the flexibility, processability, and heat resistance of rubber compounds. It was noted that the use of shungite under high-temperature conditions contributes to maintaining the elasticity and sealing properties of rubber. In addition, the use of shungite as a partial replacement for carbon-containing and carbon black fillers is a resource-efficient and environmentally beneficial approach.

Keywords: shungite, butyl rubber, mineral filler, vulcanization, rubber compound, thermal stability.