

АНДАТПА

философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация
8D07208 – «Геология және пайдалы қазбалар кен орындарын барлау» білім беру бағдарламасы
бойынша

УТЕПОВА ЗАМАНБЕК ГАБИТОВИЧ

ЖОҒАРЫ ӨНІМДІЛІК СИПАТТАМАЛАРЫ БАР ГЕОТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҰҢҒЫМАЛАРДЫ БҰРҒЫЛАУ ЖӘНЕ ИГЕРУ ҮШІН ТИІМДІ ТЕХНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҚҰРАЛДАРДЫ ӘЗІРЛЕУ

Тақырыптың өзектілігі. Қазақстан Республикасында және әлемде механикалық және пайдалану сипаттамалары жоғары бұрғылау алмаз құралдарына деген сұраныс жыл сайын артып келеді. Күрделі және литологиялық тұрғыдан әртекті геологиялық-техникалық жағдайларда технологиялық және инженерлік-геологиялық ұңғымаларды бұрғылау тау жыныстарын бұзатын құралдарды үздіксіз жетілдіруді талап етеді. Мұндай қималардың ерекшеліктеріне жұмсақ және берік жыныстардың кезектесуі, иілгіш саздардың кездесуі, сондай-ақ төменгі интервалдардағы жарықшақтықтың жоғары болуы жатады. Бұл жағдайлар бұрғылау қашауларына жоғары тозуға төзімділік, жұмыс тұрақтылығы және сенімділік талаптарын қояды. Кесуші элементтердің біркелкі жұмысын қамтамасыз ету және құралдың «ілініп қалу» құбылысын болдырмау қазіргі таңда өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Аталған құбылыс бұрғылаудың механикалық жылдамдығының төмендеуіне және қашаудың біркелкі емес тозуына алып келеді.

Ұзақ уақыт бойы мұндай жағдайларда қатты қорытпалы қалақшалы қашаулар мен пикобурлар кеңінен қолданылып келді. Олар қиманың жоғарғы бөлігіндегі оңай бұзылатын жыныстарды бұрғылау кезінде жеткілікті тиімділік көрсеткенімен, берік қабаттарға өткен кезде өнімділігі төмендейді. Қолданыстағы конструкциялар осьтік аймақта жергілікті тозудың пайда болуына әкеледі, бұл қашаудың тұрақсыз жұмыс істеуіне және түптің біркелкі тереңдемеуіне себеп болады. Сонымен қатар, орталық бөліктегі тозу жүктеменің теңгерімсіздігіне, осьтік дірілдердің артуына және қашаудың «ілініп қалуына» алып келеді. Бұл құбылыс әсіресе иілгіш, тұтқыр саздарды және тығыз қосындылары бар кезектескен жыныстарды бұрғылау кезінде жиі байқалады, мұнда қашау ілгерілеген сайын жынысқа қарсы кедергі күрт өседі.

Поликристалды алмаз кескіштері (PDC) бар қашаулардың пайда болуы және практикаға белсенді енгізілуі бұрғылау тиімділігін арттырудың маңызды кезеңі болды. PDC кескіштері жоғары тозуға төзімділікке ие, үлкен интервалдарда кесу қабілетін сақтайды және бұрғылаудың механикалық жылдамдығын едәуір арттыруды қамтамасыз етеді. Алайда, стандартты PDC қашауларының конструкциялары ең алдымен біртекті, аз жарықшақты жыныстарға және үздіксіз бұзу процесіне бағытталған еді. Литологиясы өзгермелі және жарықшақтығы жоғары жағдайларда мұндай қашаулардың тиімділігі едәуір төмендейді. Жуу сұйықтығының айтарлықтай ысыраптары байқалатын жарықшақты жыныстарда түпті тазарту жағдайлары және кесуші элементтерден жылуды бұру нашарлайды. Нәтижесінде PDC кескіштері жергілікті қызып кетуге, термиялық қартаюға және жеделдетілген абразивті тозуға ұшырайды. Сонымен қатар, тұтасқан учаскелерден жарықшақтыға өту кезінде жыныс кедергісінің күрт өзгеруі кесушілердің біркелкі емес жүктемеленуіне және олардың қызмет ету мерзімін қысқартатын дірілдердің пайда болуына әкеледі.

Жарықшақты жыныстарды бұрғылау кезіндегі тағы бір мәселе – түптің біркелкі емес бұзылуы: кесуші кенеттен бос кеңістікке (жарықшаққа) түсіп кетуі немесе жыныстың дөңесіне күрт соғылуы мүмкін, бұл айтарлықтай соққы және бұрау жүктемелерін тудырады. Дәстүрлі PDC кескіштері, әсіресе қосымша модификациясыз, мұндай режимдерді нашар көтереді, өйткені бастапқыда тұрақты кесу жағдайларына арналған.

Осы жағдайларда конструктивтік шешімдердің қисынды дамуы – қатты қорытпалы және PDC кескіштерін біріктіретін бұрғылау қашауының құрама қаруына көшу болып табылады. Мұндай комбинация әртүрлі типтегі кесушілер арасында функционалдық міндеттерді бөлуге

мүмкіндік береді: қатты қорытпалы тістер жыныс біркелкі еместігімен жанасу жиі болатын перифериядағы соққы және абразивті жүктемелерді қабылдайды, ал PDC кескіштері орталық және аралық аймақтарда тиімді кесуді қамтамасыз етеді. Алайда әртүрлі типтегі кесуіштерді жай біріктіру қажетті нәтижеге кепілдік бермейді. Кесуіштерді радиус бойынша ұтымды орналастыру, сондай-ақ ену тереңдігін, отырғызу ұяшықтарының пішінін, гидродинамикалық арналарды және қалақша профилін келісу қажет. Тек кешенді тәсілдеме кезінде ғана құрама қару қашаудың тұрақтылығын арттыруға, «ілініп қалуды» болдырмауға және бір қашауға келетін өтуді арттыруға қабілетті.

Сонымен қатар, PDC кескіштерін жетілдіру де ерекше назар аударуды талап етеді. Тау жыныстарын бұрғылауға арналған құралдарды жабдықтау үшін WC-Co-қорытпалары негізіндегі композициялық алмазды құрамды материалдар (КАМ) қолданылады ($C_{\text{алмаз}}-(WC-Co)$ жүйесінің композиттері), өйткені олар қаттылық, тозуға төзімділік, беріктік және жарықшаққа төзімділік пен бірқатар басқа да пайдалы қасиеттердің жақсы үйлесіміне ие. Осы құралдардың сапасынан бұрғылау жылдамдығы мен пайдалы қазбаларды өндіру көлемі тәуелді. Заманауи бұрғылау құралдары жұмыстың жоғары тиімділігін қамтамасыз етіп қана қоймай, сонымен бірге қоршаған ортаға теріс әсерді барынша азайтып, экологиялық стандарттарға сай болуы тиіс. Бұрғылау құралдарының механикалық және пайдалану қасиеттері Салмаз-(WC-Co) композиттерінің физика-механикалық және кесу қасиеттеріне тәуелді. Спекілген КАМ оның құрамына кіретін әрбір жеке компоненттің қасиеттерінен айтарлықтай ерекшеленетін қасиеттерге ие, сонымен бірге металдың (мысалы, иілгіштік, жылу өткізгіштік) және керамиканың (мысалы, жоғары қаттылық, серпімділік және термиялық төзімділік) қасиеттеріне ішінара ие. Бұл қасиеттер фазалық құрамға, микроқұрылымға және морфологияға тәуелді, олар өз кезегінде құраушыларының физика-механикалық қасиеттеріне, спеку әдістері мен технологиялық режимдеріне байланысты. $C_{\text{алмаз}}-(WC-Co)$ жүйесінің кейбір композиттері дәстүрлі материалдарда қол жеткізуге болмайтын механикалық және пайдалану қасиеттеріне ие.

Алайда берік және абразивті тау жыныстарын бұрғылау процесінде қатты қорытпалы матрица қатты абразивті, шаршау және адгезиялық тозуға ұшырайды, бұл КАМ-ның практикалық қолданылуын шектейді және пайдалану ресурсын төмендетеді. Бұл ретте берік және абразивті тау жыныстарында ұңғымаларды бұрғылау процесінде КАМ жұмыс бетінде қатты қорытпалы матрицаның микроқұрылымында қайтымсыз өзгерістерге әкелуі мүмкін физика-химиялық процестер жүреді. Сонымен қатар, алмаз дәндері мен матрица арасындағы әлсіз адгезияға байланысты олар КАМ жұмыс істеу кезінде қатты қорытпалы матрицадан толығымен түсіп қалуы мүмкін, бұл тау жыныстарын бұзатын құралдың тозуға төзімділігін айтарлықтай төмендетеді.

Қарастырылып отырған КАМ-ның кемшіліктеріне олар спекілген кезде болатын алмаз дәндерінің графиттенуі мен карбидті дәндердің қарқынды өсуін, сондай-ақ қатты қорытпалы матрицаның сынғыштығын жатқызу керек.

Сондықтан $C_{\text{алмаз}}-(WC-Co)$ композиттерінің алмазұстағыштығын жақсарту, беріктігін, сенімділігі мен тозуға төзімділігін арттыру, сондай-ақ олардың негізінде тиімді құралдар әзірлеу ғылым мен техниканың маңызды міндеті болып табылады, өйткені бұл оларды қолдану аясын едәуір кеңейтеді және пайдалы қазбаларды өндіруге әсер етеді.

Композициялық материалдарды алу теориясы мен технологиясының дамуына белгілі ғалымдар Скороход В.В., Кислый П.С., Новиков Н.В, Туркевич В.З., Александров В.А., Шило А.Ю., Лисовский А.Ф., Мечник В.А, Barrer R.M., Clark P.W., Coble R.L., Kingery W.D., Nabarro F.R.N., Nicholas M, Scott P. үлкен үлес қосты.

Әртүрлі мақсаттағы ұңғымаларды бұрғылаудың техникасы мен технологиясын дамытуға шетелдік және отандық ғалымдар мен өндірісшілер үлкен үлес қосты: Воздвиженский Б.И., Куличихин Н.И., Шамшев Ф.А., Башкатов Д.Н., Козловский Е.А., Панков А.В, Квашнин Г.П., Башкатов А.Д., Олоновский Ю.А., Дрягалин Е.Н, Тесля В.Г, Беляков В.М., Третьяк А.Я., Дубровский В.В., Белицкий А.С., Бессонов Н.Д., Новиков Г.П., Шищенко Р.И., Романенко В.А., Драхлис С.Л., Федоров В.С., Эпштейн Е.Ф., Онищин В.П., Кожевников А.А., Давиденко А.Н.,

Хоменко В.Л., Мусанов А.М., Танатаров Т.Т., Федоров Б.В., Билецкий М.Т., Ратов Б.Т., Кудайкулова Г.А. және басқалар.

Композициялық материалдардың қасиеттерін жақсарту және құнын төмендету үшін бірнеше тәсілдер бар. Олардың бірі - ұнтақ қоспасын вакуумда қысым астында жоғары жылдамдықпен қыздыру есебінен ұсақ дәнді құрылымы және жоғары механикалық сипаттамалары бар материалдарды тез алуға мүмкіндік беретін плазмалы-ұшқынды спеку (ПҰС) қолдану. Сондай-ақ құрамға WC дәнінің өсуіне кедергі келтіретін және беріктігі мен тозуға төзімділігін арттыратын өтпелі металдардың карбидтерін, боридтерін, нитридтерін және оксидтерін енгізу тиімді.

WC дәнінің мөлшері ерекше маңызға ие, ол қаттылық пен бұзылудың тұтқырлығына тікелей әсер етеді. Ультрадисперсті және нано-ұнтақтарды (мысалы, Cr₃C₂, VC, Al₂O₃) қосу оны ұсақтауға және қасиеттерін жақсартуға ықпал етеді, бірақ материалдардың құнын арттырады.

Бұрғылау құралында қолданылатын С_{алмаз}-(WC-Co) жүйелері үшін құрылым мен трибологиялық қасиеттерді зерттеу, әсіресе абразивті жыныстарда жұмыс істеу кезінде маңызды. CrB₂ және басқа да көп компонентті модификаторларды қосу үйкеліс коэффициенті мен тозуын төмендетуі мүмкін, бірақ олардың әсері туралы деректер шектеулі және әрі қарай нақтылауды талап етеді.

Осылайша, композициялық алмазды құрамды материалдардың тозуға төзімділігін арттыру тиімді тау жыныстарын бұзатын құралдарды әзірлеумен байланысты

Осылайша, композициялық алмазды құрамды материалдардың тозуға төзімділігін арттыру тиімді тау жыныстарын бұзатын құралдарды әзірлеумен байланысты **өзекті міндет** болып қала береді. Перспективалы бағыт – берік және абразивті тау жыныстарын бұрғылауға арналған С_{алмаз}-(WC-6%Co)-CrB₂ жүйесінің композиттерін жасау болып табылады.

Зерттеу мақсаты мен міндеттері. Жұмыстың мақсаты – геотехнологиялық ұңғымаларды бұрғылау кезінде литологиялық біртекті емес және жарықшақты қималар жағдайында жоғары пайдалану сипаттамаларына ие құрама қаруы бар бұрғылау қашауының конструктивтік параметрлерін негіздеу.

Қойылған мақсатқа қол жеткізу үшін келесі

Қойылған мақсатқа қол жеткізу үшін келесі **міндеттерді** шешу қажет: уран шикізатын игерудің ірі объектілерінің бірі ретінде Будённовское кен орнының мысалында геотехнологиялық ұңғымаларды бұрғылаудың геологиялық-техникалық жағдайларын талдау.

Дәстүрлі қатты қорытпалы және PDC қашауларын пайдалану кезінде кесуші элементтердің біркелкі емес тозуының және «ілініп қалу» құбылысының пайда болу себептерін зерттеу.

Жүктеме бөлінуі мен жыныстың бұзылу жағдайларын ескере отырып, қатты қорытпалы және PDC кескіштерін біріктіретін қашаудың құрама қаруын қалыптастыру қағидаларын негіздеу.

Термиялық төзімділікті, тозуға төзімділікті және динамикалық жүктемелерге төзімділікті арттыру үшін матрицалық материалды және кесуші бөліктің геометриялық параметрлерін модификациялау арқылы PDC кескіштерінің құрамы мен құрылымын жетілдіру.

КАМ және олардың негізінде жасалған тау жыныстарын бұзатын құралдардың тозуға төзімділігіне талдау жүргізу.

Спекілген қатты қорытпалы матрицалар үлгілерінің әртүрлі фазаларында CrB₂ қоспасының 0-ден 10%-ға дейінгі интервалдағы Н нанобеттігінің, Е серпімділік модулінің өзгеруіне әсерін зерттеу.

Әзірленген құралдарды гранитті бұрғылау кезінде стендтік сынақтан өткізу және өндірістік практикада жаңа құралдарды қолдану үшін әдістемелік материалдар дайындау.

Қалыптастырылған КАМ-нан жасалған кірмелермен жабдықталған құрама қашаудың тәжірибелік үлгілерін дайындау және әзірленген құралдарды Будённовское кен орны жағдайында өндірістік сынақтан өткізу.

Жұмыс идеясы литологиялық біртекті емес және жарықшақты қималар жағдайында технологиялық ұңғымаларды бұрғылау тиімділігін арттыру қатты қорытпалы және жетілдірілген

PDC кескіштері бір-бірінің әлсіз жақтарын өтей отырып, келісілген жұмыс істейтін құрама қаруы бар бұрғылау қашауын әзірлеу есебінен қол жеткізілуі мүмкін болуында жатыр. Қашаудың динамикалық жүктемелерге, қызып кетуге және біркелкі емес тозуға тұрақтылығы кесуші элементтерді ұтымды орналастыру есебінен ғана емес, сонымен қатар плазмалы-ұшқынды спеку әдісімен қалыптастырылған Салмаз-(WC-Co) композициялық алмазды құрамды материалдарына CrB₂ қоспасын қосу негізінде жасалған PDC кескіштерінің құрамы мен конструкциясын бағытталған жақсарту арқасында қол жеткізіледі, бұл оларды күрделі геологиялық-техникалық жағдайларға бейімдеуге және құралдың жұмыс ресурсын едәуір арттыруға мүмкіндік береді.

Зерттеу объектісі – литологиялық біртекті емес және жарықшақты қималарда технологиялық ұңғымаларды бұрғылау кезіндегі тау жыныстарының бұзылу процестері және бұрғылау құралының кесуші элементтерінің тозуы, көрсетілген жағдайларда олардың жұмыс тиімділігі мен тұрақтылығына әсер ететін құрама қаруы бар бұрғылау қашауларының конструктивтік параметрлері, сондай-ақ С_{алмаз}-(WC-Co)-CrB₂ жүйесінің композициялық алмазды құрамды материалдары.

Зерттеу пәні – қатты қорытпалы және жетілдірілген PDC кескіштерінің өзара орналасуы мен функционалдық өзара әрекеттестігін қоса алғанда, бұрғылау қашауының құрама қаруын қалыптастыру және оңтайландыру қағидалары, сондай-ақ композициялық алмазды құрамды материалдардың құрамы, құрылымы, алмазұстағыштығы және тозуға төзімділігінің күрделі геологиялық-техникалық жағдайларда құралдың төзімділігі мен тиімділігін арттыруға әсері.

Жұмыс әдістемесі. Диссертациялық жұмыс күрделі литологиялық жағдайларға арналған бұрғылау қашауын жасауға бағытталған теориялық, зертханалық, конструкторлық және эксперименттік зерттеулерді қамтитын кешенді тәсілдемеге негізделген. Негізгі міндеттер «ілініп қалуды» жою, құрама қаруды әзірлеу және PDC-кескіштерін модификациялауды қамтыды.

Бірінші кезеңде бұрғылаудың геологиялық-техникалық жағдайлары мен қашаудың «ілініп қалу» себептеріне талдау жүргізілді, жыныстардың біркелкі емес бұзылуына әсер ететін конструктивтік және технологиялық факторлар анықталды. Алынған деректер негізінде құралдың жаңа конструкциясына қойылатын талаптар тұжырымдалды.

Екінші кезеңде қатты қорытпалы және PDC-кескіштерін біріктіріп орналастыру және «ілініп қалуды» жоятын оңтайландырылған геометриясы бар қашау, қаруды ұтымды бөлу есебінен әзірленді.

Қатар PDC-кескіштерін жақсарту бойынша зерттеулер орындалды. Плазмалы-ұшқынды спеку әдісімен әртүрлі концентрациялардағы CrB₂ қоспасы бар WC-Co композиттері алынды. Олардың құрылымы, механикалық және трибологиялық қасиеттері зерттелді.

Заманауи талдау әдістері қолданылды: микроқұрылымды зерттеу үшін СЭМ және EDS, кедір-бұдырлылықты бағалау үшін оптикалық профилометрия, Виккерс және Оливер-Фар әдісі бойынша микроқаттылық пен нанобеттігі, сондай-ақ гранитті өңдеу кезінде «цилиндр-білік» схемасы бойынша тозуға төзімділік сынақтары. Тозу беттері оптикалық микроскопия көмегімен зерттелді.

Әзірленген қашау тәжірибелік үлгі түрінде жүзеге асырылды және «Будённовское» кен орны ұңғымасында өндірістік жағдайларда сынақтан өткізілді, онда оның өнімділігі, дірілге төзімділігі және тозуға төзімділігі бағаланды.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы күрделі литологиялық жағдайларда технологиялық ұңғымаларды бұрғылауға арналған бұрғылау қашауының конструкциясын әзірлеуде және эксперименттік тексеруде болып табылады. Ұсынылған шешімдер — құрама қару (қатты қорытпалы және жетілдірілген PDC-кескіштері) және «ілініп қалуды» жоятын оңтайландырылған геометрия - бұрғылаудың механикалық жылдамдығын және құралдың тозуға төзімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Ғылыми нәтижелер плазмалы-ұшқынды спеку әдісімен WC-Co матрицалары негізіндегі композициялық алмазды құрамды материалдарды алу технологияларының дамуына ықпал етеді. Олардың тозуға төзімділігін арттыруды қамтамасыз ететін Салмаз-(WC-Co)-CrB₂ жүйесінің КАМ құрылымы мен тозуын қалыптастырудың құрамдары мен заңдылықтары анықталды.

Композициялық материалдар әзірленді: базалық құраммен салыстырғанда WR, WV және WS тозу көрсеткіштерін 2 есеге дейін төмендетуді қамтамасыз ететін $C_{\text{алмаз}}-(66,74WC-4,26Co)-4CrB_2$; сондай-ақ барлық негізгі параметрлер бойынша тозудың төмендеуін көрсететін $C_{\text{алмаз}}-(61,1WC-3,9Co)-10CrB_2$.

Әзірленген КАМ негізінде эксперименттік алмаз импрегнирленген коронкалар жасалды, олар гранитті бұрғылау кезінде базалық материалмен салыстырғанда шамамен 2 есе жоғары тозуға төзімділік көрсетті.

Коронкалардың максималды тозуға төзімділігі айналу жиілігі 250 айн/мин және жүктеме 900 кг кезінде қол жеткізілетіні, ал минималдысы 750 айн/мин және 1250 кг кезінде орын алатыны анықталды.

Зерттеу нәтижелерін іске асыру. Зерттеулер барысында әзірленген пикобур типті қашаулар салыстырмалы сынақтардан өтіп, бұрын қолданылған пикобурлардан 15-20%-ға жоғары өнімділік көрсетті.

Жаңа КАМ негізінде әзірленген PDC кескіштері гранитті бұрғылау кезінде WC-6 Со-матрицалары негізіндегі КАМ-нан жасалған кесуіштердің тозуға төзімділігінен екі есе асып түседі.

Қорғауға ұсынылатын ғылыми тұжырымдар:

1. Бұрғылау қашауының осьтік бөлігінің геометриясын оңтайландыру және кесуіштерді радиус бойынша қайта бөлу түптің тереңдеуінің біркелкі еместігін жояды және «ілініп қалудың» пайда болуын болдырмайды, осылайша жыныстардың бұзылу тиімділігін және тау жыныстарын бұзатын құралдардың тозуын азайтуды қамтамасыз етеді.

2. Қатты қорытпалы және PDC кескіштерінен тұратын құрама қару біртекті емес және жарықшақты жыныстарды бұрғылау кезінде кесуші элементтерге жүктеменің біркелкі бөлінуін қамтамасыз етеді, бұл діріл тұрақсыздығын азайтуға және қаруды толық пайдалану есебінен қашау төзімділігін арттыруға ықпал етеді.

3. Плазмалы-үшқынды спеку әдісімен қалыптастырылған PDC кескіштерін дайындау кезінде байланыстырушы фазаның құрамына CrB_2 микроұнтағын 4% (масса бойынша) мөлшерде енгізу термиялық тұрақты құрылымның қалыптасуы есебінен олардың термиялық төзімділігі мен тозуға төзімділігін арттырады, бұл әсіресе жуу сұйықтығы шығынды болатын және салқындатуы қиын аймақтарда бұрғылау кезінде өзекті болып табылады.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы:

Диссертациялық жұмыста ұсынылған барлық нәтижелер алғаш рет тұжырымдалған және алынған, ғылыми және практикалық маңызы бар және қатты қорытпалы матрицалар негізіндегі композициялық алмазды құрамды материалдар мен олардың негізінде жасалатын жоғары тозуға төзімділігі бар құралдарды әзірлеудің ғылыми негіздерін одан әрі дамытуға ықпал етеді.

Алғаш рет иілгіш және тығыз жыныстарды өту кезінде бұрғылау қашауының «ілініп қалу» құбылысының пайда болу себебі тек жыныстың физика-механикалық кедергісінде ғана емес, сонымен бірге орталық аймақта жүктеменің шоғырлануын және жергілікті тозуды тудыратын қашаудың осьтік бөлігінің ұтымсыз геометриясында екендігі анықталды, бұл түптің тереңдеуінің біркелкілігін бұзады. Бұл қашаудың айналу осіне жақын қалақша профилінің пішінін бағытталған өзгерту және кесуші элементтерді қайта бөлу қажеттілігін негіздеуге мүмкіндік берді.

Алғаш рет бұрғылау қашауында қатты қорытпалы және PDC кескіштерін біріктіріп орналастыру тиімділігі негізделді, ол осы элементтердің жүктеме түріне және жыныс сипатына әртүрлі сезімталдығына негізделген. Қатты қорытпалы кесуіштер жарықшақты аймақтардағы соққы жүктемелерін тиімді қабылдайтыны, ал PDC кескіштері біртекті учаскелерде жоғары өнімділікті қамтамасыз ететіні көрсетілді.

Алғаш рет КАМ құрамына 4% мөлшерінде хром дибориді CrB_2 микроұнтағының қоспасын енгізу қатты қорытпалы матрицаның ұсақ дәнді құрылымының қалыптасуы, қаттылық пен серпімділік модулінің біркелкі бөлінуі, салыстырмалы тығыздықтың жоғарылауы және алмаз дәндерінің қатты қорытпалы матрицамен ілінісу беріктігінің жақсаруы есебінен тозу жылдамдығын төмендетуді қамтамасыз ететіні анықталды. CrB_2 хром диборидінің құрамын одан

әрі арттыру қатты қорытпалы матрицаның жоғары сынғыштығына байланысты тозу жылдамдығының артуына әкеледі.

Ғылым дамуының бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі: Диссертация өнеркәсіпті жақсартуға, энергия тиімділігін арттыруға және экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге бағытталған мемлекеттік ғылыми-техникалық саясаттың және бағдарламалардың негізгі бағыттарына сәйкес келеді. Оның мазмұны «Қазақстан Республикасының экономикасын цифрландыру» мемлекеттік бағдарламасының, «Қазақстан Республикасында ғылым мен технологияларды дамыту» мемлекеттік бағдарламасының, сондай-ақ «Қазақстан Республикасының 2020–2025 жылдарға арналған Жаңа индустриялық саясаты» мемлекеттік бағдарламасының мақсаттарына сәйкес келеді.

Автордың жеке үлесі. Жұмыста 2023–2026 жж. автордың тікелей қатысуымен жүргізілген зерттеу нәтижелері келтірілген. Жұмыстың негізгі нәтижелерін диссертант өз бетімен алды. Міндеттерді қою, нәтижелерді талқылау және негізгі қорытындыларды қалыптастыру ғылыми кеңесшілермен бірлесіп жүргізілді. Жеке автормен ғылыми қағидалар, бастапқы материалдарды таңдау және плазмалы-ұшқынды спеку әдісімен қатты қорытпалы матрицалар мен композициялық алмазды құрамды материалдар үлгілерін қалыптастыру үшін қоспаларды дайындау, теориялық және эксперименттік зерттеулердің қағидалары мен әдістемелері әзірленді. Берік және абразивті тау жыныстарын бұрғылау кезінде композициялық алмазды құрамды материалдар үлгілерінің және олардың негізінде жасалған импрегнирленген алмаз коронкаларының тозу заңдылықтары анықталды.

Авторлық бірлестікте жазылған жұмыстардан диссертацияға тек автордың жеке өзі алған нәтижелері енгізілген. Диссертацияда авторларға тиесілі идеялар мен әзірлемелер жоқ.

Нәтижелердің сенімділігі: Диссертациялық жұмыстың алынған нәтижелерінің сенімділігі заманауи жабдықты және аттестатталған зерттеу әдістемелерін қолданумен, эксперименттік деректердің едәуір көлемімен және нәтижелерді өңдеудің статикалық әдістерін қолданумен, алынған нәтижелерді басқа авторлардың нәтижелерімен салыстырумен расталады.

Жұмыс нәтижелерін апробациялау және жарияланымдар.

Диссертациялық жұмыстың негізгі қағидалары монографияда және 6 ғылыми мақалада, оның ішінде Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті (ҒЖБССҚК) ұсынған 1 басылымда, Scopus Analytics дерекқорына кіретін 2 журналда, сондай-ақ халықаралық ғылыми конференциялар жинақтарында және халықаралық журналда көрсетілген.

2024 жылғы 15 желтоқсаннан 2025 жылғы 15 қаңтарға дейінгі кезеңде Қытайдың Солтүстік-Шығыс мұнай университетінде (NEPU, Дацин, ҚХР) PhD Xiaofeng Zhou жетекшілігімен ғылыми тағылымдамадан өтілді.

Жұмыс шеңберінде композициялық алмазды құрамды материалдар және бұрғылау қалақшалы қашау әзірленді, оларға Қазақстан Республикасының Ұлттық зияткерлік меншік институтына пайдалы модельге өтінім берілді. Диссертацияның негізгі нәтижелері жарияланған еңбектерде көрсетілген.

Жұмыс көлемі мен құрылымы.

Диссертация кіріспеден, 5 бөлімнен, жалпы қорытындылар мен ұсыныстардан тұрады, 50 сурет, 6 кесте, 17 формуланы және әдебиеттер тізімін қамтиды.

Диссертациялық жұмыс Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университетінің «Геология және мұнайхимиялық инжиниринг» кафедрасында орындалды.

Алғыс.

Қорытындылай келе, ғылыми кеңесшілерім – техника ғылымдарының докторы, профессор Б.Т. Ратовқа, сондай-ақ техника ғылымдарының кандидаты, доцент В.Л. Хоменкоға құнды кәсіби кеңестері мен ұсынымдары үшін шынайы алғысымды білдіремін. Жұмыс барысында автор профессор Қ.Ә. Қожахметтің тұрақты назарын және қолдауын үнемі сезініп отырды.

Диссертацияның құрылымы мен мазмұнын жетілдіру бойынша құнды кеңестері мен ұсынымдары үшін «Геология және мұнайхимиялық инжиниринг» кафедрасының профессор-оқытушылар құрамына, сондай-ақ әріптестеріме ерекше алғысымды білдіремін.