

<https://doi.org/10.51301/jemet.2024.i3.02>

Mechanical gearbox production technology

Z. Alpysbay*, Z. Abilkaiyr

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: zhiger0415@mail.com

Abstract. The article is devoted to modern ore grinding mills, which are an important tool in the mining industry. Among them, the calculation of the design of ball mills is considered. Ball mills are important equipment in various industries that require grinding to a specific particle size. These devices are widely used in mining, cement, chemical and other industries. This article provides an overview of the main components of the ball mill design, including the drum, ball charges, drive and gearbox, and lining. In the context of achieving optimal results, technological aspects such as particle size, operating mode and cooling systems are considered. The article also discusses new trends in the design of ball mills. The introduction of modern materials, automation and multi-sensor systems improves the efficiency and reliability of mills. Energy efficiency, calculation model integration and hybrid solutions are highlighted as promising areas of development. The article concludes by highlighting the role of ball mills in modern industry and forecasting their future development to meet today's performance, sustainability and sustainability requirements. It is noted that the choice of a mill for grinding ore depends on the specific conditions and requirements of production, and the correct choice leads to increased efficiency of ore processing processes and reduced production costs.

Keywords: ball mill, rod mill, vibration mill, planetary ball mill, drum, pigments, powder, gypsum.

1. Кіріспе

Шарлы диірмен, сондай-ақ ұсақтау шарикті диірмен ретінде белгілі. Қарапайым құрылымымен механикалық шарлы диірмен өте ұсақ ұнтақтау саласында өте маңызды орын алады. Шарлы диірменнің негізгі жұмыс принципі - айналмалы цилиндр цилиндрге жүктелген әртүрлі материалдар мен пішіндердің әртүрлі тегістеу органдарын (мысалы, шыбықтар, шарлар және т.б.) соқтығыстырып, материалдарды ұсақтау үшін бір-бірімен ұнтақтайды. Шарлы диірмендерді әртүрлі қозғалыс режимдері бойынша кәдімгі көлденең шарлы диірмендер, қарама-қарсы айналмалы көлденең шарлы диірмендер, вибрациялық шарлы диірмендер, орталықтан тепкіш шарлы диірмендер, планетарлық шарлы диірмендер және т.б.

Шарлы диірмен барабаннан, тиеу-түсіру құрылғысынан, жетектен (мотор, редуктор, электр қозғалтқыш) және қоректендіргіштен тұрады. Шарлы диірмен барабаны 2 бөлікке бөлінген. Ұнтақталған материалдар тиеу құрылғысы арқылы бірінші бөлімге түседі. Бұл бөлімде баспалдақ төсемі және әртүрлі диаметрлі шарлар бар. Барабан айналғанда, шарлар соққы, қажалу және ұсақтау арқылы материалдарды ұсақтайды. Бірінші бөлікте өрескел тегістеуден кейін материал қайтадан ұнтақтау үшін төсемдер мен шарлар орнатылған екінші бөлікке түседі. Материал ұнтақ түрінде түсіру құрылғысы арқылы шығарылады [1].

1.1. Шарлы диірмендер

Диірмендер – шарлы диірмендер әртүрлі кенді және бейметалл минералдарды, әр түрлі қаттылықтағы

құрылыс материалдарын құрғақ және дымқыл ұнтақтауға арналған.

- 1) цемент өндірісінде шикізат пен клинкерді ұнтақтау
- 2) микроальцит өндірісінде мәрмәрді ұсақтау
- 3) гипс, минералды ұнтақ өндірісінде металл емес пайдалы қазбаларды ұнтақтау
- 4) әртүрлі материалдарды ұнтақтау
- 5) ұнтақ көмір қазандары бар жылу электр станцияларында көмірді ұнтақтау

Көлденең шарлы диірмендер ұсақшыта ұсақтағаннан кейін ұнтақтау үшін маңызды жабдық болып табылады (1-сурет). Шарлы диірмен цемент, силикат, құрылыс материалдары, отқа төзімді, тыңайтқыштар, кара және түсті металдар, керамика және басқа материалдар өндірісінде кеңінен қолданылады және минералды материалдарды құрғақ және ылғалды ұнтақтау үшін жарамды [2].

Шарлы диірменнің конструкциясын талдау оның жұмысын сипаттайтын бірқатар параметрлер мен формулаларды қамтиды. Талдау кезінде ескерілуі мүмкін негізгі аспектілердің кейбірі мыналарды қамтиды:

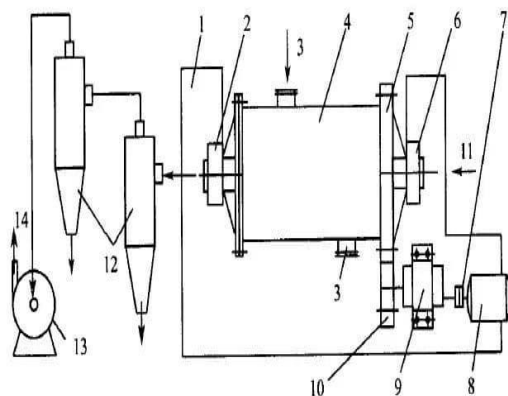
Диірменнің көлемі (V): Материалмен және шарлармен толтырылған диірмен көлемі. Оны формула арқылы көрсетуге болады $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$, мұндағы r – диірменнің радиусы, h – барабанның биіктігі.

Айналу жылдамдығы (n): $n = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{D}{L}$, мұндағы D – барабан диаметрі, мұндағы L – барабан ұзындығы.

Ұнтақтау энергиясы (E): $E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot g^2$, мұндағы m – шарлардың массасы.

Диірмен қуаты (P): $P = \frac{E}{t}$, мұндағы t – уақыт.

Бұл формулаларды технологиялық талаптарға байланысты шар диірменінің өнімділігін талдау және оңтайландыру үшін пайдалануға болады. Дегенмен, нақты қолданбалар параметрлерді егжей-тегжейлі қарастыруды және материалдардың сипаттамалары мен жұмыс жағдайларын ескеретін арнайы формулаларды пайдалануды талап етуі мүмкін.



Сурет 1. Жалпы көлденең шарлы диірменнің конструкторлық сызбасы. Мұндағы шарлы диірменнің конструкциясы турады: 1 - негізінің бүкіл жүйесінің құрылысының принципалды сұлбасы; 2, 6 – подшипниктер; 3 - жеткізу құбыры; 4 - жеңілдетілген шарлы диірмен корпусы; 5 - үлкен беріліс; 7 - муфта; 8 - қозғалтқыш; 9 - беріліс қорабы; 10-беріліс; 11-шығару құбыры; 12-циклонды сепаратор; 13-шығару желдеткіші; 14-шығару құбыры

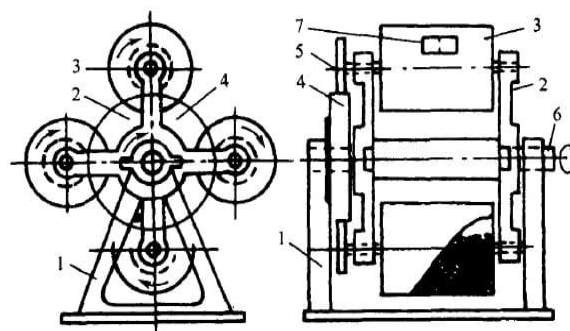
Шарлы диірменнің орталық элементі барабан болып табылады, ол цилиндрлік контейнер болып табылады, онда шарикті жүктер орналастырылады. Барабан ұсақталып жатқан материалдың талаптарына байланысты болат немесе керамика сияқты әртүрлі материалдардан жасалуы мүмкін. Болаттан немесе басқа төзімді материалдардан жасалған шарикті жүктер барабан ішіндегі материалды ұсақтауға арналған. Олардың мөлшері, пішіні және материалы ұнтақтау процесінің тиімділігіне әсер етеді. Диірмендер барабанды айналдыру және шар жүктемесін жылжыту үшін жетек және беріліс қорабымен жабдықталған. Жұмыс тиімділігі осы механизмдердің дәлдігі мен сенімділігіне байланысты. Барабанның ішкі беті тозуға төзімді материалмен қапталған және диірменнің ұзақ қызмет ету мерзімін қамтамасыз етеді. Астар тозуға төзімділігі жоғары қорытпалардан немесе керамикалық материалдардан жасалуы мүмкін.

1.2. Өнеркәсіптік шарлы диірмендер

Өнеркәсіптік шарикті диірмендердің негізгі бөлігі шойын немесе болат шарлар, металл шыбықтар, малтатас, шақпақ тас, тіпті керамика және шойын оқтары болуы мүмкін тегістеу орталарымен ішінара толтырылған қуыс барабан болып табылады. Диірмендердің барабандары көлденең орнатылып, оларға айналмалы қозғалыс беріледі, нәтижесінде ұнтақтағыш денелер қозғала бастайды, олар алдымен барабанның ішкі қабырғаларымен бірге қозғалады, содан

кейін төмен түсіп, жоғары кинетикалық энергия жасайды. Ұсақталған материал диірмендердің барабанына жүктеледі, онда ол ұнтақтау органдарымен бірге айналады - сонда ол ұсақталады. Қозғалыс кезінде домалап, төмен түсіп жатқан ұнтақтау корпустары тиелген материалды ұсақтайды және ұнтақтайды, ол ұнтақтаудан кейін ағызу саңылауы арқылы төгіледі. Шығару саңылауынан өту үшін ұсақталған материал белгілі бір секцияның елеушінінен өткізіледі. Шығару елеушінің мөлшері әртүрлі болуы мүмкін және дәл осы өлшем заттың ұнтақтау дәрежесін анықтайды.

Планетарлық шарлы диірмен (2-сурет) дымқыл немесе құрғақ әдісті қолдана отырып, партиялық режимде әртүрлі материалдарды, мысалы, тау жыныстарын, минералдарды, шыныларды, керамикалық материалдарды, пигменттерді және т.б. [3].



Сурет 2. Планетарлық партиялы шарикті диірменнің конструктивтік принципін схемалық диаграммасы: Мұндағы шарлы диірменнің схемалық диаграммасы бойынша: 1-рама; 2-шатун; 3-жеңілдетілген; 4-ұрақты беріліс; 5-беріліс қорабы; 6-беріліс білігі; 7-материал тесігі

Стержендік диірмендердің үлкен артықшылығы футеровканың аз тозуы болып табылады, бұл диірменді қайта төсеу және шыбықтарды ауыстыру шығындарын азайтады, сонымен қатар шарлармен салыстырғанда соңғысының құны төмен.

Диірмен өндіретін бөлшектердің мөлшері шар жүктемесінің өлшемі, барабанның айналу жылдамдығын және ұнтақталған материалдың сипаттамаларын қамтитын бірнеше факторларға байланысты. Қажетті гранулометрияға қол жеткізу үшін осы параметрлерді мұқият бақылау маңызды.

Диірмендер ашық цикл және жабық цикл сияқты әртүрлі режимдерде жұмыс істей алады. Жабық циклде классификаторлар мен сепараторлар сияқты қосымша құрылғыларды енгізу бөлшектердің мөлшерін бақылауға мүмкіндік береді және процестің тиімділігін арттырады. Кейбір жағдайларда, әсіресе температураға сезімтал материалдарды ұнтақтау кезінде, қызып кетудің алдын алу және өнімнің сапасын сақтау үшін салқындату жүйелері қолданылады.

1.3. Диірмен элементтері

Диірмен элементтерін жасау үшін барабан және шар жүктемелері сияқты жаңа, берік және тозуға төзімді материалдарды пайдалану олардың қызмет ету мерзімін айтарлықтай арттыруы мүмкін. Заманауи технологияларға негізделген автоматтандыру және бақылау жүйелерін енгізу диірменнің жұмыс процесін

оңтайландыруға, бақылауды жақсартуға және істен шығу ықтималдығын азайтуға мүмкіндік береді.

Диірмендерді энергия тиімділігіне баса назар аударатын жобалау маңызды бағытқа айналууда. Бұл энергия тұтынуды азайту үшін дизайнды оңтайландыруды және тиімді технологиялық шешімдерді таңдауды қамтиды.

Шарлы диірмен барабаны ұнтақтау процесінің тиімділігін анықтайтын негізгі компонент болып табылады. Барабандарды жобалаудың заманауи технологиялары беріктігі мен тозуға төзімділігін арттыру үшін жоғары берік қорытпалар мен композиттік материалдарды пайдалануды қамтиды. Бірегей барабан пішінін ұсақталатын материалдың біркелкілігін жақсарту үшін компьютерлік модельдеу әдістерін қолдану арқылы оңтайландыруға болады. Шарлы диірмендердің тиімділігі тікелей шар жүктемелерін дұрыс таңдауға және бөлуге байланысты. Заманауи конструкциялар шарлардың өлшемі мен материалы сияқты параметрлерді, сондай-ақ максималды өнімділікке қол жеткізу үшін оңтайлы мөлшерді ескереді. Автоматты жүктеуді басқару жүйелерін енгізу нақты уақыт режимінде процесті реттеуге мүмкіндік береді. Жетектен барабанға қуатты беру тиімділігі маңызды дизайнды қарастырады. Қазіргі шарлы диірмендер жиі айналымы жылдамдықты электр қозғалтқыштары және дәл беріліс қорабы сияқты жоғары тиімді жетек жүйелерін біріктіреді. Бұл барабан жылдамдығын технологиялық талаптарға байланысты дәл реттеуге мүмкіндік береді. Барабанның ішкі төсемі жұмыс кезінде қарқынды тозуға ұшырайды. Тозуға төзімді қаптамаларды жасау үшін керамика, жоғары хромды болаттар және композиттер сияқты заманауи материалдар қолданылады. Бұл диірменнің қызмет ету мерзімін ұзартып қана қоймайды, сонымен қатар ауыстыру және жөндеу шығындарын азайтады. Бөлшектердің мөлшерін бақылау көптеген өнеркәсіптік процестерде маңызды параметр болып табылады. Заманауи шарлы диірмендерге бөлшектердің мөлшерін автоматты бақылау жүйелері кіреді, бұл операторларға нақты уақытта осы параметрді дәл бақылауға мүмкіндік береді. Тиімді салқындату жүйелері қызып кетудің алдын алады және процестің тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Су айналымы немесе температурамен басқарылатын ауа ағындары сияқты жетілдірілген салқындату жүйелерін біріктіру заманауи дизайнның маңызды аспектісі болып табылады. Жасанды интеллект технологиясының дамуымен шарлы диірмендерді басқарудың автоматтандырылған жүйелері анағұрлым интеллектуалды болып келеді. Олар өзгермелі жағдайларға бейімделуге, процестерді оңтайландыруға және өндіріс тиімділігін айтарлықтай арттыратын сәтсіздіктерді болжауға қабілетті. Температура, қысым және діріл датчиктерін қоса алғанда, көп сенсорлы жүйелер процесс тұрақтылығын үздіксіз бақылау және қамтамасыз ету үшін шар диірменінің дизайнына біріктірілген. Бұл операторларға өзгерістерге тез жауап беруге және сәтсіздіктерді болдырмауға мүмкіндік береді. Есептеу модельдеуді пайдалану диірменнің ішкі процестерін дәлірек талдауға, диірмен конструкциясын оңтайландыруға және физикалық сынақтарды қажет етпей-ақ өнімділік сипаттамаларын болжауға мүмкіндік береді. Заманауи қауіпсіздік стандарттарын ескере отырып және

эргономикалық талаптарды қанағаттандыра отырып, шарлы диірмендерді жобалау қауіпсіз жұмыс ортасын құруға, техникалық қызмет көрсетудің қарапайымдылығына және персонал үшін ықтимал тәуекелдерді азайтуға назар аударады. Заманауи дизайн экологиялық таза материалдарды пайдалануға, зиянды шығарындыларды азайтуға және қоршаған ортаға теріс әсерді азайту үшін қалдықтарды кәдеге жарату жүйесін дамытуға назар аударады. Қоршаған ортаның тұрақтылығы қазіргі шарлы диірмендерді жобалау тұжырымдамаларының ажырамас құрамдас бөлігіне айналууда.

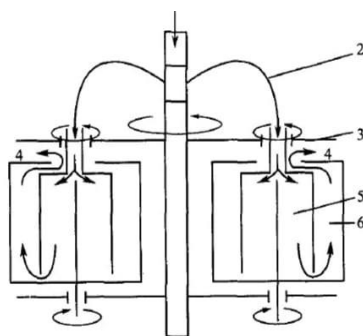
2. Зерттеу әдістері мен материалдары

Ғылыми зерттеулер мен технологияның дамуымен шар диірмендерін жобалауда инновациялық ұнтақтау әдістері пайда болуда. Бұл материалдарды неғұрлым дәл және тиімді ұнтақтау үшін ультрадыбыстық, электромагниттік немесе басқа озық әдістерді пайдалануды қамтуы мүмкін. Шарлы диірмендер өз функцияларын басқа технологиялармен біріктіре отырып, гибридті шешімдердің бір бөлігіне айналууда. Бұл диірмендердің қолдану аясын кеңейтуге және түпкілікті өнімнің сапасын жақсартуға мүмкіндік беретін классификациялық жүйелермен, фильтрациямен немесе жабдықтың басқа түрлерімен интеграция болуы мүмкін. Шарлы диірменнің дизайны бүгінгі күні максималды энергия тиімділігі мен ресурстарды үнемдеуге бағытталған. Жетілдірілген жылу оқшаулағыш материалдарды пайдалану, процесті оңтайландыру және энергияны үнемдейтін технологияларды енгізу энергия мен ресурстарды тұтынуды азайтуға мүмкіндік береді. Заманауи шарлы диірмендер автоматтандыру мен басқарудың жоғары деңгейін қамтамасыз ету үшін зауытты бақылау және басқару жүйелерімен біріктірілген. Бұған деректерді жинау, талдау және қашықтан бақылау және басқару мүмкіндігі кіреді. Заманауи дизайнның маңызды аспектілерінің бірі шаң мен атмосфераға зиянды шығарындыларды басқару болып табылады. Тиімді шаң жинау және сүзу жүйелерін дамыту, сондай-ақ шығарындыларды азайту технологияларын пайдалану басымдыққа айналууда. Қазіргі шарлы диірмендер максималды сенімділік пен беріктікке ұмтылады. Бұл жоғары берік материалдарды пайдалану, оңтайландырылған дизайн бөлшектері және өндіріс процесінде сапаны мұқият бақылау арқылы қол жеткізіледі. Модульдік дизайн диірменнің жеке құрамдас бөліктерін оңай ауыстыруға немесе жаңартуға мүмкіндік береді, жұмыс кезінде икемділік береді. Сонымен қатар, тоқтап қалуды азайту және техникалық қызмет көрсету шығындарын азайту үшін техникалық қызмет көрсету процесін жеңілдетуге баса назар аударылады.

Шарлы диірмендерден айырмашылығы (3-сурет), стержендік диірмендер жоғары өнімділігімен сипатталады, бірақ одан да ірі ұнтақтау және шарикті диірмендерге дейін бірінші ұнтақтау сатысы ретінде орнатуға болады. Екінші жағынан, көп жағдайда штангалы диірмендерде ұнтақтаудан кейін дайын өнімдегі ең ұсақ фракциялардың аз болуы (мысалы, ұнтақтау өнімі кейіннен сүзгілеуге ұшыраса) тіпті қажет болып көрінуі мүмкін.

Заманауи шарлы диірмендер температура, қысым және бөлшектердің өлшемі сияқты әртүрлі технологи-

ялық параметрлерді үздіксіз бақылайтын көп сенсорлы жүйелерді енгізе алады. Бұл операторларға өзгерістерге жылдам жауап беруге және нақты уақытта диірмен жұмысын оңтайландыруға мүмкіндік береді. Есептік модельдеу технологиялары диірмен ішіндегі процестерді нақтырақ талдауға, физикалық сынақтарсыз оның жұмысын болжауға және оңтайландыруға мүмкіндік береді. Бұл жаңа дизайнды әзірлеу процесін жылдамдатады және қолданыстағылардың тиімділігін арттырады. Заманауи диірмендер экология мәселесіне де көңіл бөледі. Құрамында зиянды элементтері жоқ материалдарды пайдалану және қалдықтарды өңдеу технологияларын енгізу шар диірмендерін жобалаудың маңызды аспектілеріне айналууда. Шарлы диірмендерді ультрадыбыстық немесе электромагниттік ұнтақтау сияқты басқа технологиялармен біріктіру нақты материалдар үшін ұнтақтау процесін оңтайландыратын гибриді жүйелерді құруға мүмкіндік береді [4].



Сурет 3. Үздіксіз планетарлық шарлы диірменнің құрылымдық сұлбасы. Мұндағы шарлы диірменнің құрылымдық сұлбасы бойынша: 1 – тиеу арнасы; 2 – сырғымалы беріліс; 3 – айналмалы диск; 4 – түсіру порты; 5 – ішкі тегістеу цилиндрі; 6 – сыртқы тегістеу цилиндрі

Қолданыстағы үлгілерге қарағанда анағұрлым қолайлы және дәлдігі жоғары шарлы диірмен үлгісін жасау шарлы диірмен процесін зерттеу үшін маңызды теориялық қолдауды қамтамасыз етеді деп күтілуде. Шарлы диірменнің теориялық моделін жасағаннан кейін, бұл мақала шардың траекториясын, сондай-ақ шар мен материал арасындағы энергияның тасымалдануын зерттейді. Сонымен қатар, шар диірменінің микро процесі интуитивті түрде есептеліп, талқыланады.

Соңғы жылдары құрылыс материалдары өнеркәсібінде ұсақ ұнтақтау үшін вибрациялық диірмендер деп аталатын диірмендер қолданылууда, бұл материалдардың дисперсиясының жоғары дәрежесіне дейін құрғақ және дымқыл ұнтақтауды жүргізуге мүмкіндік береді. Мұндай диірменнің схемасы көрсетілген. Ұсақталған материал корпусқа толық жүктеледі. Теңгерімсіз білікті айналу кезінде диірмен корпусы айналмалы тербелмелі қозғалысқа келтіріледі, корпус қабырғалары ұнтақтағыш денелерге жиі импульстар береді, соның нәтижесінде диірмендегі материал мен шарлар күрделі қозғалысты орындайды. Вибрациялық диірменінің төмен тербеліс жиілігінде ұнтақтау корпустарының әрқайсысы онда белгілі бір орташа позицияның айналасында тек шектеулі қозғалыстар жасайды.

Шарлы диірмен дизайнына жаңа технологиялар мен тұжырымдамаларды енгізу кезінде міндетті түрде қиындықтар туындайды. Бұл жаңа материалдармен үй-

лесімділік мәселелерін, қызметкерлерді смарт жүйелермен жұмыс істеуге үйрету қажеттілігін және энергияны үнемдейтін және экологиялық таза технологиялардың стандарттарын әзірлеу қажеттілігін қамтиды. Технологияның дамуы дизайнды үнемі жетілдіруді талап етеді. Бұған зауыт конструкцияларын өңдеу, жаңа материалдар мен технологияларға бейімделу және нақты салалар үшін оңтайлы шешімдерді табу кіреді. Тұрақтылық пен жауапты өндіріске бағытталған әлемде шар диірмендері шығарындыларды азайту, ресурстарды тиімді пайдалану және түпкілікті өнімнің сапасын жақсарту үшін жаһандық қысымға сәйкес келуі керек. Шарлы диірмендердің дизайнын талдау олардың қазіргі заманғы үрдістер контекстіндегі эволюциясын көрсетеді. Классикалық құрамдас бөліктерден қазіргі заманғы технологияларды біріктіруге дейін диірмендер өндірістік процестердің ажырамас бөлігіне айналууда. Гибриді шешімдер, ақылды басқару элементтері және қоршаған ортаға жауапкершілік осы маңызды жақтың болашағын қалыптастырады. Қиындықтарға қарамастан, шарикті диірмендер әртүрлі өнеркәсіп салаларындағы материалдарды сәтті ұнтақтау үшін негіз болып қала береді.

Заманауи автоматтандыру және басқару жүйелерінің пайда болуымен шарлы диірмендер кеңінен біріктірілген өндірістік циклдардың бір бөлігіне айналууда. Бұл циклдарды оңтайландыру өнімділікті арттырып қана қоймайды, сонымен қатар техникалық қызмет көрсету шығындары мен қуат тұтынуды азайтады. Өнеркәсіптің талаптарына байланысты арнайы шар диірмендері әзірленеді. Мысалы, медицина өнеркәсібі ұнтақтау процесінің стерильділігін қамтамасыз ету үшін коррозияға қарсы жабындары бар диірмендерді пайдаланады. Индустрия 4.0 тұжырымдамасы өндірістің цифрлық трансформациясын қамтиды. Датчиктерді, заттар интернетін және бұлтты технологияларды шар диірменінің конструкцияларына енгізу нақты уақыттағы бақылау, ақауларды болжау және қашықтан басқару мүмкіндігін жасайды. Нанотехнология саласындағы ғылыми зерттеулердің дамуымен шарлы диірмендер наноматериалдарды өндірудің маңызды құралына айналууда. Наноөлшемде фрезерлеу материалтану, медицина және электроника салаларында жаңа перспективалар ашады. Шарлы диірмендерге арналған стандарттар мен ережелерді әзірлеу оларды жетілдірудің құрамдас бөлігіне айналууда. Бұл сала бойынша дәйекті стандарттарды қамтамасыз ету үшін қауіпсіздік, тиімділік және экологиялық талаптарды белгілеуді қамтиды. Жоғарыда аталған тенденцияларды ескере отырып, шар диірмендерінің даму болашағы жоғары болып қалуда. Олардың эволюциясы заманауи технологиямен, экологиялық жауапкершілікпен және жаһандық ойлармен үйлеседі, материалды қысқарту саласындағы инновациялар үшін қолайлы платформа жасайды.

Тұрақтылық талаптары дамыған сайын шар диірмендері энергия тиімділігін арттыруға ұмтылууда. Жетілдірілген жылу окшаулағыш материалдарды пайдалану, салқындату жүйелерін оңтайландыру және жаңартылатын энергия көздеріне көшу қазіргі заманғы зерттеулердің қазіргі үрдістері болып табылады. Арнайы материалдарға сұраныстың артуына жауап ретінде шарлы диірмендер мамандандырылған бола бастады. Мысалы, полимерлі материалдарды, металл ұнтақтарын немесе композиттерді өңдеуге арналған диірмендер осы материалдардың бірегей сипаттамаларын ескере отырып

жасалған. Өнеркәсіптің жаһандық сипаты стандарттар мен ережелерді әзірлеуде халықаралық үйлестіруді талап етеді. Бұл әртүрлі елдердегі шарлы диірмендердің қауіпсіздігін, сапасы мен тиімділігін қамтамасыз ету үшін маңызды. Қазіргі заманғы шар диірмендері қалдықтарды қайта өңдеу процестерінде белсенді түрде қолданылады. Олардың әртүрлі материалдарды, соның ішінде өндірістік қалдықтарды және қайта өңдеуді ұсақтау және өңдеу қабілеті оларды қалдықтарды басқарудың тұрақты жүйелеріндегі маңызды буынға айналдырады. Шарлы диірмендердің әсері техникалық сипаттамалардан әлдеқайда асып түседі. Олар әлеуметтік және экономикалық тұрақтылықты қамтамасыз етуде, жұмыс орындарын құруда, инновацияларды ынталандыруда және көптеген салалардың дамуын қолдауда маңызды рөл атқарады.

Соңғы онжылдықтарда шар диірмені теориялық модельдердің көптеген түрлерімен сипатталғанымен, жалпы қабылданған модель әзірленбеген. Бұл модельдер негізінен төрт санатқа бөлінеді, атап айтқанда, кинематикалық модельдер, соқтығыс модельдері, энергия тасымалдау модельдері және температураның көтерілу үлгілері. Кинематикалық модель негізінен шар тәрізді тегістеу ортасының қозғалыс заңын зерттейді, оның ішінде шар тәріздес резервуардағы таралуы, қозғалыс жылдамдығы мен соқтығысу жиілігі толық теориялық шарды тегістеу моделінің негізін құрайды. Соқтығыс моделі соқтығыс кезінде материалдық бөлшектердің өлшемдері мен пішінінің динамикалық өзгеру заңын модельдеу үшін компьютерлік бағдарламаны пайдаланады. Энергияны тасымалдау моделі шар диірменінің энергиясы соқтығыс кезінде шар диірмен ортасынан материалдық бөлшектерге қалай ауысатынын, сонымен қатар шар диірменінің энергиясының шар диірмен әсеріне әсерін анықтауға бағытталған. Соңында, температураның көтерілу моделі шарикті фрезерлеу кезінде материал бөлшектерінің температурасының өзгеруін талқылайды. Берн және басқалары шарлы диірмен үлгісін қолдану арқылы алынған траекторияны нақты бақыланатын қозғалыспен салыстырды және шарлы диірмен ортасы мен сфералық резервуар арасындағы салыстырмалы сырғу салдарынан теориялық және практикалық нәтижелер арасында нашар келісімді тапты. Олар сондай-ақ бұл процесс негізінен соққыдан гөрі үйкеліс пен тозуға байланысты болды деп хабарлады. Морис және басқалары шар соқтығысуы, энергияның тасымалдануы және температураның көтерілу үлгілерін зерттеді және бастапқыда модельге негізделген бағалау арқылы шарлы диірмен ортасының қозғалыс заңын белгіледі. Chattopadhyay және т.б. өздерінің доп қозғалысы үлгісімен кейбір нәтижелерге қол жеткізді, тек шардың соқтығысу моделінің қысқаша сипаттамасы ғана хабарланады. Органикалық қалдықтарды өңдеу үшін планетарлық шарлы диірмендерді пайдалануға әсер ететін негізгі бақылау факторлары шарикті диірменнің параметрлері (ұнтақтау уақыты, шар өлшемі, шардың материалға қатынасы, жылдамдық пен толтыру жылдамдығын қоса) және қоспалар болып табылады. Әртүрлі параметрлер органикалық химиялық заттардың ыдырауына әртүрлі жолдармен әсер етеді. Сонымен қатар, шарлы диірмен процесінде энергияның өзгеруі және материалдың сыну механизмі айтарлықтай ерекшеленеді [5].

Шарлы диірмендердің конструкциясындағы елеулі өзгерістер материалтану саласындағы прогреске байланысты. Беріктігі мен тозуға төзімділігі жоғары заманауи композиттік материалдарды пайдалану зақымдану қаупін азайтады және жабдықтың қызмет ету мерзімін арттырады. Интеллектуалды басқару жүйелерін дамыту диірмен жұмысын оңтайландыру үшін жасанды интеллект пен машиналық оқыту алгоритмдерін пайдалануды қамтиды. Бұл жүйелер өзгермелі жағдайларға бейімделуге және техникалық қызмет көрсету қажеттіліктерін болжауға қабілетті. Қазіргі шар диірмендері экологиялық аспектілерге назар аударады. Қалдықтарды кәдеге жарату әдістерін енгізу және энергияны үнемдейтін технологияларды пайдалану өндірістің қоршаған ортаға әсерін азайтуға көмектеседі. Шарлы фрезерлеуді басқа технологиялармен, мысалы, ультрадыбыстық немесе электромагниттік ұнтақтау әдістерімен біріктіретін гибриді шешімдер процестің тиімділігін арттыруға және бірегей сипаттамалары бар өнімдерді шығаруға жаңа мүмкіндіктер береді.

3. Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Жаңа технологиялар мен материалдардың дамуымен шар диірмендерінің қауіпсіздігі саласындағы зерттеулер өзекті бола түсуде. Бұл әртүрлі материалдардың қоршаған ортаға және жұмысшылардың денсаулығына әсерін талдауды қамтиды. Өндіріс процестерінің күрделенуі мен автоматтандырылуының артуы жағдайында жоғары білікті кадрларды дайындау маңызды болып табылады. Персоналды оқыту және дамыту шар диірмендерінің тиімді жұмысы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етудің негізгі элементіне айналууда. Нанотехнологияға және дербестендірілген медицинаға қызығушылықтың артуына байланысты шар диірмендері нәтижелердің дәлдігі мен біркелкілігін қамтамасыз ететін фармацевтикалық және медициналық материалдарды өңдеудің маңызды құралына айналууда. Заманауи шар диірмендері де үнемділікке баса назар аударады. Бұған техникалық қызмет көрсету шығындарын азайту, өнімділікті арттыру және жұмыс циклдерін оңтайландыру кіреді. Экономикалық тиімді диірмендер бизнестің бәсекеге қабілеттілігін сақтаудың кілтін айналууда. Заманауи шар диірмендері де қосылған құны жоғары материалдар өндіруге бағытталған. Бұған озық технологияда, медицинада және басқа да жоғары технологиялық салаларда қолданбаларды табатын бірегей қасиеттері бар өнімдерді жасау кіреді. Саланың жаһандық сипатын ескере отырып, жаһандық ынтымақтастық пен білім алмасу маңызды болып табылады. Бұл компанияларға бір-бірінен үйренуге, инновациялық шешімдерді енгізуге және күрделі мәселелерді бірлесіп шешуге мүмкіндік береді. Шарлы диірмендердің жұмысындағы қауіпсіздік басты назарда. Қатаң қауіпсіздік стандарттарын әзірлеу және сақтау жазатайым оқиғалардың алдын алу және персоналды қорғауды қамтамасыз ету үшін өте маңызды. Қазіргі шарлы диірмендер кәсіпорынның цифрлық экожүйесіне біріктірілген. Бұл өндірістік процестерді бақылау, диагностикалау және бақылау үшін сандық технологияларды пайдалануды қамтиды. Нарық қажеттіліктері мен экологиялық тұрақтылық талаптарының өзгеруіне байланысты шар диірмендері үнемі бейімделуге тырысады. Дизайнға икемділік және жаңа технологияларды жыл-

дам енгізу мүмкіндігі нарықтағы табыстың негізгі аспектілеріне айналуға. Жетілдірілген шарикті диірмендер материалдарды тиеу және түсіру процестерін автоматтандыру, өндірістік операциялардың тиімділігі мен қауіпсіздігін арттыру үшін роботты жүйелерді енгізуді бастады. Технология мен автоматтандырудың дамуы жағдайында еңбекті роботтық жүйелермен ауыстыруға байланысты этикалық және әлеуметтік мәселелер туындайды. Сала осы мәселелер бойынша белсенді түрде диалогқа түсіп, жауапты тәжірибелерді дамытуы керек.

Шарлы диірмендердің конструкциясын талдау олардың қазіргі өнеркәсіптегі маңыздылығын көрсетеді. Ағымдағы үрдістер дәстүрлі құрамдастарды жетілдіруді ғана емес, сонымен қатар өнімділікті арттыру, қоршаған ортаға әсерді азайту және экономикалық тұрақтылыққа қол жеткізу үшін инновациялық технологияларды біріктіруді қамтиды. Шарлы диірмендердің болашағы смарт жүйелерді біріктіруге, экологиялық таза материалдарды қолдануға және жаңа ұнтақтау әдістерін іздеуге бағытталған, бұл оларды өнеркәсіптік процестердің негізгі буынына айналдырады.

Бұл перспективалы технология болғандықтан, бұл шағын шолу оның маңыздылығы мен әлеуетін түсінуге көмектеседі және одан әрі даму бағыттарын анықтауды жеңілдетеді деп үміттенеміз. Шарлы диірмендер ұнтақтау үшін жиі болат шарларды пайдаланады. Ұнтақтау процесінде болат шар ұнтақтау өнімдеріне нүктелік әсер етеді. Нәтижесінде ұнтақтау өнімі жоғары майдалыққа ие, бөлшектердің өлшемі өте ұсақ. Процестің осындай нәзіктіктеріне байланысты шарлы диірмен кен байытумен айналысатын кәсіпорындарға жарамайды [6].

4. Қорытынды

Шарлы диірмен - бұл үлкен әлеуеті бар қарапайым, жылдам және үнемді жасыл технология. Қарастырылған

зерттеулер оның целлюлоза нанокристалдары мен наноталшықтарды дайындау және химиялық функционализациялау үшін қолдану мүмкіндігін көрсетті. Бұл әдістің негізгі артықшылықтарының бірі - оны химиялық өңдеулермен біріктіру мүмкіндігі, бұл қажетті өнімдерді ең аз күшпен алуға мүмкіндік береді. Шарлы диірмендердің конструкциясын талдау олардың қазіргі заманғы өндірістік процестердегі негізгі рөлін көрсетеді. Үнемі өзгеріп отыратын өнеркәсіптік ортада бұл тек техникалық жабдыққа ғана емес, сонымен қатар бәсекеге қабілеттілікті сақтау үшін қиындықтарға бейімделуге және инновациялар енгізуге қабілетті стратегиялық активтерге айналуға.

References / Әдебиеттер

- [1] Isayeva, I.N. (2020). Issledovanie tehnologicheskikh metodov povysheniya kache-stva izgotovleniya tzhzhelonagruzhennyh zubchatyh peredach privoda sharovyh mel'nic (doctoral dissertation). *Almaty*
- [2] Prohorov, A.M. (1978). Barabanno-sharovaja mel'nica. Sovetskaja jenciklopedija. Retrieved from: https://www.booksite.ru/bookshop/index.php?route=product/product&product_id=4611
- [3] MashProm-Jekspert. (2023). Sterzhnevaja mel'nica proektirovanie i proizvodstvo. Retrieved from: www.mpold.ru
- [4] Kasatkin, A.G. (1961). Osnovnye processy i apparaty himicheskoj tehnologii (Glava XVIII. Izmel'chenie, grohoche-nie i dozirovanie tverdyh tel/Tonkoe izmel'chenie). Retrieved from: <https://www.nehudlit.ru/books/detail6889.html>
- [5] Zhang, X., Liu, X., Zhao, J., Sun, W., Zhang, Y., Qiao, J., Xing, G. & Wang, X. (2023). Model Study of Mechanicochemical Degradation in a Planetary Ball Mill. *Sustainability*, 15(2), 1353. <https://doi.org/10.3390/su15021353>
- [6] Yu, X., Li, C.H., Xiong, W.H. & Lu, Q.Z. (2002). Progress in modeling of Mechanical alloying. *Mater. Rev.*, 8, 11–14

Шарлы диірмендерді конструкторлық талдау

Ж. Алпысбай*, Ж. Абілқайыр

Satbayev University, Алматы, Қазақстан

*Корреспонденция үшін автор: zhiger0415@mail.com

Андатпа. Мақала тау-кен өнеркәсібінің маңызды құралы болып табылатын кенді ұнтақтауға арналған заманауи диірмендерге арналған. Солардың ішінде шарлы диірмендердің конструкторлық талдауы қарастырылады. Шарлы диірмендер - белгілі бір бөлшектердің мөлшеріне дейін ұнтақтауды қажет ететін әртүрлі салалардағы маңызды жабдық. Бұл құрылғылар тау-кен, цемент, химия және басқа салаларда кеңінен қолданылады. Бұл мақалада барабан, шар зарядтары, жетек және беріліс қорабы және ішкі төсемді қоса, шарлы диірмен дизайнының негізгі компоненттеріне шолу жасалады. Оңтайлы нәтижелерге қол жеткізу контекстінде бөлшектердің мөлшері, жұмыс режимі және салқындату жүйелері сияқты технологиялық аспектілер қарастырылады. Мақалада шар диірменінің конструкциясындағы жаңа үрдістер де талқыланады. Заманауи материалдарды, автоматтандыруды және көп сенсорлы жүйелерді енгізу диірмендердің тиімділігі мен сенімділігін арттырады. Дамудың перспективті бағыттары ретінде энергия тиімділігі, есептеу моделін және гибриді шешімдерді біріктіру ерекшеленеді. Қорытындылай келе, мақалада шарлы диірмендердің заманауи өнеркәсіптегі рөлі атап көрсетіліп, өнімділік, тұрақтылық және экологиялық тазалық бойынша заманауи талаптарды ескере отырып, олардың болашақ дамуын болжайды. Кенді ұнтақтайтын диірменді таңдау өндірістің нақты жағдайлары мен талаптарына байланысты екендігі және дұрыс таңдау кенді өңдеу процестерінің тиімділігін арттыруға және өндіріс шығындарын төмендетуге әкелетіні атап өтіледі.

Негізгі сөздер: шарлы диірмен, стержендік, вибрациялық, планетарлық шарлы диірмен, барабан, пигменттер, ұнтақ, гипс.

Механическая технология производства редуктора

Ж. Алпысбай*, Ж. Абілқайыр

Satbayev University, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: zhiger0415@mail.com

Аннотация. Статья посвящена современным мельницам для измельчения руды, которые являются важным инструментом в горнодобывающей промышленности. Среди них рассмотрен расчет конструкции шаровых мельниц. Шаровые мельницы являются важным оборудованием в различных отраслях промышленности, требующим измельчения до определенного размера частиц. Эти устройства широко используются в горнодобывающей, цементной, химической и других отраслях промышленности. В данной статье представлен обзор основных узлов конструкции шаровой мельницы, в том числе барабана, шаровых загрузок, привода и редуктора, футеровки. В контексте достижения оптимальных результатов учитываются такие технологические аспекты, как размер частиц, режим работы и системы охлаждения. Также в статье рассматриваются новые тенденции в проектировании шаровых мельниц. Внедрение современных материалов, автоматизации и мультисенсорных систем повышает эффективность и надежность мельниц. В качестве перспективных направлений развития выделяются энергоэффективность, интеграция расчетной модели и гибридные решения. В заключение в статье освещается роль шаровых мельниц в современной промышленности и прогнозируется их дальнейшее развитие с учетом современных требований к производительности, экологичности и экологичности. Отмечается, что выбор мельницы для измельчения руды зависит от конкретных условий и требований производства, а правильный выбор приводит к повышению эффективности процессов переработки руды и снижению затрат на производство.

Ключевые слова: мельница шаровая, стержневая, вибрационная, планетарная шаровая мельница, барабан, пигменты, порошок, гипс.

Received: 11 April 2024

Accepted: 15 September 2024

Available online: 30 September 2024