

MINISTERSTWO EDUKACJI I NAUKI

ŁUGANSKA REPUBLIKA LUDOWA

Federalna Państwowa Instytucja Budżetowa Edukacyjna

wykształcenie wyższe

„Donbasski Państwowy Uniwersytet Techniczny”

Jako rękopis

Lewczenko Eduard Pietrowicz

PODSTAWY NAUKOWE ROZPRASOWANIA WYROBÓW METALURGICZNYCH

SUROWCE I ODPADY W KRUSZARCE TARCZOWEJ

KOMBINOWANE MASZyny SZLIFUJĄCE

DZIAŁANIA

Specjalność 05.02.13 - Maszyny, urządzenia i procesy (wg branży)

Praca

na stopień naukowy

Doktor nauk technicznych

Konsultant naukowy - lekarz

nauki techniczne, profesor nadzwyczajny,

Wiszniewski Dmitrij Aleksandrowicz

Alczewsk - 2023

WSTĘP.....	7
ROZDZIAŁ 1 STAN NAUKOWY I TECHNICZNY	
PROBLEMY ROZDRABNIANIA I MIELENIA	
MATERIAŁY.....	18
1.1 Zasady niszczenia materiałów, prawa kruszenia i szlifowanie.....	19
1.1.1 Analiza istniejących metod dyspersji materiałów.....	19
1.1.2 Prawa kruszenia i mielenia materiałów.....	21
1.2 Rodzaje DIM do frakcyjnego przygotowania surowców skalnych w metalurgii.....	29
1.2.1 Kruszarki szczękowe.....	30
1.2.2 Kruszarki walcowe.....	32
1.2.3 Kruszarki zębate jednowalcowe.....	34
1.2.4 Kruszarki udarowe.....	36
1.2.5 Młyny bębnowe.....	38
1.2.6 Frezy tarczowe.....	41
1.3 Wyjaśniona klasyfikacja głównych typów DIM.....	45
1.4 Podstawowe informacje o materiałach podlegających kruszeniu i szlifowaniu w metalurgii.....	52
1.4.1 Cechy stanu obróbki materiałów w DIM.....	53
1.4.2 Stopień rozdrobnienia (zmielenia) materiałów.....	55
1.4.3 Etapy kruszenia i mielenia.....	57
1.4.4 Główne cechy rozmiaru materiałów.....	58
1.5 Analiza prac poświęconych efektom łączonym na materiale.....	61
1.5.1 Nowe schematy DIM z pojedynczym gniazdem.....	61

1.5.2 Nowe schematy DIM wielogniazdowe.....	68
1.5.3 Projekty tarcz regulowanych.....	72
Wnioski do rozdział u 1.....	77
2 SYNTEZA METOD I	
URZĄDZEŃ DO LECZENIA KOMBINOWANEGO	
WPŁYW NA MATERIAŁ I PERSPEKTYWY	
ICH ROZWÓJ.....	79
2.1 Wymagania wstępne dla tworzenia zasadniczo nowych DIM-ów.....	80
2.2 Synteza maszyn o działaniu łączonym	
preferencyjne ścieranie i inne rodzaje uderzeń	
na materiale.....	81
2.2.1 Organizacja warunków mielenia autogenicznego.....	89
2.2.2 Wzmocnienie rozdrabniania materiałów wewnątrz obrabianego przedmiotu	
kamery.....	89
2.3 Dodatkowe tworzenie warunków cięcia.....	92
2.4 Połączony typ dysku DIM.....	93
2.5 Ulepszona klasyfikacja łączonego DIM	
wpływ na materiał	94
2.6 Perspektywy rozwoju DIM.....	95
Wnioski dla rozdział u 2.....	98
3. TEORETYCZNE UZASADNIENIE PROCESÓW	
ZAPEWNIENIE DZIAŁANIA ŚCIEMNIACZA.....	100
3.1 Ładowanie materiałów źródłowego do DIM.....	101
3.2 Dyspersja surowca.....	107
3.2.1 Badanie kinematyki materiałów podczas spadania z	
przenośnik do komory roboczej DIM.....	109
3.2.2 Uderzenie kawałków materiałów źródłowego na powierzchnie boczne	
ciał o robocze.....	116
3.3 Badanie wzorców wpływających	
Wydajność DIM.....	122
3.3.1 Rodzaje produktywności i struktura przepływu pracy....	122

3.3.2 Wydajność teoretyczna.....	124
3.3.3 Wydajność techniczna.....	125
3.3.4 Ocena wydajności według przepustowości szczeliny wentylacyjnej.....	126
3.3.5 Określenie obliczonych średnich prędkości nieobciążonych cząsteczki w szczelinie.....	140
3.4 Analiza zniszczenia cząstek gotowego produktu w strefy sektorowe o stosunkowo ograniczonym ruchu.....	143
3.5 Prędkość względnie nieswoistego ruchu cząstek.....	149
3.6 Opracowanie algorytmu obliczania produktywności pojemność szczeliny.....	153
Wnioski dla rozdziału 3.....	156
4 OKREŚLENIE GŁÓWNYCH PARAMETRÓW WYMIARÓW Z POŁĄCZONYM WPŁYWEM NA MATERIAŁ.....	159
4.1 Elementy konstrukcyjne urządzeń krusząco-mielących kamery.....	159
4.2 Cechy procesu pracy podlegającego analizie.....	161
4.3 Określenie całkowitego momentu obrotowego siły roboczej opór.....	164
4.3.1 Określenie momentu oporu przy obciążeniach uderzeniowych.....	164
4.3.2 Określenie momentu oporu przy skręcaniu część cylindryczna strumienia materiału.....	166
4.3.3 Odporność materiału na zgniatanie w kruszenie i mielenie wnętrza elementu roboczego.....	168
4.4 Określenie racjonalnej formy kruszenia i mielenia wnętrza elementu roboczego.....	180
4.5 Określanie momentu obrotowego na podstawie oporu w płaszczyźnie szczeliny.....	186
4.6 Określenie momentu oporu końcowego ruch produktu skrobaków rozładowniczych.....	189

4.7 Określenie całkowitych kosztów energii na realizację prac.....	
Proces DIM i obliczanie głównych parametrów.....	193
4.8 Procedura obliczeniowa dla pojedynczego gniazda DIM.....	197
Wnioski dla rozdziału 4.....	198
5. BAZA DOKUMENTALNO-MATERIALNA	
REALIZACJA EKSPERYMENTÓW.....	200
5.1 Pojedynczy slot DIM.....	200
5.1.1 Opis modelu DIM pojedynczego gniazda i cykli przeprowadzanie eksperymentów.....	200
5.1.2 Kolejność badań eksperymentalnych w ramach badania opór szczeliny na przepływ w medium masowego.....	203
5.2 Wielogniazdowy moduł DIM.....	204
5.2.1 Opis próbki eksperymentalnej wielogniazdowego DIM...	205
5.2.2 Opis schematu badań testowych.....	209
5.3 Wielowymiarowe projektowanie eksperymentów.....	210
5.4 Sprzęt do przeprowadzania eksperymentów.....	213
5.5 Definicja głównych cech konstrukcyjnych.....	218
Wnioski dotyczące rozdziału 5.....	219
6 BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH DIM, ZAPEWNIANIE ŁĄCZONEGO NISZCZENIA MATERIAŁY.....	
6.1 Testy badawcze pojedynczego gniazda DIM.....	221
6.1.1 Kruszenie tłuczka kamiennego.....	221
6.1.2 Przeróbka rudy żelaza, wapienia hutniczego, żelazny odpadowy i odpady betonowe.....	225
6.1.3 Badania wieloczynnikowe.....	229
6.2 Testy badawcze wielogniazdowego modelu DIM.....	233
Wnioski dla rozdziału 6.....	251
7 TESTY PRODUKCYJNE WYMIARÓW.....	254

7.1 Badania testowe DIM-250.....	254
7.2 Testowanie prototypu DIM-1800.....	258
7.3 Badania produkcji przemysł owej próbka DIM-2250.....	259
7.4 Analiza porównawcza jakości mielenia kamienia wapiennego, wyprodukowano w DIM-2250 przy uż yciu kruszarek mł otkowych.....	266
Wnioski dotyczące sekcji 7.....	273
WNIOSEK.....	275
Lista symboli.....	279
SPIS LITERATURY.....	280
ZAŁĄCZNIK A Wdraż anie wyników badań.....	309
ZAŁĄCZNIK B Nowa klasyfikacja ł ączonych DIM dział ania.....	327
ZAŁĄCZNIK B Materiał y pomocnicze dla badania laboratoryjne	328
ZAŁĄCZNIK G - Wyniki eksperymentu wieloczynnikowego	351
ZAŁĄCZNIK D – Programy przetwarzania statystycznego wyniki eksperymentu wieloczynnikowego	368
ZAŁĄCZNIK E — Kopie gł ównych rysunków roboczych WYM.-2250	393

WSTĘP

Istotność tematu badań. Istotność tematu. Obecna sytuacja dynamika czasowa zrównoważonego rozwoju przemysłu metalurgicznego i inżynierii mechanicznej branż a budowlana coraz częściej stawia na ulepszanie i wdrażanie nowych rozwiązań nowe technologie charakteryzujące się zwiększoną koncentracją oddziaływania na materiały nadające się do recyklingu. Dlatego też należy stworzyć bardziej racjonalne warunki przetwórstwo surowców i odpadów hutniczych wymaga rozwoju nowoczesnych projekty zastępcze maszyn krusząco-mielących (CGM).

Jeżeli wcześniej projektowanie i rozwój DIM miały na celu zapewnienie priorytetowy wpływ na materiał jakiegokolwiek przeważając jedno-metoda niszczenia, wówczas na współczesnym poziomie rozwoju technologicznego coraz bardziej uwagę zwraca się na tworzenie warunków dla oddziaływań łączonych, co pozwala na redukcję zmniejsza liczbę używanego sprzętu i prowadzi do bardziej racjonalnych warunków.

możliwość obniżenia kosztów energii potrzebnej do przetwarzania surowców.

Procesy kruszenia i mielenia materiałów w światowym przemyśle około 10% całej wytworzonej energii elektrycznej jest zużywane [1], co ma wpływ nie tylko wpływ na koszty materiałowe produkcji, ale także wnosi znaczący wkład przyczynia się do globalnego ocieplenia [2-4], co jest uznawane przez społeczność międzynarodową bardzo poważny problem rozwoju technologicznego ludzkiej cywilizacji.

Zwykle w przypadku powszechnie znanych i powszechnie stosowanych typów kruszarek i młynów stopień zgniecenia, który jest stosunkiem wielkości oryginału do wielkości gotowego produktu wynosi średnio około 50 i w jednym W niektórych przypadkach praktycznie nie przekracza 100. Dlatego, aby ją zmniejszyć, konieczne jest Stosuje się całą gamę maszyn o bardzo różnych zasadach działania. Przyjmuje się, że kruszenie przeprowadza się, jeżeli gotowy produkt ma wielkość cząstek większą niż 5 mm, więc jeśli wielkość cząstek na wyjściu z maszyny osiąga mniej niż 5 mm, wówczas proces ten określa się mianem kruszenia.

W kruszarkach tarczowych ze względu na przeważające zastosowanie sił tarcie o materiał powoduje, że koszty energii potrzebnej do zniszczenia surowców osiągają maksimum wartości (70–100 kWh/t i więcej), co stanowi główny czynnik ograniczający ich szerokie rozpowszechnienie. Jednym ze sposobów na poprawę efektywności zaleca się zastąpienie ścierania innymi, mniej energochłonnymi metodami niszczenia (przecięcie, uderzenie, złamanie, itp.). Realizuje się to w połączonym działaniu DIM, gdzie przy przetwarzaniu materiałów skalnych straty energii wahają się od 3 do 10–12 kWh/t.

WYMIARY działania łączonego dzięki połączeniu w jednej konstrukcji w zasadzie kilka (zwykle dwie lub więcej) różnych metod nakładania siły niszczącej działającej na materiał łączą w sobie kilka klas różnych maszyn, co pozwala na udane połączenie wstępnego kruszenia, zapewniając bardziej wydajny proces niszczenia i ostatecznej kalibracji materiału materiał, tj. mielenie. Ponieważ w procesie produkcji w zakładzie metalurgicznym Przedsiębiorstwo gromadzi dużą ilość złomu materiałów ogniotrwałych, hutniczych żużli i frakcjonowane przygotowanie wapna, rudy żelaza i innych surowców, można je z powodzeniem mielić na proszek w połączeniu kontrolowane oddziaływanie sił niszczących.

Udoskonalanie projektów, badań i metod projektowania Połączone działanie DIM na materiał zapewnia zwiększenie parametrów technicznych poziom urządzeń kruszących i mielących pod względem zakresu częstotliwości rotacji, wydajność, zużycie energii i jakość składu frakcyjnego produktu gotowy. Osiągnięcie to pozwoli na projektowanie DIM z uwzględnieniem reżimu parametrów pracy dla efektywniejszej realizacji metod łączonych rozproszenie materiałów poprzez łączenie kilku w jednym urządzeniu różnych maszyn.

W analizie i syntezie DIM działania skojarzonego najtrudniejsze jest Problemy teoretyczne i powiązane ze sobą problemy naukowo-techniczne to: uzasadnienie procesów pracy, zapewniające określoną produktywność, tworzenie metod obliczeniowych i wpływ kształtu geometrycznego ciał roboczych na

produkcja gotowego produktu. Do kompleksowego rozwiązania tych problemów stosuje się metodę DIM są początkowo projektowane i badane jako pojedynczy obiekt, w tym działający komora, napęd i elementy robocze do tworzenia kombinowanych środków niszczących obciążenia materiału. Opracowano zasady organizacji figur geometrycznych ciał roboczych, które są wdrażane w tworzeniu nowego projektu DIM, przy użyciu łączenie rodzajów oddziaływań na materiał poprzez organizowanie wstępnych uderzenia w nieruchomość, kruszenie i cięcie z ostatecznym uformowaniem niewymagany skład frakcyjny gotowego produktu poprzez ścieranie na wyjściu wyciąg szczelinę pierścieniową.

Stopień rozwinięcia tematu. Istniejące teoretyczne i eksperymentalne podejścia mentalne do projektowania maszyn kruszących i mielących charakteryzuje się wysokim stopniem przewagi jednej konkretnej metody zniszczenia materiału. Dlatego też taki sprzęt charakteryzuje się stosunkowo stosunkowo niski stopień rozdrobnienia (mielenia) i procesów technologicznych uzyskanie wymaganego rozmiaru gotowego produktu wymaga wieloetapowego wykorzystanie dużej floty sprzętu, co zwiększa zakres sprzętu sprzętu i kosztów energii potrzebnej do jego użytkowania. Dlatego w tej pracy Na początku maszynę krusząco-mielącą traktowano jako pojedynczą obiekt, w którym te dwie funkcje są połączone i jedno z rozwiązań. Złożony problem łącznego niszczenia materiału jest przedstawiony za pomocą modelu geometrycznego statyczny kształt ciał roboczych, umożliwiającą realizację płaszczyzny pionowej do przeprowadzania procesów kruszenia, a w poziomie - mielenia przy użyciu tego samego materiału w te same korpusy robocze, zmontowane w jednej konstrukcji. Ponadto, istniejące metody analizy i syntezy dla warunków działania skojarzonego efekty na materiale nie zostały poddane powiązanej generalizacji, systematyzacji i śledztwa.

Opracowanie naukowych podstaw dyspersji surowców hutniczych i porusza się w połączonym działaniu DIM w przemyśle metalurgicznym w praktyce nie zwrócono uwagi na narty. Jednakże niektóre wymagania wstępne są śledzone od

w połowie lat 80. ubiegłego wieku, kiedy to w typowych projektach rozróżniono m.in.

odizolowane, podejmowane są nieliczne próby połączenia

różnych zasad stosowania sił w ogólnej komorze roboczej maszyny

(V.N. Altukhov, A.M. Zinchenko, P.P. Korolev, A.I. Pologovich, A.I. Svezhenets,

JAKIŚ. Tumin, W.V. Szczerbak i inni). Jednakże takie rozłączne podejście nie daje możliwości

zdolność do wystarczającej oceny aspektów teoretycznych i praktycznych

badany problem nie pozwala na przeprowadzenie uzasadnionych obliczeń

parametry działania DIM i opracować ich racjonalne projekty. Teoretyk-

teoretyczne i praktyczne badania procesów dyspersyjnych w oparciu o

prawie żadnej uwagi nie poświęcono łączonemu wpływowi na materiał, głównie

Pod uwagę brane były wyłącznie kwestie udoskonalenia projektu. Metody obliczeniowe

Zużycie energii przez takie maszyny jest praktycznie zerowe.

Przedmiotem badań są procesy kruszenia i mielenia wyrobów metalurgicznych. surowce i odpady w maszynach krusząco-mielących typu kombinowanego działają i sprzętu do ich realizacji.

Przedmiotem opracowania jest projektowanie maszyn krusząco-mielących. połączone opyny akcji i główna moc i technologia parametry realizacji procesów kruszenia i mielenia surowców hutniczych żelazo i odpady.

Cel i zadania badania. Celem rozprawy jest:

budowanie naukowych podstaw do rozproszenia surowców i odpadów hutniczych w

DIM wspólnego działania poprzez uzasadnienie racjonalnych warunków rozwoju

niszczenie, pozwalające na efektywne łączenie procesów kruszenia i mielenia

w jednej maszynie. Aby osiągnąć wyznaczony cel, praca formułuje

Postawiono sobie następujące główne cele badawcze.

1. Przeprowadzić analizę naukową stanu problemu naukowego i technicznego kruszenie i mielenie materiałów z uwzględnieniem łącznego wpływu na materiał w kruszarkach tarczowych.

2. Syntetyzować zasadniczo nowe metody i urządzenia do tworzenia warunków łącznego oddziaływania na materiał poprzez tworzenie warunków jego najlepsze zniszczenie.

3. Prowadzić badania teoretyczne i eksperymentalne nad procesem kom-
łączone rozproszenie surowców i odpadów metalurgicznych w przedsiębiorstwie DIM
połączone działanie w warunkach laboratoryjnych i produkcyjnych.

4. Utwórz metody obliczania cech projektu i warunków dostawy
koszty materiałów i energii niezbędne do uzyskania wymaganej wydajności, uzasadniającej moc
wpływ połączonych działania silnika elektrycznego DIM na materiał .

5. Przeprowadź badania eksperymentalne i zaprojektuj testy
parametry technologiczne (produktywność, zużycie energii, ułamkowa wydajność)
skład gotowego produktu) DIM łączone działanie dla metalurgii
surowce i odpady produkcyjne.

6. Przeprowadzenie testów działania łączonego DIM w produkcji
warunki przetwarzania surowców i odpadów hutniczych.

7. Oceń efektywność ekonomiczną i wdrożony połączony DIM
działanie w produkcji metalurgicznej.

Nowość naukowa.

1. Po raz pierwszy zaproponowano klasyfikację DIM według metody priorytetowej
zastosowanie sił , warunki podawania, liczba ruchomych dysków, częstotliwość
prędkość obrotowa dysków, położenie osi obrotu, liczba szczelin i połączenie
struktura dysku, zgodnie z którą połączone działanie dysku DIM,
łącząc procesy niszczenia materiałów poprzez ścinanie i ścieranie,
są postrzegane jako osobna klasa.

2. Wyjaśniono proces podawania materiału do połączonych działania DIM
biorąc pod uwagę trajektorię ruchu, parametry geometryczne maszyny i początkowe
surowce.

3. Po raz pierwszy udowodniono zależność częstotliwości obrotu dysku od promienia obrotu.
podczas podawania materiału do strefy kruszenia po uderzeniu w powierzchnie boczne
ciała pracujące.

4. Po raz pierwszy wykazano zależność prędkości kątowej obrotu układu roboczego od jego wielkości, aby zapewnić korzystne warunki rozładunku ze slotu przerwa między nieutrwalonymi cząstkami.

5. Po raz pierwszy opracowano metodę określania łącznego działania DIM. wydajność w zależności od przepustowości szczeliny promień dysku od promieniowego położenia kawałka materiału na nim i geometryczne parametry materiału kruszonego i tarczy.

6. Po raz pierwszy opracowano metodę obliczania parametrów energetyczno-mocowych pojedynczego gniazda DIM działania łącznego, uwzględniający całkowite działanie uderzeń obciążenia pionowego przepływu materiału z źródła, opór skręcanie materiału w środku komory mielącej, opór przy mieleniu w komorach kruszenia i mielenia, opór tarcia w uszczelnieniu szczelinowym-świt i opór zgarniaczy rozładunkowych.

Znaczenie teoretyczne i praktyczne pracy.

1. Proponowana klasyfikacja skojarzonego działania DIM promuje przyczynia się do empirycznej akumulacji wiedzy do poziomu syntezy teoretycznej i prognozy dotyczące rozwoju nowych konstrukcji takich maszyn.

2. Teoretycznie uzasadnione parametry załadunku surowców do procesu roboczego DIM połączył przestrzeń działania, zapewniając jej penetrację bezpośrednio do strefy kruszenia, co pozwoliło na koordynację geometryczną i techniczną parametry techniczne urządzenia ładującego i DIM dla efektywnego niszczenia materiału.

3. Uzyskana zależność częstotliwości obrotów dysku od promienia obrotu podczas podawania materiału do strefy kruszenia po uderzeniu w boczne powierzchnie robocze organy pozwoliły na obliczenie trybów i wymiarów geometrycznych dysku w celu zmniejszenia obniżenie kosztów energii potrzebnej do transportu surowców wzdłuż jego powierzchni od środka dysku do destrukcyjnej interakcji z częściami roboczymi.

4. Uzyskana zależność prędkości kątowej obrotu elementu roboczego od jego wielkości zapewnia dogodne warunki rozładunku z luki szczelinowej

nieskrępowane cząstki pozwolił y na teoretyczne uzasadnienie rozwiązań technologicznych naciski mające na celu zapewnienie warunków zwiększonej wydajności.

5. Opracowano metodę określania produktywności w zależności od przepustowości szczeliny, promień tarczy od położenia promieniowego umiejscowienie na nim kawałka materiału i parametry geometryczne rozdrabnianego materiału i dysk pozwolił y nam na przeprowadzenie wstępnych obliczeń zaproponowanej teorii wydajność maszyny z uwzględnieniem głównych parametrów procesu zniszczenia materiału.

6. Proponowana metoda wyznaczania parametrów mocy pojedynczego gniazda Połączone działanie DIM pozwoliło na wyznaczenie całkowitego momentu oporu opór na wale elementu roboczego podczas procesu kruszenia i mielenia materiałów i określić wymaganą moc silnika elektrycznego.

7. Zastosowanie nowych opracowanych projektów łączonych DIM działanie pozwala na zwiększenie stopnia rozdrobnienia surowców hutniczych i przesuwa się o 1,1...1,6 razy i zmniejsza intensywność energetyczną procesu dyspersji o 1,9...6,3 razy.

8. Praktyczne wykorzystanie nowo opracowanych projektów DIM połączone działanie pozwala na częściowe przygotowanie bitwy cegły ogniotrwał e do zaspokojenia potrzeb technologicznych w metalurgii w produkcji przemysł owej. Współczynnik mielenia może osiągnąć 40. Zużycie energii przez maszynę proces dla głównych trybów pracy 3–10 kWh/t.

9. Efekt ekonomiczny wynikający z zastosowania proponowanych projektów DIM Połączony wpływ na materiał powoduje zmniejszenie parkowania urządzenia do bicia i kruszenia poprzez połączenie ich w jednej maszynie jednoczesne procesy kruszenia i mielenia, co pozwala na redukcję materiału wydatki na zakup dodatkowych maszyn, nakłady inwestycyjne i konserwację nie. łączny efekt ekonomiczny wdrożenia wyniósł 21,650 mln rubli. (1,57 mln RUB w cenach z końca 2020 r. i 20,08 mln RUB w cenach z końca 2022 r.).

Metodologia i metody badawcze: osiągnięcie celów i zadań rozprawy

Prace certyfikacyjne obejmował y zestaw badań teoretycznych wykorzystujących analiza (przy badaniu stanu problemu kruszenia i mielenia mas materiał y), uogólnianie i rozwijanie osiągnięć naukowych i technicznych w dziedzinie uł amków mielenia i kruszenia materiał ów przy wykorzystaniu indywidualnych zasad teoretycznych mechanika (przy przeprowadzaniu analizy energetycznej i kinematycznej pracy boty DIM) i analiza matematyczna (w konstruowaniu modeli matematycznych) dyspersji materiał ów) i rachunku róż niczkowego (w ocenie pro- wykonania szczeliny), metod analizy geometrycznej (przy określaniu (opracowanie racjonalnego kształ tu wnęki krusząco-mielącej elementu roboczego); metody syntezy i inż ynierii kreatywności (w rozwoju zasadniczo nowych metody i urządzenia do skojarzonego oddział ywania na materiał); metody projektu projektowanie i budowa (w zakresie rozwoju i tworzenia nowych projektów CIEMNY). Do metod eksperymentalnych sł uż ących do badania procesu szlifowania zalicza się: modelowanie fizyczne i wykorzystanie teorii przewodzenia wieloczynnikowego planowanie i przeprowadzanie eksperymentów jednoczynnikowych. Podczas przetwarzania ponownie Wyniki eksperymentów laboratoryjnych i przemysł owych analizowano przy uż yciu metod i matematyczno-statystyczne przetwarzanie danych przy uż yciu kryteriów Student, Cochran i Fisher.

Postanowienia przedstawione do obrony:

- maszyny do rozprowadzania materiał ów, w których organ wykonawczy Ganom to obracający się dysk z wewnętrznymi wypustkami, w których proces niszczenia odbywa się poprzez poł ączenie ścinania i ścierania, co jest konieczne Dimo należ y do klasy dysków DIM;
- aby zapewnić centralne oddział ywanie i dostarczać surowce do strefy kontaktu z obrabianym materiał em róż nica w odległ ości poziomej między krawędzią górnego występu dysku oś pionowa i punkt przecięcia z trajektorią przedmiotu oraz odległ ość poziomo pomiędzy pionową osią DIM a punktem rozdzielenia materiał u z podajnika powinna być mniejsza niż poł owa rozmiaru oryginalnego kawał ka;

— częstotliwość obrotów elementu roboczego działania łączonego DIM przy którym praca sił tarcia jest minimalna, jest zależnością potęgową z wykładnikiem 0,5 od wysokości upadku materiału i jest odwrotnie proporcjonalny promień i współczynnik tarcia rozdrobnionego materiału na materiale tarczy;

- centralne uderzenie w kawałek materiału w działaniu łączonym DIM o występach elementu roboczego można uzyskać zapewniając współczynnik warunkupenetracja materiału w obszar roboczy wypukłości dysku $K\alpha < 0$, co umożliwia zmniejszyć energię destrukcji;

— metoda wyznaczania momentów oporu na wale elementu roboczego DIM działania łączonego w oparciu o model matematyczny oddziaływania sił interakcja dysków z materiałem kruszonym, pozwalająca na określenie całkowitej moment obrotowy uwzględniający wpływ obciążenia uderzeniowego ruchu pionowego przepływu zucia materiału u źródła owego, opór skręcania materiału w w środku komory mielącej opór przy mieleniu w układzie krusząco-mielącym wnętrza, opór tarcia w szczelinie i opór na skrobaki ładunkowe.

Zgodność z paszportem specjalnościowym - kierunek studiów odpowiada odpowiada punktom 1, 3, 5 paszportu specjalności 05.02.13 – Maszyny, urządzenia i procesy (według branż).

Stopień wiarygodności i testowania wyników badań naukowych oraz wnioski opierają się na wykorzystaniu znanych metod matematycznych analiza, mechanika teoretyczna, wytrzymałość materiałów i części maszyn; poprawność założenia w modelowaniu matematycznym; potwierdzenie istotne stanowiska teoretyczne oparte na danych badań eksperymentalnych na temat modele fizyczne (w tym będące wynikiem badań wieloczynnikowych) i próbki eksperymentalne (badania naturalne) DIM o działaniu łączonym na materiale; wykorzystując sprawdzony sprzęt pomiarowy; stabilny-powtórzenie uzyskanych wyników. Wartości liczbowe odchyleń obliczeń-

Korelacja pomiędzy danymi statystycznymi i eksperymentalnymi nie przekracza 15,8%. Podczas konstruowania eksperymentu, zależności graficzne mentalne niezawodność aproksymacji wynosi

od 14% do 0,1%. Wartość tabelaryczna kryterium Cochra $G_t = 0,3$, wartości obliczone $G_{y1} = 0,2$; $G_{y9} = 0,29$; wartość tabelaryczna kryterium Studenta $t = 4,303$, obliczenie-
 NIE_R nie przekracza 2,34; wartość tabelaryczna kryterium Fishera $F_T = 4,4$, obliczona
 wartości $F_{1p} = 2,737$, $F_{2p} = 0,997$.

Przedstawiono, omówiono i przyjęto główne wyniki rozprawy.

Chile otrzymał o pozytywną ocenę na Międzynarodowej Konferencji Korespondencyjnej Naukowej i Praktycznej
 badania „Matematyczne i eksperymentalne modelowanie procesów fizycznych”
 cesses” (2016 – Birobidżan); Międzynarodowa konferencja naukowo-praktyczna
 „Priorytetowe obszary rozwoju nauki, inżynierii i technologii” (2016 —
 Kemerowo); na I, III, IV, V, VI międzynarodowych konferencjach naukowo-technicznych
 DonSTU „Sposoby udoskonalania procesów technologicznych i urządzeń
 produkcja przemysłowa” (2016, 2018–2021 — Alczewsk); Międzynarodowe
 konferencja naukowo-techniczna poświęcona 50-leciu Katedry „Maszyny Mechaniczne”
 „kompleks talurgiczny” (2016 - Alczewsk); III, VI, VII Międzynarodowe
 konferencje naukowo-praktyczne „Innowacyjne technologie projektowe”
 „produkcja, wytwarzanie i eksploatacja maszyn i urządzeń przemysłowych” (2017, 2020,
 2021 — Donieck); Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna poświęcona Internetowi
 „Bieżące zagadnienia mechaniki płynów” poświęcone 60. rocznicy powstania
 Wydziału Hydrogazydynamiki Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej Ługańskiego Uniwersytetu Narodowego im.
 V. Dalia (2017 - Ługańsk); Międzynarodowa Konferencja Badawcza
 „Badania podstawowe i stosowane: problemy i wyniki”
 (2017 — Trechgorńy); IV interdyscyplinarne forum naukowe z Międzynarodowym
 udziałem w konferencji „Nowe materiały i zaawansowane technologie” (2018 — Moskwa);
 Międzynarodowa konferencja naukowo-praktyczna „Aktualne problemy me-
 „Talurgia żeliwa i stali” (2020 – Alczewsk); XII Międzynarodowy Kongres Młodych
 konferencja naukowa „Planeta jest naszym domem” (2020 – Alczewsk); jubileuszowy Między-
 Międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna „65 lat DonGTI. Nauka i praktyka.
 Aktualne problemy i innowacje” (2022 - Alczewsk); IV Międzynarodowa Konferencja Naukowa
 konferencja praktyczna „Perspektywy rozwoju mechanizacji, elektryfikacji”
 i automatyzacji produkcji rolnej” (2022 - Czeboksary).

Wyniki badań wdrażane są w ramach łązonego działania DIM
działań stosowanych przy przetwarzaniu odpadów ogniotrwałych w Oddziale nr 1 Górnictwa Południowego
kompleks metalurgiczny „Alczewskie Zakłady Metalurgiczne”, polecamy
Dane dotyczące powstania i produkcji kruszarki zostały przekazane do wykorzystania przez spółkę LLC
"Zakład Śrutu Stalowego Sp. z o.o." (Alczewsk). Całkowity roczny dochód ekonomiczny
Efekt wynosi 21 650 tysięcy rubli. (Załącznik A).

Poszczególne postanowienia rozprawy wykorzystywane są w procesie dydaktycznym na
Phedrah „Maszyny kompleksu metalurgicznego” i „Hydromechanika stosowana”
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Metalurgii Produkcji, a także
Katedra Ekologii i Bezpieczeństwa Życia Wydziału Górniczego

Federalna Państwowa Instytucja Budżetowa Szkolnictwa Wyższego LPR „DonSTU”.

Publikacje. Na podstawie materiałów rozprawy opublikowano 70 prac naukowych
i 1 podręcznik ze stemplem Ministerstwa Edukacji Narodowej i Nauki LPR, w tym 5 jedn.
nographs, 22 artykuły w recenzowanych czasopismach naukowych rekomendowanych przez Higher Attestation Commission
pod Ministerstwem Edukacji Narodowej i Nauki LPR na publikację głównych wyników rozpraw, 21 sprawozdań na temat
konferencje naukowe, 20 patentów i certyfikatów praw autorskich.

Struktura rozprawy. Rozprawa składa się ze wstępu, siedmiu
rozdziałów, wnioski, ustalenia, sześć załączników i spis literatury
zatoczka. Praca została przedstawiona na 395 stronach maszynopisu, z czego
311 stron tekstu głównego i 87 stron dodatków, zawiera 112 rycin
(z czego 19 stron zajmują wyłącznie rysunki) i 18 tabel (z czego 1 strona jest
(tylko do trzymania stołów). Bibliografia zawiera 239 źródeł wskazanych
na 29 stronach.

1 STAN PROBLEMU NAUKOWEGO I TECHNICZNEGO ROZDRABNIANIA I SZLIFOWANIE MATERIAŁÓW

W dzisiejszych czasach szczególną rolę w kruszeniu materiałów odgrywają coraz częściej wielkość gotowego produktu, zwłaszcza jego drobno rozproszonych składników. Na W tym przypadku następuje wzrost kosztów energii przy pozyskiwaniu małych frakcji, ponieważ tworzenie nowych powierzchni wymaga długotrwałego narażenia na obróbkę przetwarzane surowce i czas potrzebny na ich przetworzenie. Zwykle używane w tym celu Maszyny te mają stosunkowo niską wydajność w porównaniu z innymi. inne rodzaje DIM.

W całkowitych kosztach energii dla procesów dyspersyjnych na świecie, spośród 10% wszystkich pozostała energia elektrycznej [1] przeznaczana jest na przetwarzanie surowców mineralnych [5], podczas gdy W tym przypadku współczynnik efektywności rzadko przekracza 10%, a w skali roku Proces kruszenia i mielenia zużywa około 70 miliardów kWh energii elektrycznej.

chl opaku.

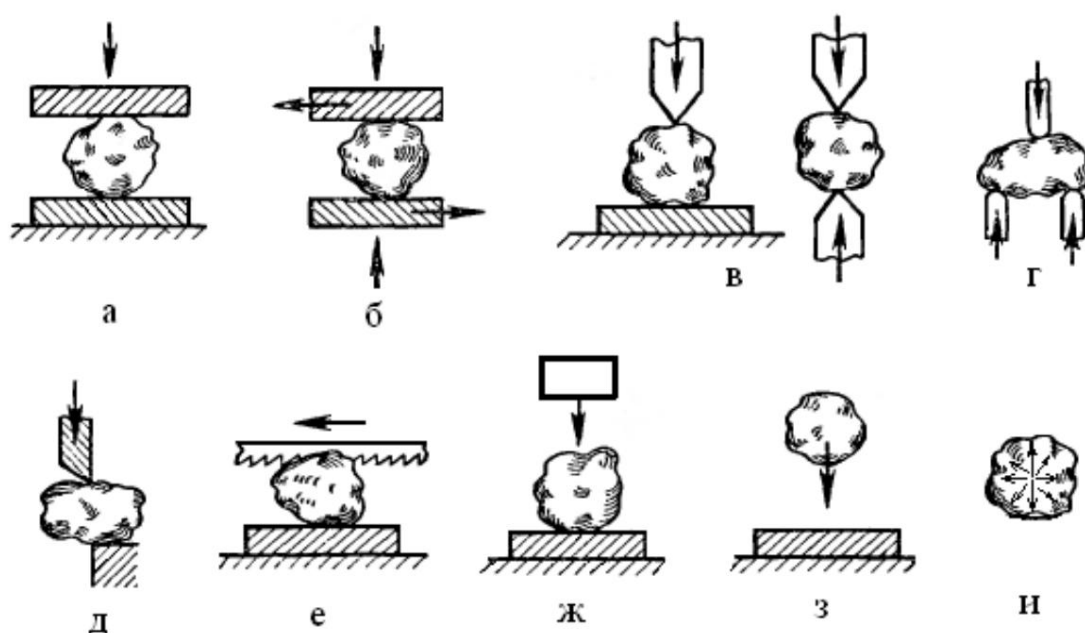
Jednymi z pierwszych maszyn służących do drobnego mielenia były szlifierki tarczowe. kamienie młyńskie, w których kamienie młyńskie były pierwotnie używane jako elementy robocze pierwotnie wykonane z kamienia, obecnie z metalu materiał [5].

Ponad 2,5% produkcji przeznaczane jest na produkcję części roboczych wszystkich metali, a nakłady inwestycyjne na procesy kruszenia i mielenia sięgają stanowią 40% kosztów sprzętu [6]. Dlatego też złożone, kompleksowe poprawa procesów dyspersji materiałów w różnych gałęziach przemysłu w sektorze przemysłowym, a w szczególności w metalurgii, jest szczególnie istotne i wymaga rozwoju i tworzenia maszyn i metod zapewniających zwiększoną wydajność wydajność, którą można osiągnąć na przykład poprzez zastosowanie kombinacji uderzenia w łazienki, przy przewadze metod niszczenia zużywających mniej energii.

1.1 Zasady niszczenia materiałów, prawa kruszenia i mielenia

1.1.1 Analiza istniejących metod rozpraszania materiałów

Wysokie koszty energii w procesach dyspersji materiałów wynikają z faktu, że w DIM w przeważającej mierze stosowana jest jedna z metod rozwoju zniszczenia różnorodności wszystkich istniejących odmian (rys. 1.1) [7].



a - miażdżący; b - ścieranie; c - rozszczepienie; g — złamanie; d — cięcie;
e — cięcie; f - wymuszony cios; z — rzut wolny; i - przerwa

Rysunek 1.1 – Podstawowe metody niszczenia materiałów

Oczywiste jest, że wśród ogromnej różnorodności sprzęt metalurgiczny jest obecnie znaczącą preferencją dotyczy maszyn i mechanizmów importowanych przy kruszeniu i mieleniu Sprzęt, co do zasady, nadal jest produkowany w kraju. Tak więc poziom projektowanie, produkcja i rozwój sprzętu gospodarstwa domowego w tej dziedzinie

kruszenie materiałów jest na tyle wysokie, że spełnia wymagania techniczne wskaźniki ekonomiczne podobnego sprzętu zagranicznych odpowiedników.

Wszystkie metody przedstawione na rysunku 1.1 można stosować oddzielnie, łącznie lub ich kombinacja. Zasadniczo każda DIM jest nadal na etapie projektowania projekt jest określony, jedną z preferowanych metod niszczenia. W niektórych przypadkach, zwłaszcza przy tworzeniu urządzeń kruszących w celu uzyskania pożądanego efektu stosuje się kombinację kilku (dwóch lub trzech) różnych metod zwiększając efektywność pracy i gwarantując wymaganą wielkość produktu. Z reguły niszczenie materiałów odbywa się zawsze poprzez najbardziej osłabione sekcje spowodowane różnymi wadami wewnętrznymi ogólna konstrukcja, gdy przekroczona zostanie granica wytrzymałości sił normalnych i stycznych stres.

Spośród metod rozważanych na rysunku 1.1 najbardziej preferowana jest metoda rozciągania. Za kryterium obniżania kosztów energii uważa się pękanie materiałów od wewnątrz. Jednak ona jest również najtrudniejszy do wdrożenia w praktyce, ponieważ wymaga stworzenia wewnętrznej naprężenia, np. wynikające z istniejących pustych przestrzeni, które można wykorzystać do wytwarzania wysokiego ciśnienia. Tak więc jedną z opcji na taką różnicę jest obecność wewnętrznych porów w materiale, które są wypełnione. Powstają one na skutek nadmiernego ciśnienia czynnika roboczego (powietrza lub cieczy) w uszczelnieniu komora, po czym następuje szybkie jej odprężenie, co zapewnia coś w rodzaju eksplozji od wewnątrz.

Za jeden z ekonomicznych procesów dyspersji uważa się rozciąganie. ruch, po którym następuje zginanie, ścinanie i ściskanie.

Charakterystyka porównawcza różnych metod niszczenia materiałów w procentach podano w tabeli 1.1 [6].

W przemyśle metalurgicznym stosuje się metodę rozdrabniania materiałów od wewnątrz jest wciąż nieznana, podczas gdy powstanie sił pękających może być realistyczne. Stosuje się go w czystej postaci lub w połączeniu z frakcją mieloną w zębatych młynach jednowalcowych. Najbardziej użyteczne do przygotowywania aglomeratów frakcji handlowych nadających się do w celu zapewnienia eksploatacji wielkich pieców [8–11].

Tabela 1.1 — Porównanie zużycia energii przez metody niszczenia, %

Tworzywo	Kompresja	Zmiana	Pochylenie się	Sięgnięcie
Granity	100	9	8	$2 \div 4$
Piaskowce	100	$10 \div 12$	$6 \div 20$	$2 \div 5$
Wapienie	100	15	$8 \div 10$	$4 \div 10$

1.1.2 Prawa kruszenia i mielenia materiałów

W klasycznej formie teorii wytrzymałości odnoszą się do oporu materiałów ułomalych i dlatego ich korzenie sięgają etapu narodzin i kształtowania się nauki w przeszłości. Jednakże są one na ogół stosowane wyłącznie do materiałów, które mają mającą dość stabilną strukturę, która ma zastosowanie w różnych produktach, w tym głównie metal i inne, szeroko stosowane w nowoczesnej inżynierii mechanicznej budynków.

Z biegiem czasu, zwłaszcza gdy maszyna-konstrukcja i jej szczególna gałąź związana z projektowaniem urządzeń do kruszenia i w przypadku urządzeń kruszących konieczne było uzasadnienie teoretyczne niszczenia materiałów skalnych. Przyczynił się to do powstania kierunku zajmującego się zagadnieniami zużycia energii podczas ukierunkowanego rozproszenia badania materiałów. Dlatego prawa teoretyczne można warunkowo podzielić na dwie gatunki.

Z reguły energia zużywana na destrukcję jest kilkakrotnie większa, niż energia wydatkowana na proces rozdrabniania rozdrobnionego materiału. materiał [12], gdyż nie jest on racjonalnie tracony na odkształcenia sprężyste i plastyczne. formowanie się kawałków materiału i elementów maszyn z nimi stykających się, odmiany wewnętrzna struktura materiału, reakcje chemiczne, niejednoznaczna komunikacja przenoszenie energii kinetycznej na cząstki, tarcie międzyziarnowe, zużycie elementów

maszyny, drgania dźwiękowe, co ostatecznie prowadzi do uwolnienia ciepła. Niski współczynnik skuteczności DIM (0,1–0,6%) wskazuje na konieczność poszukiwania nowych, bardziej efektywnych sposobów rozpraszania materiałów.

Obecność porów i wad wewnętrznych w produkcie ma znaczący wpływ. Materiał rozdrobniony, skład wewnątrzgranulowy składników surowca, zawartość wilgoci i warstwowanie. Dlatego nawet skutki zniszczenia tego samego komponentu mogą powodować pewne wahania w badanych parametrach, zwłaszcza w odniesieniu do transferu przejście od zniszczenia pojedynczej cząstki do procesu masowego.

Ponadto przemysł metalurgiczny często wymaga frakcjonowania. Materiały o dobrze zdefiniowanych właściwościach anizotropowych, np. aglomeraty, ze względu na obecność w nich ściśle zorientowanych porów, przejrzyste kanały utworzone poprzez zasysanie powietrza przez spiekana partię.

Ze względu na przypadkowe rozmieszczenie różnych defektów, większy materiał Rzeczywisty materiał (z dużą ilością defektów) ma lepszą podatność na kruszenie niż małe cząstki. elementów z tego samego materiału, gdyż już wcześniej wystąpiły w nich wady jego wcześniejszego rozproszenia. Dlatego małe kawałki mają większą siłę właściwą.

Biorąc pod uwagę powyższe, różne istniejące dziś hipotezy dotyczące określania kosztów energii na zniszczenie mają swoje własne względne zalety i wady.

P. Rittinger [13, 14] zaproponował sformułowanie „...wzrost objętości-„Odsłonięta powierzchnia jest wprost proporcjonalna do siły niezbędnej do zmiękania”. Ta formuła była następnie poddawana wielokrotnym modyfikacjom i Obecnie przyjmuje się, że „energia destrukcji jest proporcjonalna do nowo-„powierzchnia podzielona”:

$$E_P = k_R \cdot S_K \cdot S_H \cdot k_P \cdot S, \quad (1.1)$$

gdzie k_P jest współczynnikiem proporcjonalności, MJ/m² ;

S_K — powierzchnia materiału przed jego zniszczeniem, m² ;

SH — powierzchnia materiał u po jego zniszczeniu, m² .

Hipoteza Rittingera sprawdza się jedynie w warunkach rozdrabniania materiał u. w przypadku fragmentacji nie ma zgodności między teorią a praktyką. Prawo Rittinger jest waż ny w przypadku takiego szlifowania, gdy energia jest zuż ywana gł ównie nom do utworzenia nowej powierzchni, czyli do duż ego stopnia szlifowania. On nie uwzględnia zmian w odporności materiał u na zgniatanie w miarę jej zmniejszania jego wielkości.

V.L. Kirpiczow badał intensywność energetyczną procesu destrukcji z punktu widzenia teorii energii, gdy absorpcja energii wł aściwej jest proporcjonalna kwadrat wytrzymał ości granicznej, stopień zgniecenia i odwrotnie proporcjonalny do sił y spręż ystość i gęstość kruszonego materiał u [12–15]:

$$m_k = \frac{\sigma_y^2 V}{2 E \epsilon_i}, \quad (1.2)$$

gdzie σ_y jest granicą spręż ystości, MPa;

V — objętość materiał u odkształ calnego, m³ ;

E jest modułem spręż ystości, MPa.

F. Kick wcześniej (1885) zaproponował podobną hipotezę, która wymusić „energię potrzebną do wytworzenia podobnych zmian konfiguracji” zmieniają się brył y geometrycznie podobne o tej samej strukturze technologicznej, jako cięż ary lub objętości tych ciał ” [12–13]. Dlatego dziś ta zależ ność Zjawisko to nazywa się Kirpiczew-Kika i gł osi, że „podobne deformacje praca odpowiada operacjom ciał geometrycznie podobnych i fizycznie identycznych, proporcjonalne do objętości ciał » :

$$EKK = kV V kV D^3, \quad (1.3)$$

gdzie V jest objętością kawał ka materiał u w formie sześcianu o boku D (m), m³ ;

kV — współ czynnik proporcjonalności, Nm/m³ .

Wadą hipotezy Kirpiczewa-Kika jest to, że jest ona potwierdzona tylko w określonych warunkach dużego kruszenia materiału oraz dla średnich i drobne kruszenie charakteryzuje się pewnymi błędami, podczas gdy dla nie są przestrzegane warunki regularności mielenia.

Zgodnie z prawem Kirpiczewa-Kika zużycie energii na kruszenie materiałów jest proporcjonalne do racjonalny w stosunku do swojej objętości lub masy. Oznacza to, że praca wykonana w zniszczenie kruszenie jednego dużego kawałka materiału przy małym stopniu rozdrobnienia, proporcjonalnie konieczna jest zmiana jego gęstości. Prawo obowiązuje przy kruszeniu dużych kawałków niski stopień kruszenia, gdy energia zużyta na formowanie kruchego materiału powierzchnię można pominąć.

Ze względu na brak uniwersalności proponowanych praw fragmentacji i mielenie materiałów w praktyce dyspersji materiałów zamiast nich stosuje się Uzyskane wyniki statystyczne są często przybliżone w formie prywatnych zależności matematycznych dla różnych materiałów, uwzględniających ich główne cechy i metody stosowania sił niszczących w zależności od mosty w zależności od rodzaju maszyn, w których są stosowane.

Dlatego poszukiwanie uniwersalnego wzorca zawsze było istotne. w stopniu umożliwiającym odpowiednią ocenę energii zniszczenia, jak w kruszenie i mielenie materiałów. Dlatego w 1951 roku hipoteza Bonda, która głosi, że „praca niszczenia materiału o rozmiarach liniowych D jest proporcjonalne do $D^{2,5}$, która w zasadzie uśrednia hipotezy Rittingera i Kicka oraz bierze pod uwagę oba procesy (odkształcenie objętości i powstawanie nowych powierzchni) stej).

Hipoteza Bonda, choć w porównaniu z poprzednią jest w pewnym stopniu kompletna, Jednakże opisuje ona jedynie wąskie obszary przybliżenia parametrycznego. symulacje, a nie wszystkie możliwe przypadki określenia wielkości dzieła zniszczenia.

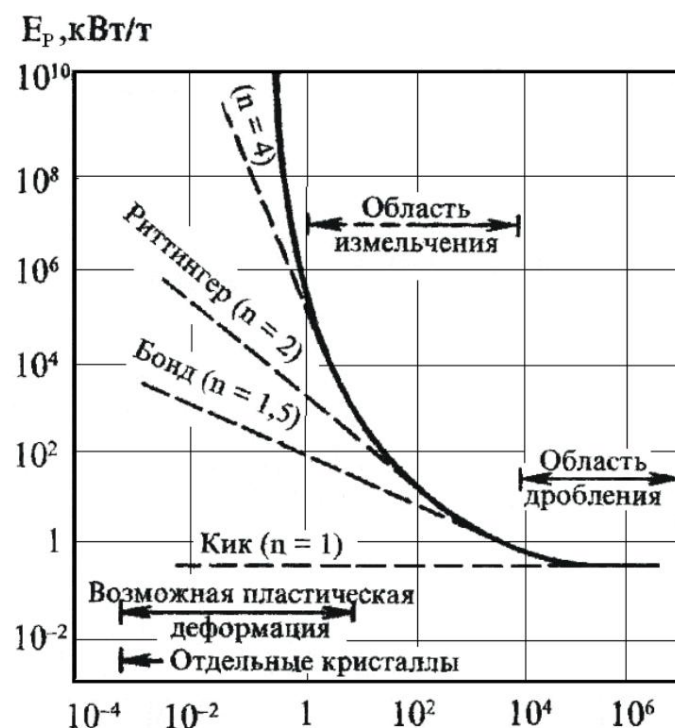
Zgodnie z prawem Bonda, aby obliczyć pracę wykonaną w kruszenie, należy musimy założyć, że jest ona proporcjonalna do średniej geometrycznej objętości i powierzchnia zniszczonego ziarna.

Brak całkowitej poprawności różnych hipotez wynika z faktu, że energia, wymagane do procesów dyspersji materiałów znacząco wpływają zależą od wielu różnych czynników, w tym kształtu i wielkość kawałków, ich względne położenie, wytrzymałość, twardość, jednorodność, wilgotność, stan i kształt części roboczych DIM, rodzaj zastosowania obciążenie i wiele więcej.

W tym zakresie nadal nie ma uniwersalnego mechanizmu, który pozwalałby na jednoznaczne zdefiniowanie w odniesieniu do dzieła zniszczenia zaproponowano jednak hipotezę uogólniającą, która bierze pod uwagę wszystkie wcześniej istniejące wzorce [5, 12–14].

$$E_{KK} = k_V V = k_V D^3, \quad (1.4)$$

Zależność jednostkowego zużycia energii od wielkości niszczonej cząstek. Podstawę stosowania różnych hipotez przedstawiono na rysunku 1.2 [5].



Rysunek 1.2 — Konkretnie zużycie energii w zależności od wielkości zniszczonych cząstek

P. Rebinder zaproponował ocenę pracy zniszczenia poprzez sumowanie.
wpływ odkształceń kruszonych kawałków i powstawanie nowych powierzchni
[12–17]:

$$E_{RB} = K \cdot V + K_0 \cdot F, \quad (1.5)$$

gdzie K i K_0 to współczynniki proporcjonalności odpowiadające konkretnym
pojemności energetycznej objętościowej MJ/m³ i pojemności energetycznej powierzchni właściwej MJ/m²;

ΔV — objętość poddana odkształceniu, m³;

ΔF — przyrost powierzchni nowo powstałej powierzchni, m².

Wyrażone poprzez charakterystyczny rozmiar elementu i uwzględniające tarcie zewnętrzne
Wzór Rebindera ma postać [12, 15, 18]:

$$E_{RB} = K \cdot D^3 + K_0 \cdot D^2 + K_F \cdot D, \quad (1.6)$$

gdzie K , K_0 i K_F to odpowiednie współczynniki proporcjonalności, biorąc pod uwagę
powodując powstanie nowej powierzchni, nadmierne odkształcenie i tarcie zewnętrzne, MJ/m²;

D — średnia wielkość przedmiotów podlegających zniszczeniu, m.

Ze względu na obecność kilku współczynników proporcjonalności i brak
Hipoteza Rebindera nie spotkała się z powszechną akceptacją ze względu na metodologię jej numerycznego określenia.
którego zastosowanie w praktycznych obliczeniach.

Zgodnie z prawem Rebindera praca wykonana w rozdrabnianie materiałów wynosi
uzyskuje się w wyniku pracy nad jego odkształceniem i utworzeniem kruchej powierzchni. Przez
Zgodnie z hipotezą Rebindera proces odkształcenia sprężystego ciała charakteryzuje się pojawieniem się
tworząc w nim nową powierzchnię (pęknięcie). Praca wykonana na edukację
nowa powierzchnia jest użyteczna, a odkształcenia sprężyste są stratami energii.

Zajmował się problemami kruszenia i mielenia w Instytucie Mekhanobr. A.K. Rudkvist uogólnił znane wcześniej hipotezy, zgodnie z którymi „elementarna praca kruszenia jednego kawałka materiału jest proporcjonalna do elementarnej „w pewnym stopniu zmieni jego rozmiar” [5]:

$$E_d K \frac{I^{n-1}}{D^{n-1}} Q, \quad (1.7)$$

gdzie K jest współczynnikiem proporcjonalności, MJ/m² ;

i — stopień zmielenia;

n jest wykładnikiem określonym eksperymentalnie;

Q — ilość materiału, m³ ;

D_{cp} — średnia wielkość materiału przed kruszeniem, m.

Wartość wzoru (1.13) jest taka, że poprzez ustawienie wykładnika n, równy 2; 1,5 i 1 odpowiednio, jako przypadki szczególne wzory Rit-Tinger, Bond i Kirpichev-Kik.

Główne trudności w teoretycznym obliczaniu pracy zniszczenia sprzężonego z innymi z obecnością różnych wad w rzeczywistych kawałkach materiału, co jest bardzo utrudnia uzyskanie wyników.

Kompleksowe teoretyczne badanie problemów niszczenia skał w W chwili obecnej wydaje się to praktycznie niemożliwe do zrealizowania. Prawa fragmentacji wyprowadzono je na podstawie uproszczonych schematów niszczenia ziarna [6]. Podczas kruszenia i mielenia w warunkach rzeczywistych obserwuje się złożone zależności probabilistyczne pomiędzy zużyciem energii a rozkładem wielkości cząstek rozdrobnionego produktu. Wzory tych praw nie mogą być bezpośrednio wykorzystywane do obliczeń wartości bezwzględnej pracy kruszenia (mielenia), ponieważ wartości nieznane współczynniki proporcjonalności.

Praktyczne zalecenia wynikające z teorii Rittingera, Kirpiczewa-Kika, Rehbindera, Bonda dają w obliczeniach wyniki o charakterze względnym. i mają zastosowanie wyłącznie do obliczeń bezwzględnych, jeżeli określono inaczej.

współ czynniki końcowe uzyskane eksperymentalnie. Każda z tych teorii ma zastosowanie w określonym zakresie rozmiarów materiałów i produktów kruszonych.

L.I. Baron, Yu.G. Konyashin, T.M. Veselov eksperymentalnie wykazał obecność odkształceń plastycznych powstających podczas ściskania materiałów kruchych [19]. Oznaczający-
ważna rola odkształceń plastycznych obciążonych ziaren podczas drobnego mielenia
G.S. zauważył, że Chodakow [20], N. Rumpf [21],

Wraz ze zmniejszaniem się wielkości ziarna właściwości plastyczne materiałów stają się
stają się coraz potężniejsze. W ten sposób przy kruszeniu cząstek kwarcu o wielkości 1–2 mm energia
przeznaczany jest głównie na odkształcenia plastyczne, powodujące powstawanie fazy amorficznej
skał. Zdaniem G.S. Chodakowa, cha-size
wielkość cząstek, które uległy znacznym odkształceniom plastycznym, nie przekracza 20 mikronów.
Większe cząstki (40–50 μm) wykazują również różny stopień amorfizacji podczas mielenia.

Oprócz kosztów energii na odkształcenia sprężyste i plastyczne ciał stałych i
tworzenie nowych powierzchni wiąże się z tarciem, formowaniem i niszczeniem
agregaty, których udział wzrasta wraz ze wzrostem dyspersji. Ostateczny
wielkość cząstek podatnych na agregację wynosi około 100 μm [5]. Ogólnie rzecz biorąc, straty
energii cieplnej są 10–100 razy większe niż zużycie energii na utworzenie swobodnej powierzchni
[21].

Ponieważ minimalne zużycie energii na mielenie uzyskuje się przy prędkości
rozprzestrzeniania się odkształceń sprężystych w tempie przekraczającym szybkość powstawania i
rozwoju pojedynczych pęknięć, co prowadzi do zniszczenia większych agregatów niż
wymagane jest wówczas przy dużych prędkościach przyłożenia dużych obciążeń siłowych, przy
każdym zniszczeniu zapewniony jest wysoki stopień rozdrobnienia elementu.

Kompleksowe teoretyczne badanie problemów niszczenia skał w
W chwili obecnej wydaje się to praktycznie niemożliwe do zrealizowania.

Istniejące teorie wytrzymałości (kryteria uszkodzenia) nie obejmują
wszystkie zjawiska kruchego pęknięcia i często są w zasadzie nie do zastosowania. Bardzo
Ogólna koncepcja kruchości Griffithsa pozostaje akceptowalna w sensie praktycznym.
ze zniszczeniem ciał podczas liniowo-sprężystego rozprzestrzeniania się pęknięć. Praktyczny
rekomendacje wynikające z teorii Rittingera, Kirpiczewa-Kika, Rebinder'a,

Obligacje dają w obliczeniach wyniki o charakterze względnym i są stosowane tylko do obliczeń bezwzględnych, jeśli znane są współczynniki specjalne uzyskane eksperymentalnie. Każda z tych teorii ma zastosowanie w określonym zakresie rozmiarów materiałów i produktów kruszonych.

Rola odkształceń plastycznych staje się znacząca w przypadku odkształceń kruchych. niszczenie cząstek mniejszych niż 50–20 mikronów. Straty energii cieplnej podczas szlifowania są 10–100 razy większe niż w przypadku formowania nowych powierzchni.

Prędkość rozprzestrzeniania się odkształceń sprężystych musi być większa od prędkości szybkość rozprzestrzeniania się pęknięć, co zapewnia bardziej efektywny stopień mielenie przy minimalnym zużyciu energii. Definicję tę można uznać za bardziej kompletną całkowite zużycie energii na rozproszenie [22].

Jednakże szczególności znajdowania energii są pogłębiane przez znaczną liczbę szeregu trudnych do uwzględnienia czynników, w których energia cieplna odgrywa ważną rolę transformacja energii niszczącej [22, 23], która w warunkach rzeczywistych jest określana Podział jest prawie niemożliwy. Dlatego sami autorzy dochodzą do wniosku, że „zewnętrzną przyczynę zniszczenia materiałów można wyrazić ilościowo poprzez siły działające na cząstkę i kontrolę wyników fragmentacji nowo utworzonej powierzchni, jest to przybliżona, uproszczona reprezentacja „rodzaje zniszczeń” [22, 24].

Tak więc, nawet pomimo licznych prac teoretycznych i eksperymentalnych, W obecnych badaniach rzeczywisty obraz określania energii różnych zniszczenia pozostają dość niewyraźne i bardzo bliskie. I w każdym przypadku W konkretnym przypadku wykorzystania konkretnego modułu DIM wyniki mogą się różnić.

1.2 Rodzaje DIM do frakcyjnego przygotowania surowców w

Tallurgia

Aktualny stan produkcji metali żelaznych i odpadów hutniczych W sektorze przemysłowym wymagane jest obowiązkowe przygotowanie przychodzących surowców. materiałów przed ich włączeniem do procesu metalurgicznego, jak również w trakcie dalsze przetwarzanie powstałych odpadów w celu uzyskania wartościowych surowców.

Osiąga się to dzięki temu, że zdecydowana większość przedsiębiorstw zajmujących się metalami z elaznymi ł uszczyciom zapewnia się wł asne warunki do frakcyjnego przygotowania otrzymanych materiał y, np. na bazie zakł adów aglomeracyjnych lub zakł adów wzbogacania fabryki.

W praktyce przygotowywania róż norodnych materiał ów istnieje ogromna róż norodność róż norodność DIM-ów, których konkretny wybór zależ y od wielu czynników, przede wszystkim od wielkości produktu oryginalnego i gotowego, ich jakości i produkcji zdolność prowadzenia pojazdów [7, 12, 13, 17, 21, 23–25]. Niezbędne do zniszczenia górnictwa materiał ów, w DIM podejmowane są dział ania, których projektowanie zapewnia wdroż enie określonej metody kruszenia.

W procesie ciągł ym, ze względu na nieuporządkowanie rozkł adu wielkości, sztuk surowca w przestrzeni roboczej maszyny, róż nego metody kruszenia, ale gł ówną rolę odgrywa zawsze metoda wykonania do którego ta maszyna został a zaprojektowana. Metodę kruszenia wybiera się w zależ ności od: w zależ ności od wł aściwości fizycznych i mechanicznych rozdrobnionego materiał u, od wielkości części bież ące i skł ad frakcyjny produktu gotowego.

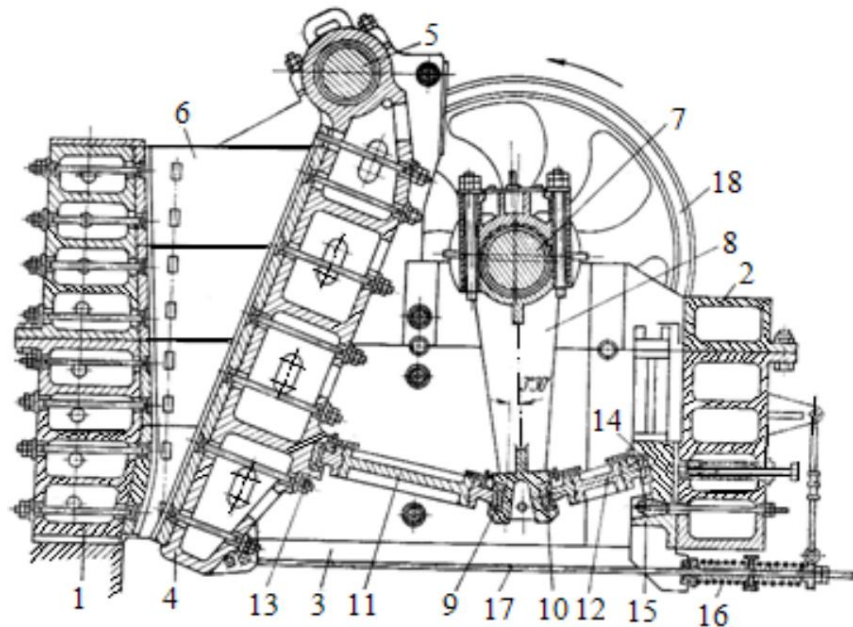
W przypadku zniszczenia materiał ów górniczych wiązania między cząsteczkami ulegają zerwaniu strukturę krystaliczną bez zmiany stanu skupienia substancji.

Ponieważ celem operacji kruszenia i mielenia jest otwarcie ziaren przy ograniczonym przemiele pož ądane jest skupienie i rozmnoż enie wady w strukturze elementu w warstwach międzykrystalicznych, tak aby podczas późniejszego uderzenia mechaniczne powodują zniszczenia gł ównie wzdł uż tych warstw na powierzchni ziaren.

1.2.1 Kruszarki szczękowe

Kleszcze mają cał kiem doskonał e wskaźniki technologiczne. kruszarki wibracyjne (rys. 1.3). Konstrukcja kruszarki zazwyczaj obejmuje: samozgniatające się policzki związane z synchronizacją niezrównoważ onego wibrato-

ramy, płyty pancerne [8, 9, 12, 13, 17, 18, 21]. Każde z policzków zostaje wprowadzone w wibracje. ruch ciała z jednoczesnym oddalaniem się od siebie i zbieżnością wynikającą z samosynchronizacją. Pozytywną stroną jest wysoki stopień fragmentacji. przy wysokiej produktywności. Ale obecność wibracji ma negatywny wpływ jest stosowany do działania mechanizmu. Te kruszarki pozwalają na uzyskanie suchego i materiały mokre o wielkości cząstek do 0,5 mm.



1 - policzek stały; 2 — ściana tylna; 3 - ściana dolna; 4 - ruchomy policzek; 5 — oś; 6 - płyty okładzinowe; 7 — wał mimośrodowy; 8 — korbowód; 9, 10 — liniowce; 11, 12 — płytki dystansowe; 13, 14 — wkładki; 15 — gniazdo uporczywy; 16 — wiosna; 17 — pchnięcie; 18 - koło o napędowe

Rysunek 1.3 - Kruszarka szczękowa

Na przykład w przemyśle metalurgicznym średnio około 40% koszt i do 60% energii zużywanej na przetwarzanie rudy jest przeznaczane na procesów kruszenia przy użyciu kruszarek szczękowych [26].

Do poruszania policzkami stosuje się głównie ruchy mechaniczne. wał mimośrodowy o stałej prędkości kątowej obrotu, ale zasadniczo Istnieją również rozwiązania techniczne mające na celu wprowadzenie zmiennej prędkości

policzki przy prędkości roboczej i biegu jałowym [27–31]. Jednakże ze względu na cechy konstrukcyjne tworzenie warunków łączonych w takich maszynach jest zadaniem trudnym do wykonania.

Współczesny rozwój kruszarek szczękowych charakteryzuje się przede wszystkim, usprawniając napęd do pracy kruszarek, co zwiększy poprawić niezawodność i wydajność mechanizmów kruszących jako całości, w tym podstawa hydrauliczna [13, 15, 16].

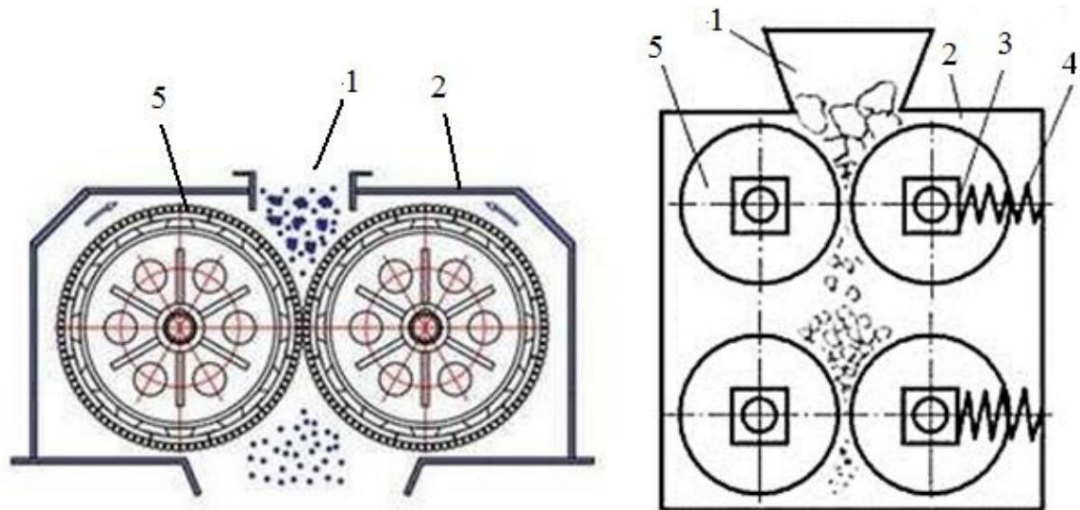
Zatem, zgodnie z przeprowadzoną analizą, kruszarka szczękowa ma jeden z dość wysokich kosztów energii, ponieważ jego zasada działania opiera się na o preferencyjnej organizacji sił miażdżących, które są energochłonne w porównaniu do innych metod niszczenia materiałów. Na chwilę obecną nie jest jeszcze jasne, w jaki sposób można to zorganizować. zorganizować skoordynowane działanie sił destrukcyjnych, a tym bardziej uniknąć o charakterze racjonalnym. Jednakże najprawdopodobniej jednym ze sposobów zwiększenia wydajności wydajność kruszarek szczękowych można zwiększyć poprzez wymianę napędu elektrycznego i połączenia mechanika związana z tym systemem hydraulicznym, który sprawdził się doskonale siebie, gdy wytwarzają znaczne siły ściskające.

1.2.2 Kruszarki walcowe

Energia kruszenia i ścierania wykorzystywana jest w kruszarkach walcowych. Kruszarka walcowa składa się z obudowy, która zazwyczaj zawiera dwa lub więcej rolki z napędem obrotowym (rys. 1.4). Materiał podawany jest na powierzchnię rolek, podlega zginiataniu. Pod wpływem sił tarcia elementy są przyciągane do siebie wałki i kruszone. Kruszarki mogą mieć wałki gładkie lub zębate. Struktury dzielą się na zrównoważone i niezrównoważone. Drugi, które są skuteczniejsze, ale bardziej skomplikowane.

Maksymalny rozmiar wsadu dla kruszarek dwuwalcowych zamek 32–180 mm przy wydajności gotowego produktu 2–100 mm. Wielkość jedzenia wynosi cztery-trójwalcowy 40 mm, produkt gotowy 2 mm. Stopień zginięcia gładkich wałków

kruszarek osiąga 20, a kruszarek walcowo-zębowych poniżej 10. Ich wydajność oscylacyjna od 50–100 kg/h do setek ton/h. Kruszarki służą do mielenia suchych materiałów i materiałów mokrych.



1 — szypka załadowcza; 2 — ciałko; 3 — przewódnik; 4 — wiosna;
5 — wałek

Rysunek 1.4 — Schematyczny rysunek kruszarki dwuwalcowej (a) i czterowalcowej (b)

Ważnym warunkiem pracy tego typu kruszarek jest równomierność w czasie i na całej szerokości rolek materiał jest podawany z prędkością zbliżającą się do prędkości obwodowej rolek. Jeśli warunki te nie zostaną spełnione, produkcja gwałtownie spadnie. kierowca, rozmiar dozowanego materiału wzrasta, intensywność zużycia części roboczych, ponieważ przy nierównomiernym podawaniu materiału przeciążenie zostaje zastąpione pracą na biegu jałowym, co powoduje bicie rolek i części, pogorszenie. Zwiększa się efektywność technologiczna rozdrabniania materiałów.

Wady kruszarek walcowych, które uniemożliwiają ich powszechne stosowanie do drobnego mielenia kruchych materiałów można stosować:

[31, 32]:

1) materiał o średniej i dużej twardości rozdrabnia się w formie pierwotnej etap, w którym uwalniana jest stosunkowo duża część produktu;

2) drobno zmielone frakcje żużla na uzyskać jedynie na głazowych walcach.

W rzeczywistości, ale prędkość rolek jest ograniczona ze względu na poślizg oryginału i materiał, który powoduje zwiększone zużycie rolek i zwiększenie wielkości cząstek produktu gotowy. Dlatego też do uzyskania drobnych ziaren stosuje się takie młynki. Dostępność mielonej mieszanki jest bardzo ograniczona.

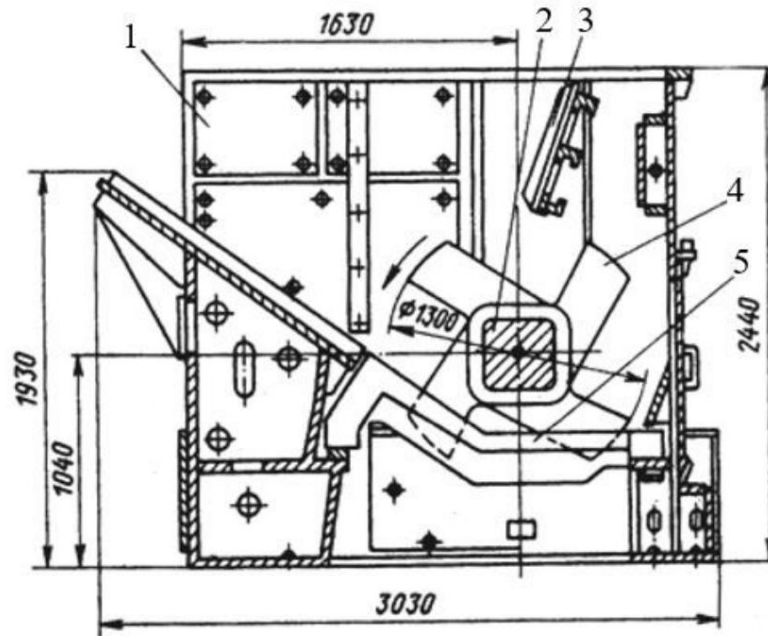
Ważną rolę w zapewnieniu wymaganego rozmiaru gotowego produktu odgrywa odgrywając rolę we wzmacnianiu powierzchni roboczych walców [33], aby zapewnić ich wymaganą trwałość i stworzenie warunków do niezawodnego ujęcia kawałków surowca w procesie roboczym przerwa [34]. W metalurgii maszyny tego typu służą głównie do uzyskiwania drobnego proszku koksowy (koks), stosowany jako paliwo w procesie wysokotemperaturowa aglomeracja wsadu rudy żelaza w zakładach aglomeracyjnych maszyny typu przenośnikowego. Połączenie w nich sił destrukcyjnych może być często. Może to nastąpić wskutek zginięcia i ścinania, pod warunkiem, że roleki się obracają. Produkowane są z różną częstotliwością i wyposażone są w elementy chwytające na powierzchni roboczej. powierzchnia.

1.2.3 Kruszkarki zębate jednowalcowe

Obecnie do kruszenia spiekanego aglomeratu w metalurgii, największą rolę w sektorze przemysłowym, zgodnie z priorytetem dystrybucji wyprodukowano kruszkarki zębate jednowalcowe (rys. 1.5).

Prostota konstrukcji i wysoka wydajność techniczno-ekonomiczna. Roboty wbudowane w kruszkarki zębate jednowalcowe otwierają znaczące możliwości perspektywy rozwoju ich projektów [9, 17, 18]. Początkowo do projektów kruszarki tego typu stosował się schemat kruszenia aglomeratu na wspólnym bieżącym bieżącej kratka, gdy gwiazdy wirnika miały skróconą długość i nie przechodziły przez nią przeszedł pomiędzy kratami kraty [32, 33]. Aby zwiększyć wydajność później zastosowano bardziej postępową metodę w celu zwiększenia efektywności pracy kruszenia, stosowane w nowoczesnych kruszarkach zębatych jednowalcowych

ze względu na zastosowanie wydłużonych zębatek [35, 36], które są stosowane w nowoczesnych zmieniających się warunkach.



- 1 — ciało; 2 — wał wirnika; 3 - płyta odporna na ścieranie;
4 — zębate koło wirnika; 5 - kratka

Rysunek 1.5 – Typowa konstrukcja kruszarki zębatej jednowalcowej

W tym przypadku kruszenie odbywa się poprzez cięcie, bez wstępnego przydatne jest nie wykorzystywanie znacznej energii kinetycznej ruchu aglomeratu względem pochylonej rynny na odległość większą niż 2 m, powodująca uderzenie na kołach zębatach wirnika, co skraca ich żywotność i negatywnie wpływa na niezawodność całej kruszarki jako całości. Ponadto następuje szybkie zużycie ścierne, powierzchnie robocze i boczne rusztów, zwłaszcza gdy jest to konieczne odstęp między nimi można zmniejszyć z 250–200 mm do 160–130 mm.

Zapewnienie różnicy poziomów rusztu w rozważanym projekcie kruszarki pozwalają na zorganizowanie rozbicia ciasta aglomeracyjnego zamiast cięcia, tym samym zmniejszając koszty energii potrzebnej do produkcji gotowego aglomeratu o około 30% [10, 36]. W tym przypadku poprawiono otwieranie się ziaren w przypadku ciast źle upieczonych. miejsc, co powoduje selektywny efekt, umożliwiając tym samym szybką reakcję się frakcje pyłu w celu powrotu, zmniejszając ich powstawanie w przyszłości

na licznych etapach obsługi i transportu [37]. To jest w pewnym stopniu znacznie zmniejsza stężenie pyłu podczas załadunku aglomeratu do wielkiego pieca, Nie rozwiązuje to jednak w pełni problemu zwiększenia efektywności wytopu gąsienic ze względu na polepszone warunki przepuszczalności gazu. Ponadto pewne ulepszenia do stabilizacji składu frakcyjnego gotowego produktu w pojedynczym walcu kruszarki zębate są ułatwione dzięki konstrukcji wirnika [38], w szczególności racjonalne ułożenie zębów względem jego obwodu w określonej kolejności sekwencji względem siebie [39]. Pewna kombinacja wysiłków kruszenie uzyskuje się poprzez połączenie sił pękania i ścinania, ale ich wpływ nie daje jeszcze wysokich rezultatów w zakresie efektywnego niszczenia materiałów, gdy perspektywy poprawy są poważnie ograniczone przez produkcję wymagania dotyczące niedopuszczalności jakichkolwiek komplikacji konstrukcji maszyny.

1.2.4 Kruszarki udarowe

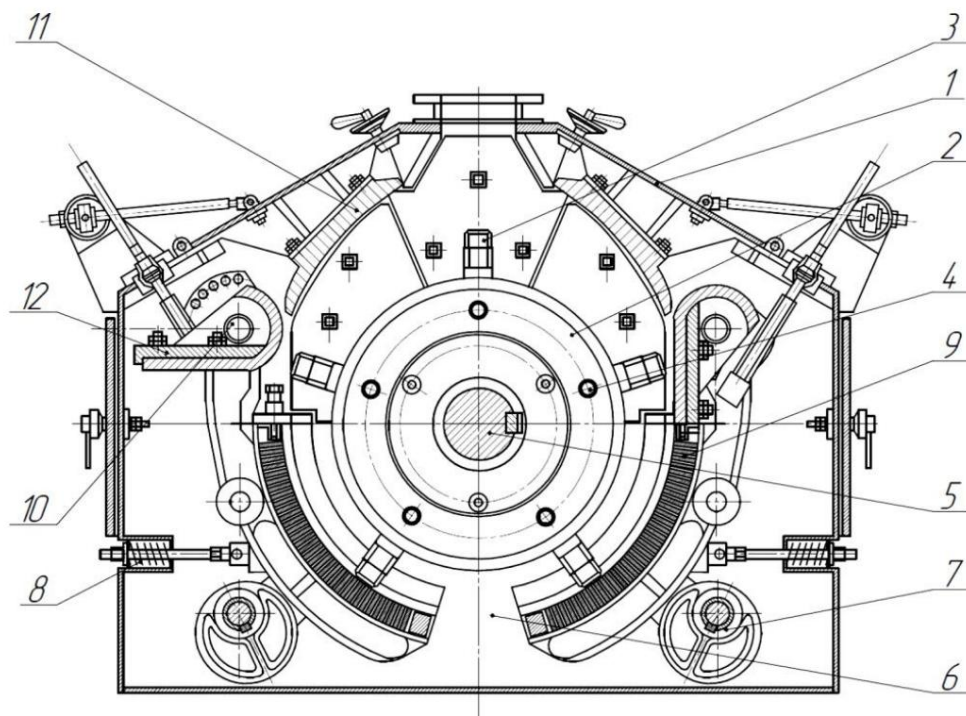
Urządzenia wykorzystujące energię stałą są powszechnie stosowane szybko obracające się ciąża. Maszyny tego typu występują w różnych wykonaniach. konstrukcje z kruszarkami młotkowymi i obrotowymi. Stosuje się je do obu celów kruszenia, a także do mielenia materiałów lepkich i kruchych, suchych i mokrych [40–42]. Wielkość gotowego produktu może sięgać kilkudziesięciu milimetrów.

Główną wadą kruszarek młotkowych i obrotowych jest wysoka duża zużycie części roboczych i nieefektywność aplikacji drobniejszych kruszenie materiałów.

Aby uzyskać wystarczająco małe frakcje o wysokiej wydajności, W ostatnim czasie zaczęto stosować kruszarki udarowe obrotowe [43–47], gdzie materiał ulega zniszczeniu w wyniku bezpośredniego uderzenia w płyty uderzeniowe, wylatujące z wirnika z wirującymi łopatkami. I chociaż badanie cech konstrukcyjnych i w eksploatację takich maszyn zaangażowana była znaczna liczba badaczy, w tym który M.A. Ostankovich, N.M. Anikin, N.B. Szałow, I.K. Barshtein, I. E. Belin-

niebo, V.A. Wołkowski, K.F. Rodattis, AA Kharlamov, A.G. Litwinow, V.A. Zjedli-
Seev, G.N. Oskalenko, N.I. Sokur, S.A. Nauczyciel, A.F. Kalinichenko, V.V. Produkty,
E.R. Bagyan, V.N. Altukhov i in. [19, 43–63], jednakże nie znalazły one dotychczas zastosowania w metalurgii
znalazły szerokie zastosowanie.

Obecnie w przemyśle metalurgicznym do produkcji żelaza
surowce, przy kruszeniu topników, w tym wapienia, w procesie aglomeracji
kruszątki młotkowe (rys. 1.6) są powszechnie stosowane w produkcji, niszcząc
materiał w wyniku nagromadzonej energii kinetycznej obracającego się wirnika
przenoszone na materiał poprzez uderzenie młotkami, swobodnie
zawieszane na wirniku za pomocą zawiasów [32, 64, 65].



1 — ciało; 2 — dysk; 3 — młotek; 4 — oś; 5 — wał; 6 — otwór wylotowy
styl; 7 — ekscentryczny; 8 — wiosna; 9 — kratka;
10 — zawias; 11 — płyta odbojowa; 12 — talerz obrotowy

Rysunek 1.6 — Widok ogólny kruszątki wapienia DMRiE

Wiadomo [66], że wielkość wapienia, który się wypalił, w
piecu cyklonowym (3–0 mm) i uzyskane w piecu pierścieniowym (3–12 mm) na wskaźnikach
spiekane aglomeratu. Badania potwierdziły również wpływ wielkości cząstek wapna.

[66, 67, 68], co pozwala na zwiększenie pionowej prędkości spiekania aglomeratu od 15 do 37%, z zawartością 40% drobnej rudy żelaza i wysoką dyspersją zawartość wprowadzonego wapna (90% klasy o uziarnieniu mniejszym niż 0,074 mm) w celu jego obniżenia retencja do 1% [67]. Badania w tym kierunku prowadził B.I. Współ - Stetsky, M.M. Chruszczow, M.A. Babichev, M.M. Tenenbaum, I.V. Kragelsky, I.R. Kleiss, H.H. Uuemyis, G.M. Sorokin, H. Yets, V.I. Rublow i inni.

Podczas podawania surowców do młyna młotkowego zużywana jest pewna ilość energii jest przeznaczany na odchylenie młotów od położenia promieniowego, w wyniku czego wydajność procesu kruszenia i współczynnik wydajności ulegają zmniejszeniu maszyny [69]. Dzieje się tak dlatego, że impuls powstający w wyniku uderzenia w materiał jest przenoszony młot, a energia skierowana na zniszczenie jest częściowo przeznaczana na przezwycięzenie siły bezwładności młotów i przezwycięzenie siły tarcia w zawiasach ich mocowania do wirnika [68, 69, 70]. W przypadku, gdy bijaki są zamontowane sztywno, jak w kruszarkach obrotowych, zjawisko to występuje nieobecny [71]. Dlatego też racjonalne jest rozważenie procesów, które mają na to wpływ w redystrybucja energii z punktu widzenia minimalizacji odchylenia od prędkości tacek w trakcie pracy.

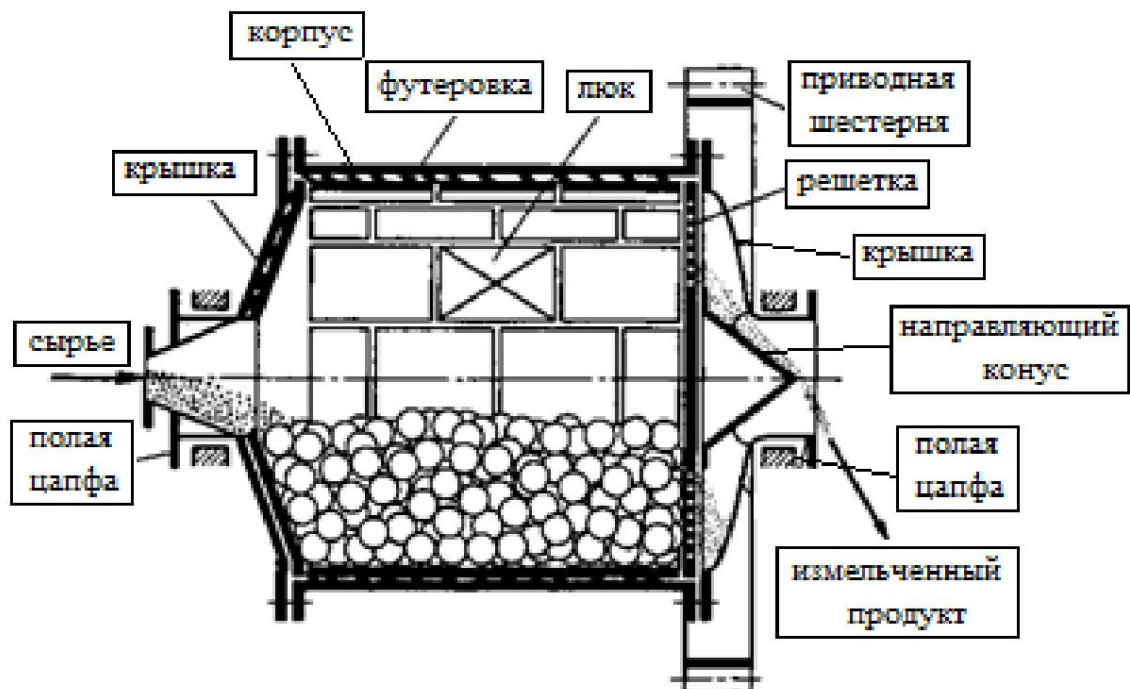
Ustalono, że szybkie uderzenie z prędkością większą niż 50 m/s zapewnia większą ponad 90% liczby cząstek o minimalnych rozmiarach przy całkowitym braku pozostałości na sicie nr 008 [72]. Zużycie energii w niszczarkach dynamicznych w porównaniu tradycyjnie stosowane młyny kulowe są kilkakrotnie mniejsze i dzięki bardziej jednolitemu składowi ziarna, właściwości technologiczne Lepkość uzyskanego produktu jest większa [73]. Synteza nowych jest obiecująca projekty łączące sztywne mocowanie bijaków i utratę sztywności w chwili kontaktu z ciałami nieelastycznymi.

1.2.5 Młyny bębnowe

Kruszenie rud i innych materiałów odbywa się głównie w młynach bębnowych (kulowe i prętowe), zamieniające energię niszczącą na pracę zwiększając energię potencjalną ładunku mielącego [74–76] (rys. 1.7). Jak

Można w nich stosować kule, pręty i cylpeby (w skrócie media mielące).
(cylindry).

Stosowanie takich młynów wiąże się z wysokimi kosztami kapitałowymi i eksploatacyjnymi. koszty krajowe. Młyny bębnowe charakteryzują się pewnymi właściwościami problemy z produktywnością, ponieważ prędkość ich obrotu (a zatem i szlifowania) ograniczone ze względu na wzrost sił odśrodkowych, które utrudniają ruch względny spalanie materiału w bębnie. Istnieją różne rodzaje młynów bębnowych. [76, 77] szlifowanie wymuszone (kulowe, prętowe), szlifowanie samoczynne i mielenie pół autogeniczne. Stosują szlifowanie na mokro i na sucho. Charakterystyczny charakteryzują się dużymi wymiarami średnicy i wysoką niezawodnością. Producent- Wydajność materiału źródła waha się od kilkudziesięciu do tysięcy ton na godzinę. Zainstalowano Moc silników napędowych sięga dziesiątek tysięcy kilowatów.



Rysunek 1.7 – Młyn kulowy

Wady: stosunkowo wysokie zużycie energii (kWh/t); niemożność pracować autonomicznie i zapewnić produkcję gotowego produktu bez dodatkowych systemy (stacje pompowe, dmuchawy, filtry, separatory, klasyfikatory)

itp.); duże zużycie okładzin i ściernic; nieskuteczność prób zwiększyć wydajność, zwiększając średnicę i prędkość obrotową. nia; wysokie koszty kapitałowe budowy fundamentów; złóżoność nie jest- nieciągła produkcja gotowego produktu; zanieczyszczenie gotowego produktu cząsteczkami zużyte kulki i silnie rozproszone cząsteczki produktu.

Duże wkłady w badania struktur i zjawisk zachodzących w młynach automaty perkusyjne zostały wprowadzone przez S.E. Andreev, W.W. Zverevich, V.A. Perow, M.F. Baraniebo, V.S. Bogdanow, W.Ja. Borszczew, N.P. Neronow, E.E. Sergo, G.S. Khodakov i inni.

Powszechnie stosowane młyny kulowe [12, 13, 21, 74–77] umożliwiają stosować powtarzające się obciążenia udarowe do materiału aż do osiągnięcia jego wielkości mola nie będzie równa wielkości pożądanego frakcji. Wydajność młyna zależy od wielu czynników: właściwości materiału, jego początkowego i końcowego rozmiar końcowy; współczynnik wypełnienia bębna kulkami; rozmiar młynski itp. [78]. Zazwyczaj ładowanie młynów bębnowych kulami odbywa się istnieje w 10, 20, 30, 40 i 50% [21, 65, 75]. Najczęściej obciążenie jest około 30% objętości bębna.

Jednak zwiększenie częstotliwości obrotów bębna jest możliwe tylko do pewnego stopnia. pewna wartość, zwana „prędkością krytyczną”, przy której piłka zaczyna się poruszać obracają się razem ze ścianą bębna [79–83]. Przy takim ruchu siła grawitacji piłka staje się równa sile odśrodkowej [42].

W każdym konkretnym przypadku dokładna ilość wymagana do normalnej pracy Częstotliwość obrotów bębna należy dobrać eksperymentalnie. Z wyjątkiem Ponadto, w zależności od kierunku ruchu piłki przed uderzeniem, rozróżnia się ruch prosty i ciosy skośne; w zależności od kierunku impulsu uderzeniowego – centralnego i uderzenia stycznego [84]. W przypadku uderzenia stycznego impuls uderzeniowy nie przechodzi przez przechodzi przez środek masy ciała mielącego, więc kula leci z obrotem, który w znacząco zmienia trajektorię lotu i kierunek odbicia [84, 85].

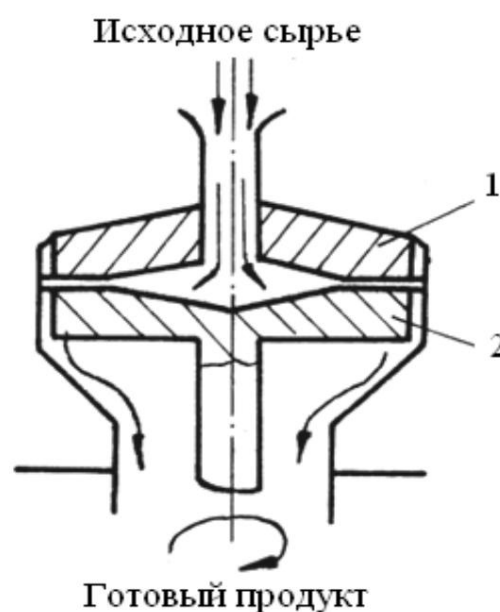
Do wad młynów kulowych zalicza się znaczne zużycie metalu. i zużycie ściernicy, a także głośnego hałasu. Większość energii przeznaczana jest na pracę młyn kulowy jest marnowany bezużytecznie, co prowadzi do niskiego współczynnika

przydatne działanie. Przydatną pracą związaną z mieleniem klinkieru cementowego jest stanowi jedynie 0,6% całkowitej energii wejściowej do młynka kulowego, ponieważ 97,3% przeznaczane jest na wytwarzanie ciepła [85].

Istotną wadą młynów bębnowych pozostaje niewielka możliwość organizacja warunków do przeprowadzenia strajku bezpośredniego. Przyczynia się to do zwiększonego zużycia. mielenie ładunku i stwarza warunki do odbicia ruchu cząstek miazgi, co prowadzi do strat w wydajności zarówno samego procesu dyspersji, jak i zużycie nadmiaru energii elektrycznej na ogrzewanie miazgi podczas mieszania [86]. Z należytą dążyc do zapewnienia warunków umożliwiających przeprowadzenie strajku bezpośredniego bez konieczności mieszania surowców i rykoszetów [87, 88].

1.2.6 Młyny tarczowe

Pomimo ogromnej różnorodności maszyn do kruszenia materiałów, W warunkach przemysłowych najczęściej stosowane są nadal szlifierki oparte na napędzie elektrycznym. Wynika to z prostoty i niezawodności ich konstrukcji oraz proces technologiczny. Czasami można znaleźć kruszarki tarczowe, schemat Urządzenie pokazano na rysunku 1.8.



Rysunek 1.8 – Schemat frezarki tarczowej

Zawiera dysk górny 1 (stały) i dysk dolny 2, zainstalowany z możliwością. Materiał przeznaczony do kruszenia podawany jest do komory roboczej strefa przez górny dysk 1 z otworem centralnym, znajduje się pomiędzy dyskami, gdzie zostaje wciągnięty w ruch obrotowy, co powoduje jego ścieranie. Osiągnąwszy wymagana grubość szlifowania (równa rozmiarowi szczeliny pierścieniowej odciążającej), Gotowy produkt usuwany jest z młyna pod wpływem sił odśrodkowych.

Główną wadą tej klasy maszyn jest niemożność praca pod gruzami, stosunkowo niska wydajność i wysokie zużycie energii wydatki wynikające z dużego zużycia energii na ścieranie.

Brakuje jeszcze maszyn tarczowych do obróbki różnych materiałów ów znalazły tak szerokie zastosowanie jak inne klasy DIM, jednakże analiza Uzyskane dane wykazały [89, 90], że mogą być one stosowane w procesach recykling odpadów odlewniczych, któremu poświęca się uwagę, zarówno zarówno z przedsiębiorstw metalurgicznych, jak i organizacji naukowych. W tym przypadku dużą wagę przywiązuje się do mielenia odpadowych materiałów ogniotrwałych. alow, gdyż powstają w przedsiębiorstwach w znacznych ilościach [91]. Badanie wpływu parametrów obciążenia materiału i efektu łączzonego Wpływ na materiał w przypadku młynów tarczowych nie jest praktycznie uwzględniany.

Plenty DIM służą głównie do uzyskiwania wyrobów gotowych. drobne frakcje powstałe w wyniku ścierania się materiału źródłowego między dwoma pracownikami organy, z których jeden lub oba mają zdolność obracania się wokół osi pionowej lub poziomej, gdzie surowiec poddawany jest intensywnemu ścieraniu. wzdłuż trajektorii spiralnej [91, 92].

Największy wkład w rozwój i badanie młynów tarczowych wnieśli: W.N. Gonczarow, A.I. Rublow, A.M. Kondratow, A.B. Litwinow, W.N. Łaptiew, A.W. Aleksandrow, B.P. Matwiejew, S.S. Legotski, A.I. Kondratow, W.A. Fiodorow i inni.

Ten typ maszyny był wcześniej szeroko stosowany w przemyśle spożywczym w przygotowywaniu mąki z różnych zbóż [93], a także w przemyśle celulozowo-papierniczym papier [94-99], głównie metodą mokrą w środowisku cieplym [100]. Jednakże w

obecných warunków, dzięki innowacyjnym rozwiązaniom technicznym, Dystrybucja tego typu urządzeń rozszerza się coraz bardziej na inne obszary produkcji. produkcja.

Regulacja składu granulometrycznego materiału u kruszonego powstaje na skutek zmiany wielkości szczeliny między dyskami (luzu szczelinowego). Szturchna Siła napędowa zależy od właściwości fizycznych kruszonego materiału, jego wymiary na wejściu i wymagany rozmiar na wyjściu (odległość między dyskami).

Do zalet frezarek tarczowych zalicza się: możliwość dokładnego ustawiania odległości między tarczami w celu uzyskania powtarzalnych wyników. produkty kruszone; krótki czas szlifowania i wysoka precyzja końcowa; efektywne szlifowanie i zwiększona odporność tarcz na zużycie; łatwy dostęp pojemności komory mielącej; łatwość użytkowania.

Tarcze robocze lub szlifierskie wykonane są ze sztucznych kamieni (w W tym przypadku maszyny tarczowe nazywane są zazwyczaj maszynami młynskimi) lub z odlewy stalowe (czasem żeliwne), jak również łączone, gdy są stosowane na metalu- Masa szmerglowa wzmacniana jest na dysku osobistym. Dyski są zazwyczaj wykonane z stal manganowa lub żeliwo, które charakteryzują się wysoką odpornością na zużycie. Praca- którego powierzchnie dysków mają trójkątne wypustki, co przyczynia się do lepszego miażdżąc, tworząc efekt wachlarza i zapewniają transport testowanie gotowego produktu.

Określono wydajność młyna tarczowego zgodnie z [101] pokazano na rysunku 1.9 w następujący sposób:

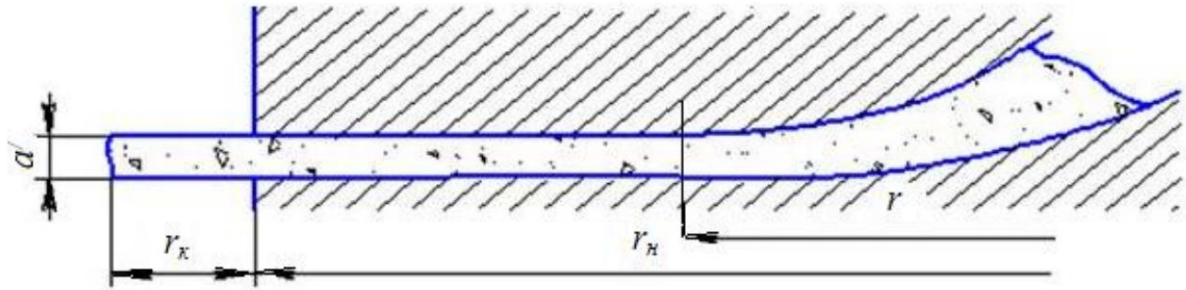
$$P_{\text{to jest}} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot v}{4} \cdot n \cdot r_N^2 \cdot t, \quad (1.8)$$

gdzie d — wielkość szczeliny wylotowej, która określa średni rozmiar ziarna produkt komercyjny;

r_K — promień tarczy szlifierskiej;

r_H — wielkość przekroju wyjściowego gotowego produktu na sekundę dłużej;

t – czas obróbki materiału.



Rysunek 1.9 — Schemat obliczeniowy służący do określania wydajności młyna:

Wzór ten nie uwzględnia ciężaru właściwego kruszonego materiału, dlatego też w związku z tym jest ona zorientowana na wydajność w metrach sześciennych na sekundę.

Prędkość liniowa na obwodzie dysku [101]:

$$V_{za} = 2 \pi n \frac{W t}{2} R, \quad (1.9)$$

gdzie n jest częstotliwością obrotu dysku;

V_{out} jest prędkością cząstek na wylocie młyna;

t — czas, jaki cząstka spędza na prostym odcinku (czas przetwarzania) tworzywo);

r to odległość od środka dysku do początku prostego odcinka.

Zgodnie z powszechnie przyjętą metodą obliczeniową [102] wydajność dysku

Młyny są zazwyczaj obliczane za pomocą wzoru:

$$P_{to\ jest} = 60 K_1^2 K_2^2 \rho \quad ch\ ch, \text{ kg/godz.}, \quad (1.10)$$

gdzie $K_1 = d_{\phi 0} / D$ jest stosunkiem średnicy centralnego otworu w dysku $d_{\phi 0}$ do średnicy zewnętrznej dysku $D_{\phi H}$ (zwykle $K_1 = 0,7$);

K_2 to współczynnik eksperymentalny pokazujący, jaka część szybkości jest prędkość produktu w kierunku promieniowym od prędkości obwodowej dysku w pewnej odległości $d_{\phi 0} / 2$ od osi obrotu ($K_2 = 0,01$);

φ_0 — współczynnik wypełnienia przestrzeni między krążkami iloczynem
($\varphi=0,7...0,8$);

ρ — gęstość rozdrobnionego produktu, kg/m^3 ;

n_d — częstotliwość obrotów wirującego dysku, min^{-1} ;

δ_d — przerwa między dyskami, m.

Autorzy tej metody za jej główną zaletę uważają prostotę.

określając prędkość ruchu cząstek i ich produktywność, ale brakuje

Wadą jest niska dokładność, wynikająca z niedokładności obliczeń.

Główną wadą maszyn dyskowych jest niska wydajność.

i zwiększone zużycie energii ze względu na małą grubość gotowego produktu

produktu, a co za tym idzie, niewielkiej przerwy między dyskami i licznymi

przemianami surowców z przewagą sił ściernych w procesie niszczenia

do wymaganego rozmiaru. Zadania polegające na określeniu stosunku parametrów głównych

maszyny dyskowej rozwiązano bez uwzględnienia łącznego wpływu na materiał,

w tym przypadku wpływ połączonych sił skrawania, które mają mniejsze

nie uwzględniono zużycia energii w porównaniu do kruszenia. Kierunek

Praktycznie nie ma badań nad stworzeniem skojarzonego oddziaływania na materiał przy

wykorzystaniu różnych metod niszczenia, w celu zminimalizowania kosztów energii i

zwiększenia wydajności.

Istnieją konstrukcje młynów tarczowych z wymuszonym podawaniem materiału.

materiał ze śrubą [103, 104]. Niekiedy w celu polepszenia warunków rozładunku gotowego

wyrobu dolną część korpusu wykonuje się z rurą odgałęzioną stycznie, a występy łopatek na

tarczy są pochylone [105]. Umożliwia to wydajniejsze przetwarzanie celulozy, ale przy

kruszeniu materiałów stałych, ze względu na szybkie zużycie, nie zapewnia szczególnych

korzyści.

1.3 Wyjaśniona klasyfikacja głównych typów DIM

Analizując uzyskane dane, w istniejących danych stwierdzono pewne nieścisłości

tradycyjnie stosowane klasyfikacje. W tym przypadku zastosowanie stożków

W metalurgii praktycznie nie są znane kruszarki [106]. Zaproponowano nowy

podejście do tego zagadnienia [107], uwzględniające cechy urządzenia i jego działanie, oraz metody oddziaływania na materiał.

Najczęściej stosowanym typem walcowni w przemyśle metalurgicznym jest wysokie, szczękowe, młotkowe i zębate obrotowe, które można rozróżnić do odrębnej klasy kruszarek [108], ponieważ mechanizm niszczenia materiałów w nich zawartych ma zupełnie inny charakter [109, 110]. Tak więc w kruszarkach walcowych (do klasy, które w klasycznej klasyfikacji urządzeń kruszących obejmują dławienie kruszarek wirnikowych zębatych [111]) następuje proces niszczenia materiału, gdy kawałek rozdrobnionego materiału zostaje rozdrobniony pomiędzy powierzchniami obracającego się rolki poruszające się w kierunku do siebie. W tym przypadku w maszynach rotacyjnych z elementami roboczymi młynki zębate (gwiazdkowe) kruszące materiał w procesie roboczym w przestrzeni kruszarki następuje dzięki realizacji warunków preferencyjnych niszczenie materiału poprzez cięcie (łamanie) lub rozbijanie kawałka rozdrobnionego materiału na stałych podporach stołu odbiorczego lub kratownicy.

Każda z prezentowanych klas maszyn kruszących realizuje kombinację metody mechanicznego niszczenia materiałów [112]: kruszenie młotkowe młoty (swobodne uderzenie młotów w kawałek materiału, uderzenie kawałka materiału w nieruchomą barierę, ścieranie i kruszenie materiału o kratę pędzel) [113–117];

— kruszarki walcowe (kruszenie materiału poprzez obracające się walce, ścieranie materiału o powierzchnię rolki);

- kruszarki wirnikowe zębate (kruszenie i łamanie materiału łopatkowego) łopatki wirnika na stole odbiorczym i kratownicy) [118–122];

- kruszarki szczękowe (kruszenie materiału pomiędzy ruchomymi i nieruchomymi) ruchomy policzek).

Na podstawie powyższego dokonano udoskonalonej klasyfikacji drożdżowego urządzenia kruszące wymienionych klas kruszarek.

Kruszarki młotkowe dzielą się na trzy typy:

— typu otwartego (materiał nie obraca się w komorze kruszenia, lecz kruszone tylko przez uderzenie, a kruszarka nie posiada rusztu kraty);

— typu zamkniętego (materiał krąży w komorze roboczej kruszarki, w korycie) Puse wyposażona jest w płyty pancerne i regulowany ruszt, co pozwala (pozwalające na uzyskanie produktów o wymaganym stopniu rozdrobnienia);

— typ kombinowany (materiał krąży w komorze roboczej, łącząc się) Konstrukcja i zasada działania są podobne do kruszarek zamkniętych, z tą różnicą, że materiał jest Materiał właściwy jest odprowadzany przez otwory kraty i przez otwór wylotowy otwór wyposażony w specjalne urządzenie - tłumik).

Zgodnie z projektem i parametrami techniczno-technologicznymi, ilością i rozmieszczeniem wirników, a także realizacja zmiany kierunku obrotów silnika kruszarki młotkowe typu zamkniętego i kombinowanego ze wspólnym bieżnikiem

Poniżej przedstawiono przykłady budowy kratki:

— jednowirnikowy, nieodwracalny;
— krok dwuwirnikowy (dwuetapowe kruszenie sekwencyjne) nie);
— jednowirnikowy, odwracalny;
— dwuwirnikowe jednostopniowe (z wirnikami ułożonymi w jednym rzędzie — kruszenie jednostopniowe).

Napędy kruszarek młotkowych mogą być: z przenoszeniem momentu obrotowego z silnika poprzez napęd pasowy lub bezpośrednio poprzez sprzęgło o moment.

Kruszarki młotkowe wyróżniają się konstrukcją głównych części roboczych.
— wirniki:

— liczbą rzędów wzdłużnych młotków na osi zawieszenia (liczba młotków z końca wirnika - trzy, cztery, pięć, sześć, osiem);
— poprzez układ młotków jednego rzędu względem drugiego (pierścieni, schodkowo, z zachodzącymi na siebie przerwaniami);
— ze względu na kształt dysków (okrągłe, wzorzyste, pogrubione z niszami).

Układ młotków na wirniku charakteryzuje się położeniem jednego rzędu młotków w stosunku do młotków innych rzędów. Z układem pierścieni montaż każdego rzędu są ustawione jedna za drugą względem obwodu ruchu i podczas obrotu. Struktury tworzą oddzielne strefy robocze w kształcie pierścienia. Układ pierścieni może być stosowany do wirników o różnych konstrukcjach jako najprostsze i do Dla niektórych kruszarek jest to jedyna możliwa opcja.

Jednakże podczas użytkowania kruszarki przy częściowym obciążeniu niektóre młoty w rzędach, co drugi jeden lub dwa są usuwane. Co więcej, wszyscy są filmowani w jednym rzędzie nawet młotki, a w następnym są dziwne. Taki układ młotków nazywa się są ukłócone w szachownicę.

W młynach młotkowych młoty klasyfikuje się według następujących cech: kam: według kształtu i liczby uderzających powierzchni roboczych, a także według metody zawieszenia na osi wirnika.

Młotki kratowe z obustronnym zużyciem na jednym końcu zapewniają możliwość ponownej instalacji w innej pozycji.

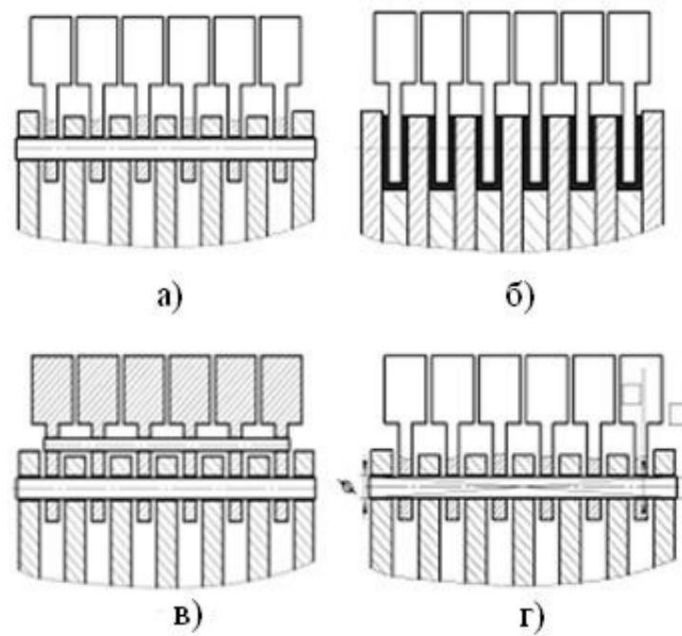
Młotki typu bandażowego mają pogrubienia na końcu roboczym (w celu zwiększenia masy, promienia bezwładności i energii kinetycznej uderzenia jednego młota).

Młotki zszywaczowe służą do kruszenia materiałów o dużej wytrzymałości. Młoty, są one bardziej wydajne, ale działanie kruszarek z bijakami. Konstrukcja w kształcie wspornika utrudnia wyważenie wirnika podczas pracy w przypadku nierównomiernego zużycia części roboczych.

Młotki z czterema powierzchniami roboczymi zapewniają dużą żywotność użytkową poprzez przeniesienie młotów do drugiego otworu.

Ze względu na sposób zawieszenia na osi wirnika młoty dzielą się na:

- z montażem zawiasowym na osi i wirniku (rys. 1.10a);
- z młotkami sztywno zamocowanymi na osi zawieszenia (typ obrotowy) (Rys. 1.10b);
- z łączoną metodą montażu młotków na osi zawieszenia i rozerwać (ryc. 1.10a, 1.10b) [123, 124].



Rysunek 1.10 – Mł otki z przegubem (a), stałym (b) i kombinowanym (c, d) metodą montażu młotków na osi zawieszenia

Ruszt młynów bijakowych przeznaczone są do końcowego rozdrabniania. tworzenie się składu ziarnowego produktu kruszenia przy maksymalnej rozmiar.

Klasyfikacja rusztów młynów młotkowych:

— zgodnie z projektem elementu przesiewającego — kraty prefabrykowane, szczeliny płyt, sito arkuszowe;

— ze względu na konstrukcję zapięcia do korpusu — regulowane i nieregulowane;

— ze względu na stopień zachodzenia na siebie otworów wylotowych — zamkniętych i otwartych

Ty.

Kruszarki walcowe można podzielić na różne typy według wielu kryteriów. riew.

Ze względu na liczbę ciał roboczych dzieli się je na jednowałowe, dwuwałowe, trzy-rolkowe i cztero-rolkowe.

Ze względu na rodzaj napędu kruszarki walcowe dzielimy na następujące kategorie: rii:

— z jednym wspólnym napędem: z paskiem klinowym i zębatym przeniesieniem momentu obrotowego moment na wale nienapędowym;

— z kilkoma zsynchronizowanymi silnikami (połączonymi jeden po drugim) dla każdej rolki) z przeniesieniem momentu obrotowego poprzez sprzęgła i poprzez wózek ten wał ;

— z silnikiem na jednym wale bez synchronizacji (obrót wału nienapędzanego)

Walcowanie odbywa się za pomocą sił tarcia powstających podczas kruszenia materiału.

Główne rodzaje kruszarek walcowych ze względu na możliwość ruchu walców:

— z rolkami sztywno zamocowanymi w ramie kruszarki;

— z jedną ruchomą rolką;

— z dwoma ruchomymi rolkami.

Ze względu na konstrukcję rolki dzielą się na bandażowe i lite.

W zależności od kształtu powierzchni roboczej w kruszarkach stosuje się następujące rolki: stosowane w przemyśle metalurgicznym dzielą się na następujące główne kategorie:

- rolki o powierzchni walcowatej (a) i beczkowatej (b)

bandaż ;

— faliste [125];

- drobno ząbkowane.

Kruszarki zębate obrotowe (jako odrębna klasa kruszarek) można podzielić na: odlewane zgodnie z następującymi cechami konstrukcyjnymi i technologicznymi.

Według liczby wirników zębatach:

— jednowirnikowy;

— dwuwirnikowy.

Poprzez rozmieszczenie zębów koła zębatego na wirniku (względem osi obrotu):

— układone w rzędzie (układ liniowy);

— układone w linii helisy (układ spiralny);

— z układem łopatek gwiazd na wirniku w kształcie jodełki [126].

Ze względu na liczbę stopni kruszenia (obecność rusztu):

— dwustopniowe z rusztem;

—jednostopniowy z rusztem;

— jednostopniowy bez rusztu.

Ze względu na kształt rusztu:

- płaski;

— z różnicą powierzchni styku materiału z prętami rusztu

(Rys. 1.11a);

- linia przerywana;

— wklęsły (rys. 1.11b).

Według sposobu mocowania kraty:

— dwupodporowe z kratą poziomą;

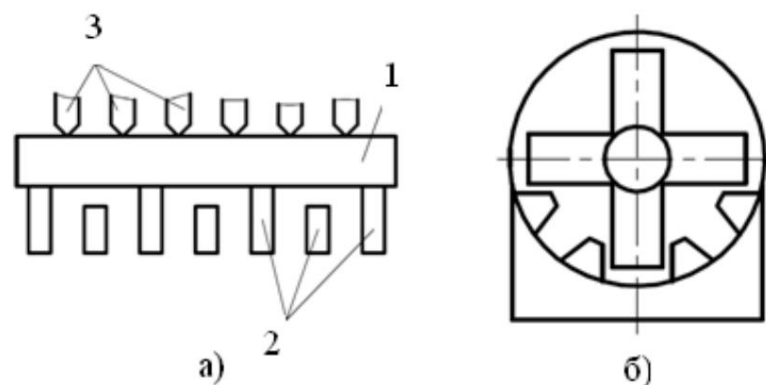
— dwupodporowe z rusztem skośnym;

- konsola.

Jeżeli to możliwe, zamontuj kratki ponownie:

- odwracalne (do ponownego użycia)

pistolet smarowy należy ustawić nieuzupełnianą powierzchnią w kierunku zębów wirnika);



1 — zbiór rozdrobnionego materiału; 2 — kratka; 3 - zęby wirnika

Rysunek 1.11 — Ze względu na kształt rusztu: z różnicą powierzchni styku

cykl materiałowy z kratami (a); z rusztem wklęsłym

powierzchnia (b)

— obrotowy (w miarę zużycia jednej powierzchni kratka jest obracana)

inna (niezużyta) krawędź lub sektor.

Jeżeli istnieje możliwość wymiany powierzchni roboczej zębów:

- stałe, niewymienne;

— z wymiennymi wkładkami.

Na podstawie względnego położeń prętów rusztu i zębów wirnika:

- z zębami przechodzącymi przez ruszt;
- z zębami nie przechodzącymi przez pręty rusztu.

Opcje chł odzenia:

- z wymuszonym chł odzeniem;
- bez chł odzenia.

Ze względu na położeń powierzchni roboczej zębów:

- promieniowy;
- styczna;

Według prędkości wirnika:

- powolny;
- szybko.

Od czasu pojawienia się kruszarek szczękowych zaproponowano wiele różnych typów rodzaje ich projektów, z których nieliczne sprawdzili się w wykształcenie wyższe kierunkowe w przedsiębiorstwach przemysłu metalurgicznego jako wyposażenie sprzęt do frakcyjnego przygotowania różnorodnych materiałów.

Inne schematy konstrukcyjne różnych typów maszyn kruszących mogą być wykorzystane przedsiębiorstwa metalurgiczne nie ujęte w klasyfikacji być stosowany w odosobnionych przypadkach o charakterze naukowym i przemysłowym, ponieważ obecnie Obecnie nadal wymagają wszechstronnego, konstrukcyjnego rozwoju.

1.4 Podstawowe informacje o materiałach poddawanych kruszeniu i mieleniu w metalurgii

Przyjmuje się, że w procesie kruszenia powstają ziarna materiałowe. materiałów o wymiarach większych niż 5 mm, a maszyny wykorzystywane w tym celu nazywane są kruszarkami. Po rozdrobnieniu gotowy produkt ma wielkość mniejszą niż 5 mm, a jego przygotowanie odbywa się w młynach lub rozdrabniaczach.

Na podstawie początkowego rozmiaru materiałowego źródłowego i rozmiarów końcowych, miar gotowego produktu, takie procesy klasyfikuje się [5] (tab. 1.2).

Tabela 1.2 – Klasyfikacja procesów kruszenia i mielenia

Miażdżący	Rozmiar, mm		Mielić- nie	Rozmiar, mm	
	oryginalny tworzywo	gotowy produkt		oryginalny tworzywo	gotowy produkt
Duży	1500–500	100–350	Surowy	30–10	5–1
Przeciętny	350–100	40–100	Subtelny	6–2	1–0,1
Mały	100–40	5–50	Najprzedniejszy- Niektóre	1–0,5	0,1–0,05 i mniej

W zależności od końcowego przeznaczenia, gotowy produkt może być zazwyczaj mogą mieć różną wielkość, kształt i skład granulometryczny. Na przykład, kiedy procesy wmywania, a także wypełnianie betonowe, materiał y budowlane potrzebne są większe frakcje, a do wzbogacania surowców potrzebne są frakcje małe, charakteryzujące się powiększone do rozmiarów mikronowych. Dlatego nie ma uniwersalnego sprzętu i nie ma technologii kruszenia, ani niezbędnych maszyn do konkretnych zastosowań warunki są dobierane lub opracowywane biorąc pod uwagę wymagania przedstawione przez Klienta. bitew, które obejmują przede wszystkim początkowy i końcowy rozmiar materiał , wydajność, zużycie energii, skład frakcyjny itp. Dlatego DIM-y mają tak dużą różnorodność wzorów w porównaniu z innymi podobnie jak w przypadku innych klas maszyn.

1.4.1 Cechy stanu obróbki materiał u w DIM

Anizotropowe właściwości różnych materiałów wywołane zmianami właściwości w różnych kierunkach są związane z obecnością porowatości struktury wewnętrznej. wycieków, a także warstwowości i odporności na pęknięcia. Ze wzrostem pęknięć stopień anizotropii, który można ocenić na podstawie parametrów wytrzymałościowych, rzek i wzdłuż włókien, maleje. Współczynnik anizotropii względnej przejścia podzielony jako stosunek właściwości poprzecznych i podłużnych dla większości naturalnych Gęstość naturalnych mas skalnych wynosi około 1,34.

Zgodnie ze statystyczną teorią wytrzymałości, wszystkie wady materiału ale są ułożone w losowej kolejności. Więc im większy ku-
im większa ilość soku w materiale, tym większe prawdopodobieństwo, że zawiera on wady, zarówno pod względem ilości
zarówno pod względem wielkości, jak i rozmiaru. Dlatego duże komponenty w jednym i
ładunek o tej samej wielkości ulega zniszczeniu łatwiej niż ładunek o mniejszej wielkości. Podczas zmniejszania rozmiaru
liczba wad w elementach również się zmniejsza, ponieważ
zostały już wdrożone wcześniej na wcześniejszych etapach kruszenia i mielenia oraz
okazuje się, że siła właściwa jest wyższa. W przypadku najprostszych obciążeń
Ostateczną siłę państwa można uzyskać na podstawie danych eksperymentalnych.
W przypadku złóż onego stanu naprężenia i odkształcenia określone granice wytrzymałości
Więzy tracą znaczenie nawet w przypadku kruchego zniszczenia.

Jeżeli obciążenie skały wzrośnie do pewnej wartości naprężenia
(granica sprężystości), a następnie odkształcenia resztkowe w niej występujące przy krótkotrwałym obciążeniu
objawy nie występują, ponieważ w tym przypadku mają one charakter elastyczny. Uważany za-
stan sprężystego naprężenia ośrodka, który zależy od czasu działania
sił zewnętrzne są przenoszone na modele reologiczne.

Biorąc pod uwagę wszystkie właściwości mechaniczne materiałów i warunki pracy z nimi w jednym
Teoria ta jest praktycznie niemożliwa i raczej niewskazana. Ważne jest coś innego - dla
każdy konkretny rodzaj materiału i specyficzne warunki pracy z nim wymagają
musimy podać model mechaniki pewnego środowiska, biorąc pod uwagę główne mechanizmy
czynniki mechaniczne, które określają dany stan materiału. Taki mo-
del powinien korzystać z dość prostych i skutecznych metod matematycznych
obliczenia. Do głównych charakterystyk mechanicznych materiałów kruszonych
obejmują: gęstość, moduł sprężystości, współczynnik Poissona, ograniczenie czasowe
odporność na ściskanie lub rozciąganie, współczynnik przyczepności, kąt wewnętrzny
wczesne tarcie [16].

Badając procesy niszczenia skał, wyróżnia się pięć poziomów
[16], z których najważniejsze dla procesów kruszenia i mielenia są
Są dwa:

- submikroskopijny, co oznacza zniszczenie w środowisku skalnym skał y z powstawaniem pojedynczych pęknięć;
- mikroskopijne, w których powstają mikropęknięcia, ślizganie się pł aszczyzn, co prowadzi do zniszczenia poszczególnych metali i ziaren i zrywanie wiązań między nimi.

Ze względu na zł oż oność uwzględnienia wpł ywu wielu czynników, peł na praktyczna Obecnie rozważ ane są kwestie niszczenia skał .
staje się praktycznie niemoż liwe do zrealizowania [16].

Wyniki eksperymentów nie dają podstaw do sformuł owania zadowalających uogólnień. badań eksperymentalnych ze względu na bardzo duż ą liczbę powiązanych ze sobą warunki niezbędne do przeprowadzenia zniszczenia.

1.4.2 Stopień rozdrobnienia (zmielenia) materiału

Stopień rozdrobnienia jest ilościową charakterystyką pokazującą pokazujący, ile razy rozmiar kawał ków zostaje zmniejszony podczas kruszenia lub mielenia. Z Dotyczy zuż ycia energii i wydajności kruszarek i mł ynów.

Najczęściej stopień rozdrobnienia definiuje się jako stosunek wielkości maksymalnych mał e kawał ki węgla przed i po kruszeniu [7, 12, 21, 64]:

$$j_a = \frac{D_{maks}}{d_{maks}}, \quad (1.11)$$

gdzie D_{max} jest średnicą maksymalnego kawał ka węgla przed kruszeniem, w mm;
 d_{max} — średnica maksymalnej brył y węgla po kruszeniu, mm.

W praktyce za określenie rozmiaru materiału u przyjmuje się wartość najmniejszą. liczba otworów w sitach, przez które kawał ki przechodzą jeszcze podczas przesiewania.

Jako jedną z cech kruszarek, przedsiębiorstwa budowy maszyn Do ekstrakcji stosuje się tzw. stopień rozdrobnienia konstruktywnego, który jest oblicza się wedł ug wzoru:

$$\frac{B}{b} \text{ lub } i \frac{0,85}{B}, \quad (1.12)$$

gdzie B jest szerokością otworu załadowczego kruszarki, mm;

b — szerokość szczeliny wylotowej, mm.

Wzór (1.19) można uznać za najbardziej osiągalny stopień kruszenie, gdy gotowy produkt nie zawiera kawałków o rozmiarach większych niż szczelina wylotowa jest większa, a element wchodzący do kruszarki jest mniejszy niż element załadowczy dziury nie 15% [127]. Bardziej poprawne jest obliczenie stopnia rozdrobnienia jako stosunku średnie średnice cząstek, które określa się biorąc pod uwagę charakterystykę wielkościową materiału źródłowego i produkt rozdrobniony:

$$j_a = \frac{D_{CP}}{D_{CP}}, \quad (1.13)$$

gdzie D_{cp} jest średnią średnicą kawałków materiału pierwotnego;

d_{cp} — średnia średnica kawałków rozdrobnionego produktu.

W formule (1.20) D_{cp} i d_{cp} należy obliczyć, korzystając ze wzorów wybranych w każdym konkretnym przypadku, biorąc pod uwagę fizyczny charakter problemu, aby to rozstrzygnąć należy określić stopień fragmentacji [5, 7, 12, 22].

Przyjmuje się powszechnie, że maksymalna możliwa do osiągnięcia wartość w jednym cyklu grubość pnia kruszącego nie przekracza 15–20 [5, 7, 12, 22].

Kruszenie i mielenie materiałów górniczych to operacje bardzo energochłonne. radia, które zużywają dużo energii, więc części są mniejsze zaleca się, aby wielkość, do której dochodzi do zgniatania, była oddzielona od oryginału materiału przed kruszeniem lub mieleniem. Dlatego sprawdziliśmy wykonywanie operacji szlifowania z wstępnym specjalnym przygotowaniem surowców do zniszczenia i sam wybór metody zniszczenia może dać najlepsze efekty w dłuższej perspektywie, pełniejsze ujawnienie minerałów bez ponownego mielenia i oszczędności w całkowitej zużycie energii.

1.4.3 Etapy kruszenia i mielenia

Przed procesem wzbogacania konieczny jest wysoki stopień kruszenie i mielenie, co jest praktycznie niemożliwe do wykonania w jednym etapie. Jest to możliwe, ponieważ maksymalna możliwa do osiągnięcia wartość wynosi 30–50 i to tylko w pojedynczych przypadkach w przypadkach zbliżonych do ideału 100. Zwykle stopień fragmentacji wynosi 3–7. W takich przypadkach konieczne jest konsekwentne stosowanie środków nie tyle maszyn umożliwiających stopniowe zmniejszanie rozmiaru gotowego produktu.

Na przykład rudę żelazną można kruszyć w czterech etapach, zaczynając od pierwszego wycie i drugi etap dużej fragmentacji (lub pierwszy etap dużej, a drugi średnie kruszenie), trzeci i czwarty etap średniego i drobnego kruszenia (lub wliczając dwa etapy drobnego kruszenia) [21, 74]. W wieloetapowym Podczas przetwarzania ogólny stopień rozdrobnienia określany jest według wzoru:

$$I = I_1 \cdot I_2 \cdot \dots \cdot I_n = \frac{D_{\text{maks}}}{D_1} \cdot \frac{D_1}{D_2} \cdot \dots \cdot \frac{D_{n-1}}{D_n}, \quad (1.14)$$

gdzie $i_1, i_2, \dots, i_n$ są częściowymi stopniami fragmentacji odpowiednio na 1., 2. i n. gradacja;

D_{maks} — maksymalny rozmiar materiału w surowym w pierwszym etapie kruszenia nia;

d_1, d_2 i d_n to wymiary kawałków materiału uzyskanych po Etap 1, 2 i n.

Ze względu na fakt, że kruszenie i mielenie zużywa około 50% energii elektrycznej, energia zużyta przez cały zakład przetwórczy lub jego sekcję, a następnie odpowiednia postępuj zgodnie z podstawową zasadą fragmentacji „nie fragmentuj niczego, co nie jest potrzebne” dążąc do terminowego ograniczania ilości materiałów zaangażowanych w ten proces mianowicie usunięcie go z przestrzeni roboczej maszyny i (lub) odpowiednie odfiltrowanie. frakcje na sitach po każdym etapie kruszenia.

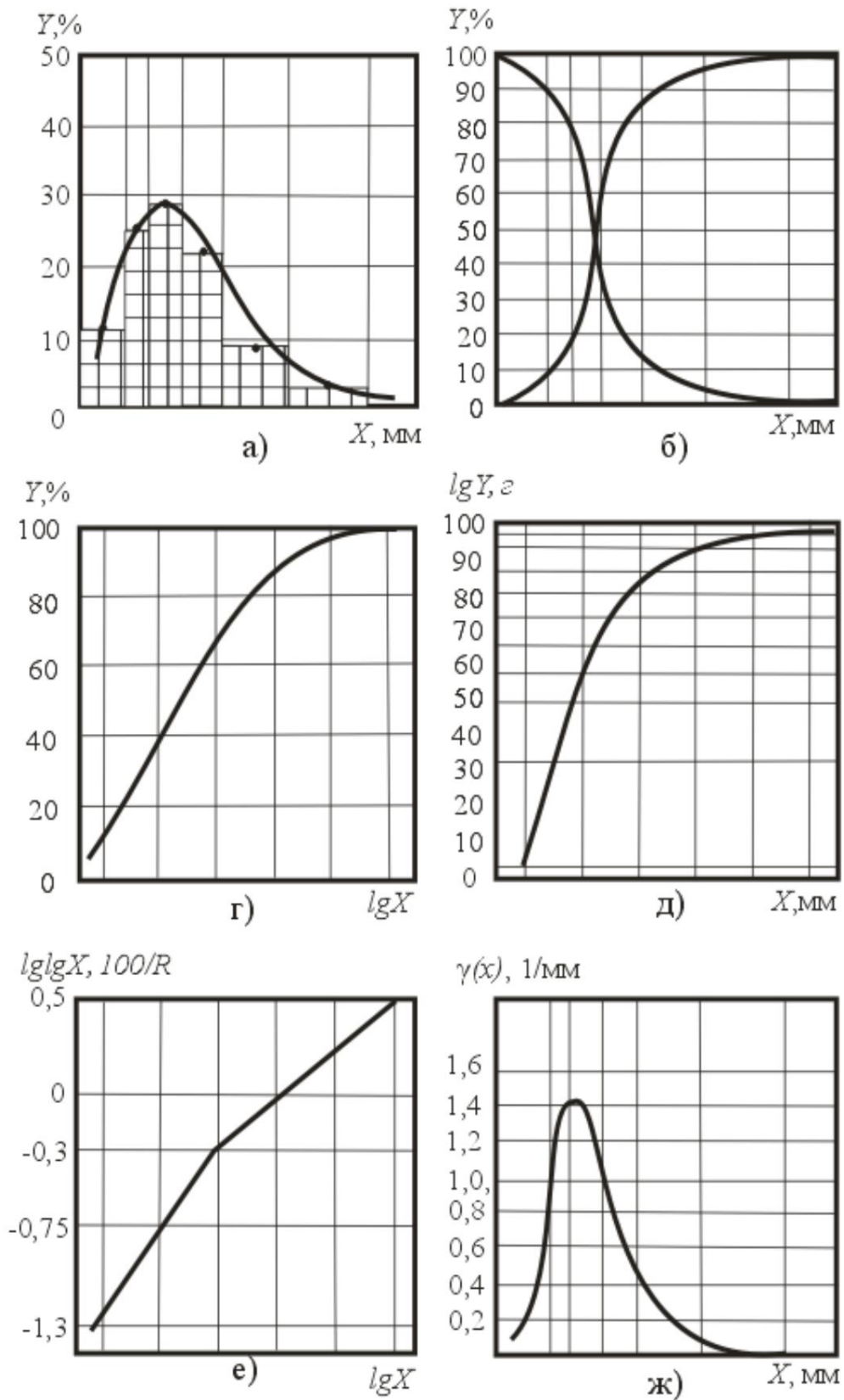
W przypadku cyklu otwartego materiał przepuszczany jest przez kruszarkę raz, ale potem zawiera pewną ilość elementów o nadmiernych wymiarach. W cyklu zamkniętym na materiał oddziałują liczne oddziaływania. W tym przypadku cząstki o zbyt dużym rozmiarze są odsiewane po każdym przejściu ekranów i przesyłane do ponownego przetworzenia. Schematy kruszenia ze wskazaniem niezbędnych etapów i faz mogą obejmować informacje o początkowym etapie ostateczna i końcowa wielkość przetworzonych surowców oraz wymagany odstęp między nimi. Części robocze maszyny mające bezpośredni wpływ na materiał.

Nowoczesne klasyczne koncepcje cykli kruszenia i mielenia. Badania praktycznie nie uwzględniają możliwości łączenia ich w jednej kombinacji DIM. Kontrolowany wpływ na materiał, co jest obiecującym kierunkiem rozwoju prac w zakresie dyspersji oparty na tworzeniu i wdrażaniu rozwiązań konstruktywnych łączących w sobie wspólne wysiłki i kombinację wcześniejszych ciągłego procesu kruszenia z końcowym mieleniem materiałów. Ten zapewnia rezerwę na dalszą redukcję kosztów energii, co zostało już wykazane w poprzednich badaniach. Obserwatorzy nie zwracali na to wystarczającej uwagi.

1.4.4 Podstawowe charakterystyki wymiarów materiałów

W celu terminowej i efektywnej analizy procesów kruszenia, do obróbki i mielenia materiałów stosuje się różne charakterystyki (szczegółowe i łączne). Charakterystyka wielkości (rys. 1.12) [21].

Prywatną cechą jest zależność graficzna, gdzie oś rzędnych służy do wskazania wyników różnych klas wielkości w procentach, a oś odciętych określa rozmiar otworów sita wraz z resztą odpowiadającą im ułamki. Wykres słupkowy pokazuje obecność oddzielnych klas proporcji. racjonalnie do swoich wyników.



a – cecha prywatna; b – cał kowita wydajność produktów;

g, d – charakterystyka logarytmiczna; g – wykres sł upkowy

Rysunek 1.12 — Zależ ności graficzne wyników analizy sitowej

Całkowita wydajność produktu charakteryzuje się obecnością pewnych klas cząstki o rozmiarze większym niż odpowiadające im oczka sit, przez które są przesiewane. W tym przypadku do poprzedniej ilości materiału u dodawane są następujące procenty: przedmuchiwanie swoich wyników na sitach, zaczynając od dużych rozmiarów do małych (minus) lub w odwrotnej kolejności (pozytywne). Nałożone na siebie w tej samej gradacji w fikcyjnych danych tych przeciwstawnych cech przecinają się one w miejscu, w którym odpowiada punktowi równej produkcji (50%). Całkowita wydajność materiału u wynosi jest reprezentowana przez gładką linię krzywą, która może mieć wypukłość (dowód: przewaga dużych cząstek), wklęsłość (przewaga małych cząstek) lub kształt prostoliniowy (równomierny rozkład cząstek według wielkości).

Wygląd krzywej jest determinowany przez zestaw rozmiarów sita o określonej wartości komórek, dlatego użycie innego zestawu sit zmienia kształt takiej krzywej, nie przeszkadza nam to jednak w określeniu wielkości produkcji w żądanej klasie wielkości.

Charakterystyka logarytmiczna pozwala na dokładniejsze wykrywanie obecności małych frakcji.

Analityczna reprezentacja cech wielkościowych opiera się na struktura równania matematycznego, zwykle w formie równania Rosin-Rammler [21]:

$$R = 100 e^{-bx^n}, \quad (1.15)$$

gdzie R jest całkowitą wydajnością klasy w procentach przy rozmiarach cząstek większych niż x (pozytywna strona),

x — rozmiar otworów sita;

b i n to parametry zależne od właściwości materiału u.

Zaletą równania analitycznego jest możliwość przedstawienia graficznego konstrukcja krzywych wydajności wyrobu gotowego przy wprowadzaniu niezbędnych słabe wartości liczbowe. Jednakże zerowy wynik zajęć jest określony tylko o nieskończenie dużym rozmiarze materiału u.

1.5 Analiza prac poświęconych łącznemu oddziaływaniu na tworzywo

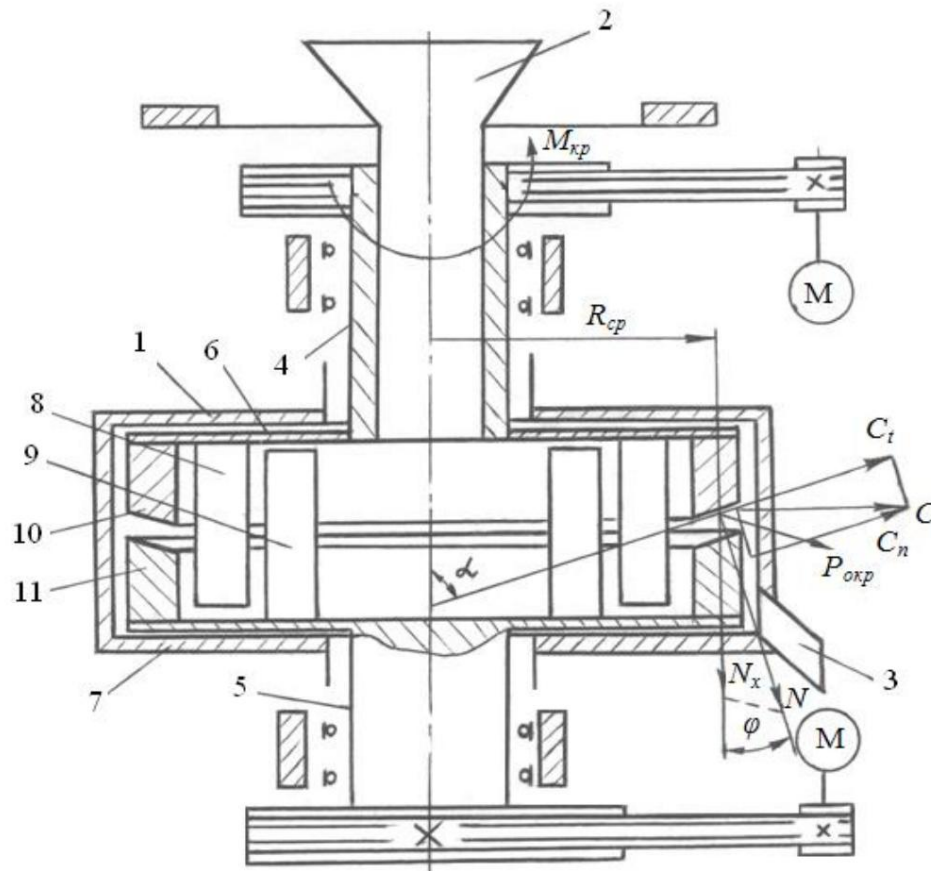
Biorąc pod uwagę przeprowadzoną analizę stanu zagadnienia badania procesów frakcyjnych kruszenie i mielenie materiałów w różnego rodzaju maszynach kruszących i mielących czytelnicy mogą uznać, że na obecnym etapie największe perspektywy dla organizacji w przestrzeni roboczej kombinacji różnych wysiłków reprezentuje same w sobie są maszynami dyskowymi. Ich konstrukcja ma na celu stabilną kalibrację produktu końcowy ze względu na obecność pierścieniowej szczeliny pomiędzy kami, co gwarantuje wynik ściśle określonej klasy wielkości. Jednakże jest to przed- uzyskuje się dzięki dominującemu działaniu ściernemu na obróbkę moje surowce, co wiąże się ze znacznymi kosztami energii, ponieważ Metoda niszczenia jest jedną z najbardziej energochłonnych. Wadą jest Występuje duże zużycie części roboczych, przed którym można zastosować zabezpieczenie ze względu na zastosowanie materiałów odpornych na zużycie (np. stopów twardych), materiał, hartowanie, stopowanie, hartowanie iskrowe itp.

Racjonalną minimalizację efektów tarcia można osiągnąć poprzez: zmieniając konstrukcję dysku, aby redystrybuować preferencyjną dystrybucję sił niszczące w kierunku sił mniej energochłonnych, takich jak uderzenie i ścinanie. To jest przed- Jest to dość łatwe do wdrożenia poprzez implementację okien o różnych konfiguracjach na dyskach, co pozwala na testowanie materiału znajdującego się pomiędzy dyskami przy niskich prędkościach. przy wysokich obrotach występuje cięcie, a przy wysokich obrotach występują efekty uderzeniowe.

1.5.1 Nowe schematy DIM dysków jednogniazdowych

Ze względu na konieczność udoskonalenia znanych DIM-ów w celu zwiększenie wydajności mielenia i obniżenie kosztów wyrobów gotowych Zidentyfikowano szereg nowych schematów projektowania młynów, które mogą znaleźć zastosowanie w w przemyśle i zapewnić wzrost korzyści ekonomicznych.

Ujawniono projekt kruszarki odśrodkowej odbijającej uderzenia z wyjściem klasyfikacji gotowego produktu pomiędzy powierzchniami końcowymi ruchome kraty pierścieniowe (rys. 1.13) [128].



Rysunek 1.13 – Siekacz z wyjściem klasyfikacji gotowego produktu

Kruszarka odbijająca uderzenia składa się z korpusu 1 z wejściem 2 i wyjściem 3 uruchamiając 3 rury, zamontowane w niej na wałach 4 i 5 tarcze 6 i 7 z udarem ostrza 8 i 9 oraz przymocowane do nich kratki pierścieniowe 10 i 11, tworzące Siatka pokrywająca łopatki.

Kruszenie odbywa się dzięki oddziaływaniu uderzeniowemu między cząsteczkami. rozdrobniony materiał i obracające się ostrza odbijające uderzenia między 8 a 9, a częściowo także między cząsteczkami materiału. Na proces ten wpływają pod wpływem przepływu powietrza gotowy produkt jest usuwany przez szczelinę między końcami kraty pierścieniowe 10 i 11 do rury wylotowej 3. Zniszczenie materiału

powstaje w wyniku ściskania i uderzenia w połączeniu ze ścinaniem w szczelinie między końcami kratki pierścieniowej 10 i 11.

Tryb pracy dobiera się w taki sposób, aby cząstki rozdrobnionego materiału nie ślizgały się pod wpływem składowej stycznej własnemu ciężarowi i zostałby odrzucony przez składową normalną siłę odśrodkową C_n na moment obrotowy. powierzchnia kraty. Pod wpływem składowej stycznej centryfugałowej siły zakłócającej cząstki C_t muszą przemieścić się do ostatniej części strefy rozdrabniania. Zora. W tym celu składowa styczna siła odśrodkowa C_t musi wynosić pokonać składową styczną ciężarowi własnemu rozdrobnionego produktu kanał i siła tarcia:

$$CGC-f. \quad (1.16)$$

Rozwiązując to równanie dla n , wiedząc, że:

$$p_r = \frac{N}{30} \cdot 1 \cdot K_{pr}, \quad (1.17)$$

gdzie K_{pr} jest współczynnikiem poślizgu części materiału, otrzymujemy:

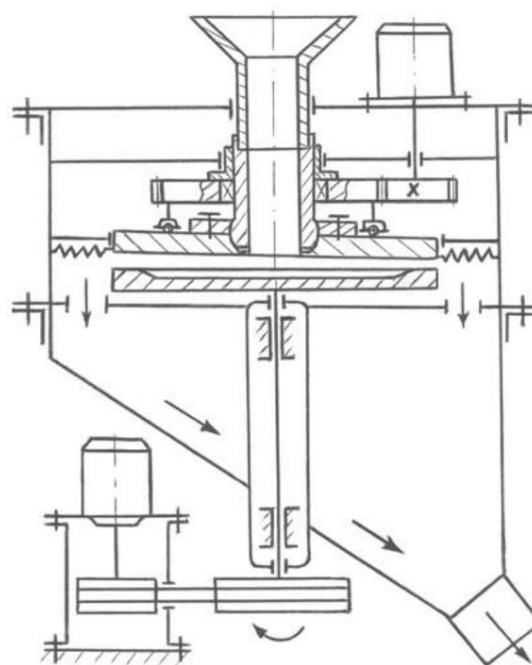
$$N = \frac{30}{1 \cdot E_{pr} \cdot R \sqrt{p \cdot \tan \alpha}}, \quad (1.185)$$

gdzie R_{cp} jest średnim promieniem dysku (którego zmiana jest ograniczona przez wysoką (szczelina regulowana);

α jest kątem stożkowym końców kratki.

Opracowano młyn [129], który pozwala na zwiększenie wydajności mielenia. ze względu na implementację w przestrzeni roboczej (pomiędzy dyskami) procesów drukowania okresowe ściskanie i ścinanie (rys. 1.14). Młyn zawiera obudowę zainstalowaną zawiera obracający się dolny dysk i górny dysk połączone za pomocą

sprężyny z obudową i wykonane z centralnym otworem, w którym dolna część rury załadowczej jest ustawiona i wyposażona w zainstalowany na szczycie gałęzi załadowczej z możliwością obrotu przekładni, wypełniony dolną powierzchnią końcową umieszczoną na obwodzie widełki i kulki zamontowane w tych ostatnich, z możliwością obrotu, o średnicy osobistej, oddziałującej z zewnętrzną powierzchnią końcową górnej jego dysku, natomiast górny dysk połączony jest z dolną częścią podkładki ładowczej rurki z powierzchniami kulistymi.



Rysunek 1.14 — Schemat młyn

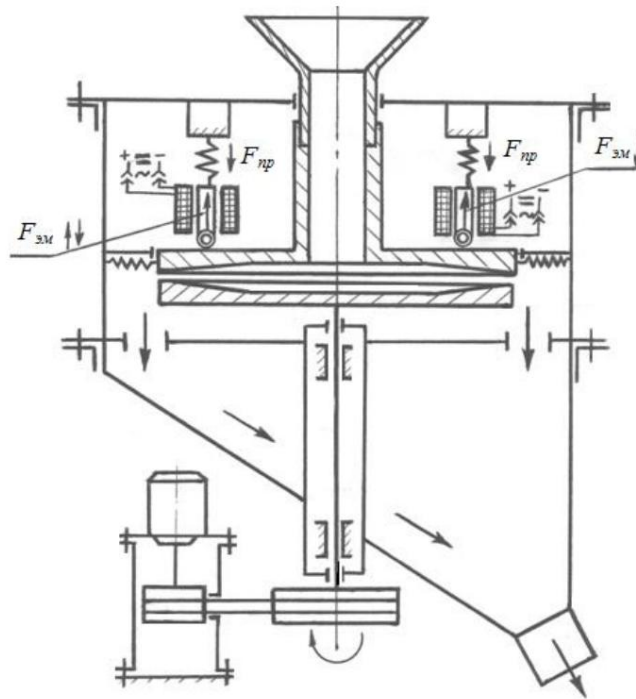
W celu zwiększenia niezawodności opracowano frez tarczowy [130] wydajność pracy i mielenia poprzez elektryczne sterowanie procesem ściskanie i ścinanie materiałów z wdrożeniem kontroli jakości produktu (Rys. 1.15).

Młyn składa się z obudowy, w której zamontowano obrotową część dolną. dysk i górny dysk z centralnym otworem załadowczym połączonym z za pomocą sprężyny z obudową i wyposażony w mechanizm do okresowego dociskanie górnego dysku do dolnego, przy jednoczesnym działaniu mechanizmu okresowego dociskania

składa się z pionowych dysków rozmieszczonych równomiernie wokół górnego dysku.

oś uzwojeń elektromagnesów z rdzeniami, których górne końce są połączone

połączone są ze sobą za pomocą sprężyn z korpusu, a dolne są przymocowane zawiasowo do dolnych do niego dysk.



Rysunek 1.15 — Schemat siekacza

Dolny dysk napędzany jest silnikiem elektrycznym za pośrednictwem przekładni pasowej. Materiał przeznaczony do kruszenia jest podawany do lejka załadowczego.

Gdy uderza w obracający się dolny dysk, jest poddawany działaniu sił odśrodkowych jest wyrzucany w kierunku szczeliny pierścieniowej odciążającej.

Aby osiągnąć efektywny proces w przestrzeni roboczej między kruszenia materiału, elektromagnesy zaczynają być kontrolowane, przepuszczając je przez impulsy prądu o zadanym czasie trwania płynące przez uzwojenie, stałe lub przemienne częstotliwość ich wzbudzenia. Ponadto zapewniona jest siła ściskania materiału w sprężynie i równe prąd (uzwojenia elektromagnesów są odłączone od napięcia). Aby zmniejszyć w celu zmniejszenia (lub zwiększenia) siły ściskania rozdrobnionego materiału, wszystkie uzwojenia elektryczne Magnesy są okresowo podłączone do źródeł zasilania za pomocą przewodu elektrycznego.

sterowany kluczyk i rewerser w taki sposób, że generowany elektromagnes-

jest moc ^{jestem} był skierowany w przeciwnym kierunku (lub zgodnie z) ^{itp.} Zarządzanie dł ugoterminowe
połączenie elektromagnesów i częstotliwość ich wzbudzenia realizuje blokadę-
sala sterowania, w której ustala się działanie sterowania i wprowadza technologię
logiczną negatywną informacją zwrotną o jakości mielenia. Ostatni lub-
zorganizowane w taki sposób, że wzbudzenie elektromagnesów jest stabilizowane na
na pewnym poziomie, jeśli jakość mielenia jest normalna i ulega zmianom,
jeśli odbiega od normy.

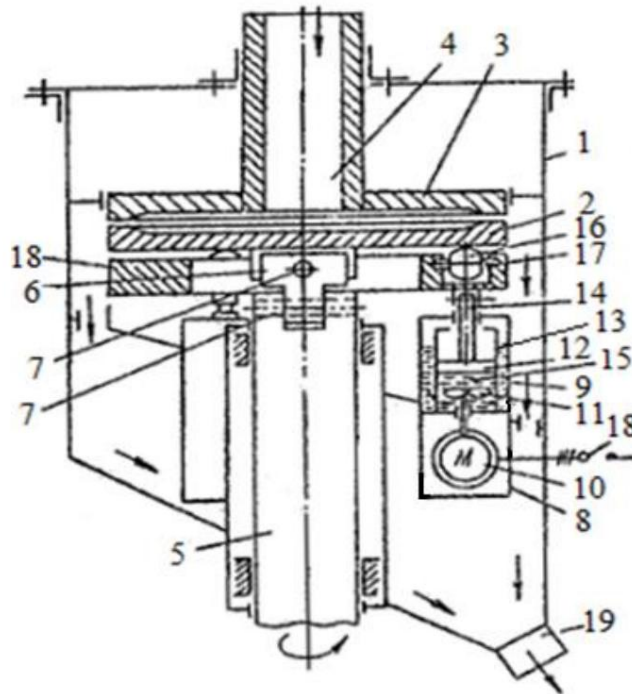
Sterowanie mechanizmem zacisku okresowego w trybie zapewnia
jednoczesne wzbudzenie wszystkich cewek elektromagnesu w celu realizacji programu
proces okresowego ściskania rozdrobnionego materiału. W tym przypadku kwota jest otrzymywana
siła działająca na zewnętrzną powierzchnię końcową górnego dysku
(odpowiednio) i na rozdrobnionym materiale.

Aby uzyskać proces okresowego ściskania rozdrobnionego materiału u
pod górnym dyskiem naprzemiennie wzbudzają także uzwojenie
elektromagnesy lub ich grupy. Rozdrobniony materiał poddawany jest działaniu siły odśrodkowej.
Siły wychodzą przez szczelinę pierścieniową odciążającą, rozlewają się w dół i wychodzą
wydostaje się z młyna przez otwór wylotowy.

Pewną pozytywną cechą takich konstrukcji jest
polega na możliwości tworzenia sił ścinających lub ściskających, wraz z
ze ścieraniem, które można zapewnić poprzez okresowe kołysanie jednym z roz-
kówek w płaszczyźnie równoległej do osi obrotu (rys. 1.16) [131].

W tym przypadku działanie jest zapewnione za pomocą środków mechanicznych lub hydraulicznych.
na materiał zarówno sił ściernych, jak i kruszących oraz kołyszących
ruchy intensyfikują procesy kruszenia i ścierania materiału w miejscu obróbki
komora lufy. Dolny dysk 2 otrzymuje obrót z wału napędowego 5 poprzez uniwersalny
połączenie 6. Materiał przeznaczony do kruszenia jest podawany w sposób ciągły
przez rurę załadunkową 4 i wchodzi pomiędzy górne 3 i dolne 2 dyski,
Dostaje się na obracający się dolny dysk 2, gdzie zostaje zmiażdżony. Następny

materiał pod wpływem działania sił odśrodkowych zostaje odrzucony w kierunku rozładunku wąska szczelina pierścieniowa, która zapewnia lepszy rozładunek z maszyny.



- 1 — ciało; 2 - dysk dolny; 3 — dysk górny; 4 — gałka ładująca;
 5 — wał; 6 — przegub krzyżakowy; 7 — osi; 8 — popychacz elektrohydrauliczny;
 9 — kamera; 10 — silnik elektryczny; 11 - pompa odśrodkowa;
 12 — siłownik hydrauliczny; 13 — tłok; 14 — pręt; 15 — wewnętrzna komora hydrostatyczna
 popychacz; 16 — wałek; 17 — oś rolkowa; 18 — ciało;
 19 — otwór wyładowczy

Rysunek 1.16 – Młyn tarczowy z tarczą wahliwą

Aby osiągnąć bardziej wydajny proces dyspersji materiału u popychacze elektrohydrauliczne 8 sterowane są za pomocą jednostki zarządzania, monitorowanie jakości mielenia. Po włączeniu kon- Elektrohydrauliczny popychacz 8 otrzymuje moc z mechanizmu trolingowego i zaczyna się obracać. wał silnika elektrycznego 10 jest połączony z kołem pompy odśrodkowej 11. Kiedy W tym momencie ciśnienie powstające w wypełnionej olejem komorze 15 pompy ulega przemieszczeniu tłok 13. Komory 9 są sztywno połączone z obudową 18. Rolki 16 są umieszczone szczytami są równomiernie rozmieszczone wokół osi pionowej, a ich osie 17 pręta 14 aż do tych

aż do momentu otwarcia kanałów (nie pokazano) w siłowniku hydraulicznym 12 i wypłynięcia oleju przepływa przez komorę 9 do dolnej części cylindra hydraulicznego. Pręty 14 ruch rolki skierowane w górę 16, które dociskane są do dolnej tarczy 2 i toczą się wzdłuż niej powierzchnia końcowa, obracająca się wokół osi 17, zamocowana w pierścieniu. Aby uzyskać Proces okresowego ściskania materiału odbywa się poprzez naprzemienne załączanie wartość każdego popychacza elektrohydraulicznego 8 lub ich grup. Co więcej, emocje związane z procesem okresowego ściskania rozdrobnionego materiału można uzyskać zarówno w kierunku obrotu dolnego dysku 2, w tym za pomocą regulatora mechanicznego 20 silnika popychacza elektrohydraulicznego w sekwencji; 1., 2. i tak- zarówno w przeciwnym kierunku, w tym również przy pomocy silników elektrycznych popychacze trohydro w odwrotnej kolejności. Płyna 2 wykonuje ruchy wahadłowe ruchy pod wpływem prętów 14 poprzez pierścień 18 i rolki 1. Jako rzeczywiste kontrolowany proces kruszenia materiału poprzez jego ściskanie i ścinanie, następuje jego efektywne mielenie. Po osiągnięciu wymaganego rozmiaru materiału, Materiał pod wpływem działania sił odśrodkowych jest rozdawany poprzez pierścień rozdawczy. przez szczelinę, spada w dół i jest usuwany z młynem przez otwór wylotowy. sekcja 19 w dolnej części ciała 1.

Wadą wdrożenia jest jednak duża liczba dodatkowych silniki elektryczne, co prowadzi do wzrostu kosztów i bardziej złożonych projektów maszyn jako całości, a także o znacznej bezwładności układu sterowania, nazywane całkowitymi opóźnieniami okresów reakcji układu silnika elektrycznego ciała o-pompa-pchacz.

1.5.2 Nowe schematy DIM dysków wielogniazdowych

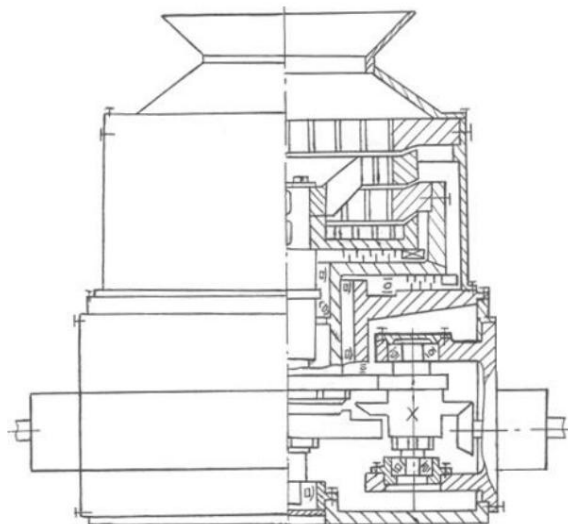
Frezy tarczowe jedno-rowkowe są prostsze konstrukcyjnie od frezów wielo-rowkowych. wysokie, ale mają niewystarczającą wydajność. Jednakże dyski wielogniazdowe wysokiej jakości DIM-y mają niską łatwość konserwacji ze względu na złożoność konstrukcji i trudności w dopasowaniu wielkości odstępów. Przy rozwiązywaniu problemów związanych ze wzrostem Opracowano kilka nowych technologii mających na celu poprawę niezawodności kruszarek wieloszczelinowych

projekty młynów umożliwiają, przy jednoczesnym zapewnieniu regulacji wielkości śrutu, i dobrą konserwację, co zwiększa wydajność procesu szlifowania.

nie.

Opracowano młyn odśrodkowy [132] zawierający obudowę z załadunkowym z otworem wylotowym i wylotowym, tarczą w kształcie kubka i umieszczoną nad nią pierścień wykonany ze srebrnej powierzchni wewnętrznej i osadzony w ciałach, odpowiednio, na środku obracające się w przeciwnych kierunkach szębów nominalnych i rzeczywistych z utworzeniem między nimi pierścieniowej szczeliny odciążającej, oraz napędy wałowe, młyn wyposażony jest również w zamontowane napędy pierścieniowe centralnych szczelin rozdzielniczych z dodatkowymi pierścieniami wykonanymi w podobny sposób identyczne z pierścieniem głównym i umieszczone nad nim naprzemiennie na środku i wałach pustych, przy czym wał środkowy jest zamontowany wewnątrz wału pustego, a wał górny do korpusu przymocowany jest dodatkowy pierścień (rys. 1.17).

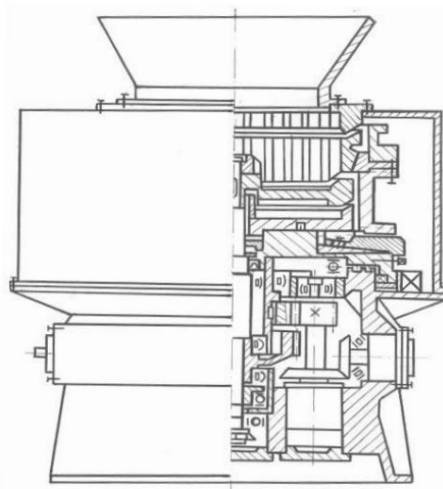
Napęd każdego wału wykonany jest w formie przekładni dwustopniowej, pierwsza pierwszy stopień ma koła zębate stożkowe, a drugi – walcowe koła zębate, z których jedno jest zamontowane na odpowiednim wale, podczas gdy cylindryczne koło zębate zamontowane na pustym wale spoczywa na koro-
ropa i cylindryczne koło zębate zamontowane na centralnym wale na
Wał jest podparty łożyskami oporowymi.



Rysunek 1.17 — Schemat młyna odśrodkowego

W górnej części komory odbywa się wstępne kruszenie surowca. materiał u rozdrobnionego zarówno przez pierścienie, jak i przez samomielenie, a w Dolna część komory to miejsce, w którym odbywa się głównie kruszenie już rozkruszonych materiałów kawałki materiału o wymaganym rozmiarze, a w związku z możliwością większej ilości drobne ziarenka rozdrobnionego materiału opadają, dolny wylot. Szczelina ma wyższą wydajność niż wysze.

Znany jest młyn [133], którego podstawowy schemat przedstawiono na Rysunek 1.18. Umożliwia poprawę jakości mielenia poprzez zapewnienie regulacji stopnia zmielenia.

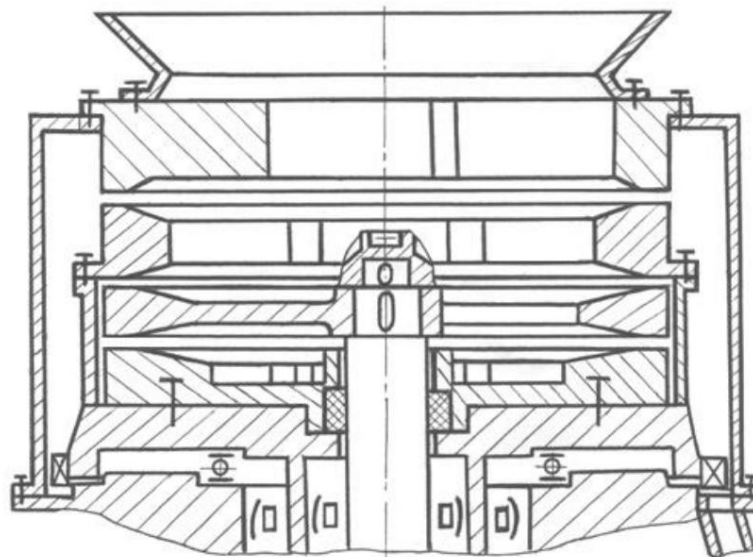


Rysunek 1.18 — Schemat młyna

Młyn składa się z obudowy z otworami załadunkowymi i rozładunkowymi, pusty wał z oknami rozładunkowymi zainstalowanymi wewnątrz tego ostatniego z możliwością obrotu przeciwnie, wał centralny z mieszadłem w część górną, w kształcie kielicha, i umieszczone na niej współosiowo, jeden nad drugim, z utworzeniem szczelin odciążających, pierścieni, z których górny jest nieruchomy na ciele. Posiada również mechanizm umożliwiający regulację położenia miseczki wysokość tarczy, natomiast wał pusty w górnej części wykonany jest w formie płaty czołowej z zamontowanym na nim cylindrem z oknami rozładunkowymi i wewnętrznym stożkiem powierzchni, a na płacie czołowej zamontowany jest krążek w kształcie kubka. Spód

pierścień na centralnym wale, pierścień umieszczony nad nim na wewnętrznym stożku kuszatycznej powierzchni cylindra za pomocą mechanizmu klinowego. Mechanizm regulacyjny. Położenie tarczy w kształcie kubka jest regulowane na wysokość i wyposażone w podtarczą w kształcie kubka z urządzeniami do jej podnoszenia i zabezpieczenia na płycie czołowej z urządzeniami do ustalania jego położenia, a pierwsza urządzenia wykonane są w formie klina i współpracującego z nim pręta, a drugi które mają formę szpilki, klina współpracującego z nią oraz pręta połączonych z nią.

Opracowano urządzenie do rozdrabniania [134], które umożliwia zwiększenie wydajności wydajność mielenia (rys. 1.19) w porównaniu do młynów opisanych powyżej.



Rysunek 1.19 — Schemat urządzenia szlifiernego

Urządzenie do kruszenia materiałów składa się z obudowy zamontowanej na pionowym pustym wale, tarczy w kształcie kubka i pierścieniu nad nią, umieszczonym pomiędzy ostatnim na centralnym wale, pierścień ze szprychami, przymocowany do góry na końcu wału centralnego znajduje się mieszadło, zamocowane w górnej obudowie pierścienia, rura załadowcza i rozładowcza. Wewnętrzne powierzchnie kubka różne dyski i pierścienie wykonane są z występami, a na generatorach rozładowczych szczeliny pierścieniowe na powierzchniach końcowych tarczy i pierścieni mają kształt stożkowy pasów napędowych, natomiast na powierzchniach końcowych tarczy i pierścieni o kształcie stożkowym

Taśmy podające wykonane są wzdłuż obwodu taśm szlifierskich, a odległość między stożkowymi taśmami podającymi a osią wału zmniejsza się od góry jego pierścieni do dysku ze wzrastającym zwężeniem, grubość pierścieni od góry do dołu zmniejsza się, a ilość wypustek na nich wzrasta. Dostępność wewnątrz na zewnętrznych powierzchniach pierścieni i tarczy występow, których liczba wzrasta w kierunku ruchu materiału oraz na powierzchniach końcowych pierścieni i tarcz, formowanie szczelin pierścieniowych rozdawczych, pasów doprowadzających i szlifujących, niż zwiększa się rzut szerokości pasów zasilających na płaszczyznę poziomą jest od góry do dołu, a kąt między płaszczyzną poziomą a liniami zasilania pojawia się same zmniejszają się od szczeliny do szczeliny w kierunku ruchu materiału, poprawiając wlot rozdrobnionego materiału do szczelin wylotowych umożliwia zwiększyć wydajność kruszenia materiału. W tym przypadku obrót dysków w przeciwnych stronach zwiększa wydajność urządzenia, a obecność Młyn uruchamia procesy samoczynnego mielenia materiałów w komorze roboczej.

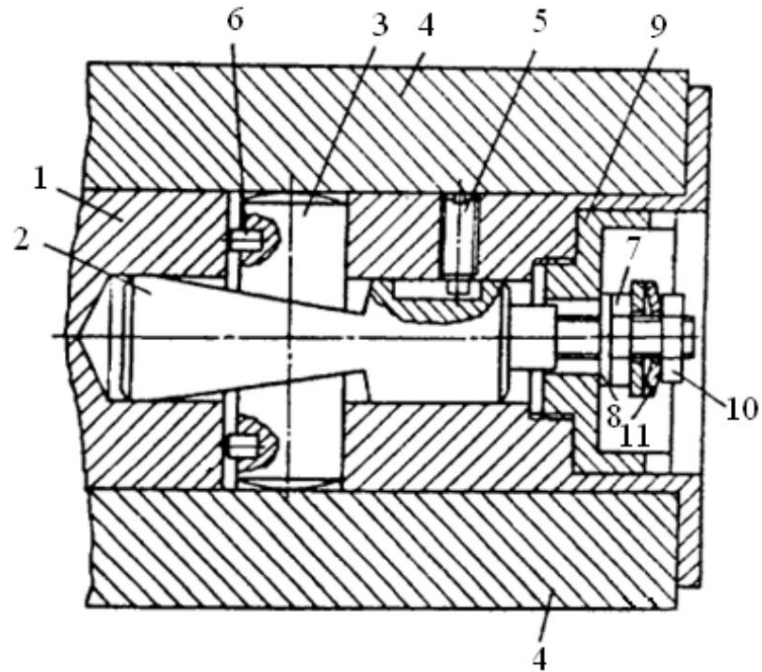
1.5.3 Regulowane konstrukcje tarcz

Ze względu na fakt, że w celu utrzymania stabilnego składu granulometrycznego, W przypadku gotowego produktu ważne jest zapewnienie stałego odstępu między dyskami, niektórzy autorzy zwracają uwagę na ten problem.

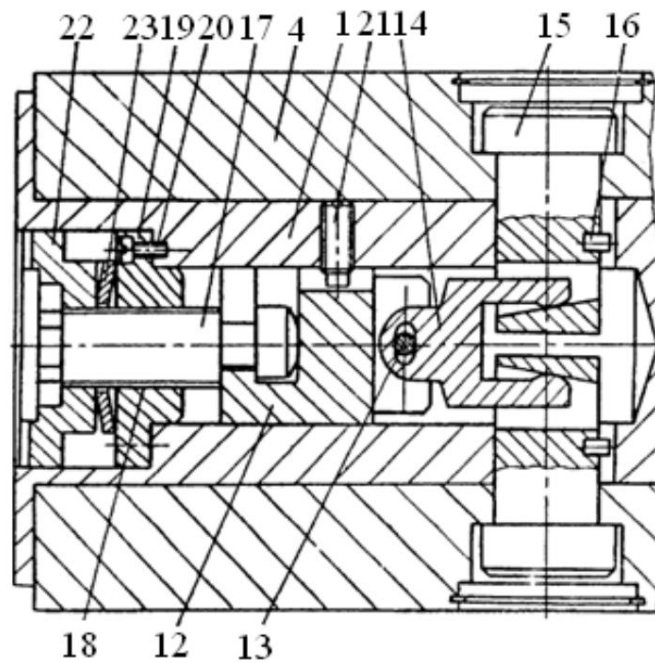
Opracowano dysk DIM [135], który umożliwia niezawodną regulację układu szczelin pierścieniowych oddziałujących w komorze roboczej DIM (rys. 1.20, rys. 1.21), uzyskać wymaganą frakcję materiału, zwiększyć trwałość i niezawodność operacja dyskowa, zwiększenie niezawodności maszyny.

Dyski tej konstrukcji montuje się w komorze roboczej DIM z utworzeniem tworząc szczelinę wylotową między nimi za pomocą mechanizmów regulacyjnych i ustalenie położenia wkładów szlifierskich 4. W tym celu należy odkręcić nakrętkę 22 i wyjąć Sprężyna talerzowa 23 zostaje przesunięta. Przesunięcie pręta 17 powoduje cofnięcie płyty dwubiegowej. widełki 14 o wartość potrzebną do przesunięcia zacisków 15, gdy

regulacja położenia wkładów szlifierskich 4 względem obudowy 1, co decyduje o określonej wielkości odstępu pomiędzy dyskami w komorze roboczej. Potem jest usuwana nakrętka zabezpieczająca 10 i sprężyna talerzowa 11.



Rysunek 1.20 — Mechanizm regulacji tarczy



Rysunek 1.21 — Mechanizm regulacji tarczy

Gdy nakrętka 7 obraca się, dwubiegowy klin 2 porusza się, wchodząc w interakcję z działaniem na pinach 3 i ustawia je na wymaganą wartość. Piny 3 definiują określenie położenie wkładek szlifierskich 4 względem obudowy 1. Nakrętka 7 jest zablokowana sprężyną talerzową 11 i nakrętka zabezpieczająca 10. Mocowanie wkładek szlifierskich 4 względem obudowy 1 odbywa się poprzez przesunięcie drążka 17 za pomocą drążka 12 i dwubiegowej prowadzący widelec 14 współpracujący z zaciskami 15.

Zastosowane w tym projekcie rozwiązania techniczne pozwalają na: zdaniem autorów, w celu zwiększenia niezawodności regulacji szczeliny pierścieniowej odciążającej i zapewniają większą trwałość i jednolitość wymiarów gotowego produktu. kanał.

Znany jest również dysk DIM [136] (rys. 1.22), który jest instalowany w DIM za pomocą poprzez stworzenie pierścieniowej szczeliny wylotowej.

Przed rozpoczęciem pracy należy zastosować mechanizmy regulacyjne i mocujące. wymagany rozmiar szczeliny ustala się poprzez umieszczenie wkładek szlifierskich 5 dyski. W tym celu należy obrócić śrubę 7, co zapewni ruch postępowy. tło 6. W wyniku tego wewnątrz komory 2 powstaje nadciśnienie, podane zgodnie z prawem Pascala na wszystkich powierzchniach stykających się z materiałem. Pod wpływem tego ciśnienia kołki 4 przesuwają się.

i 5 wkładek o następujących rozmiarach:

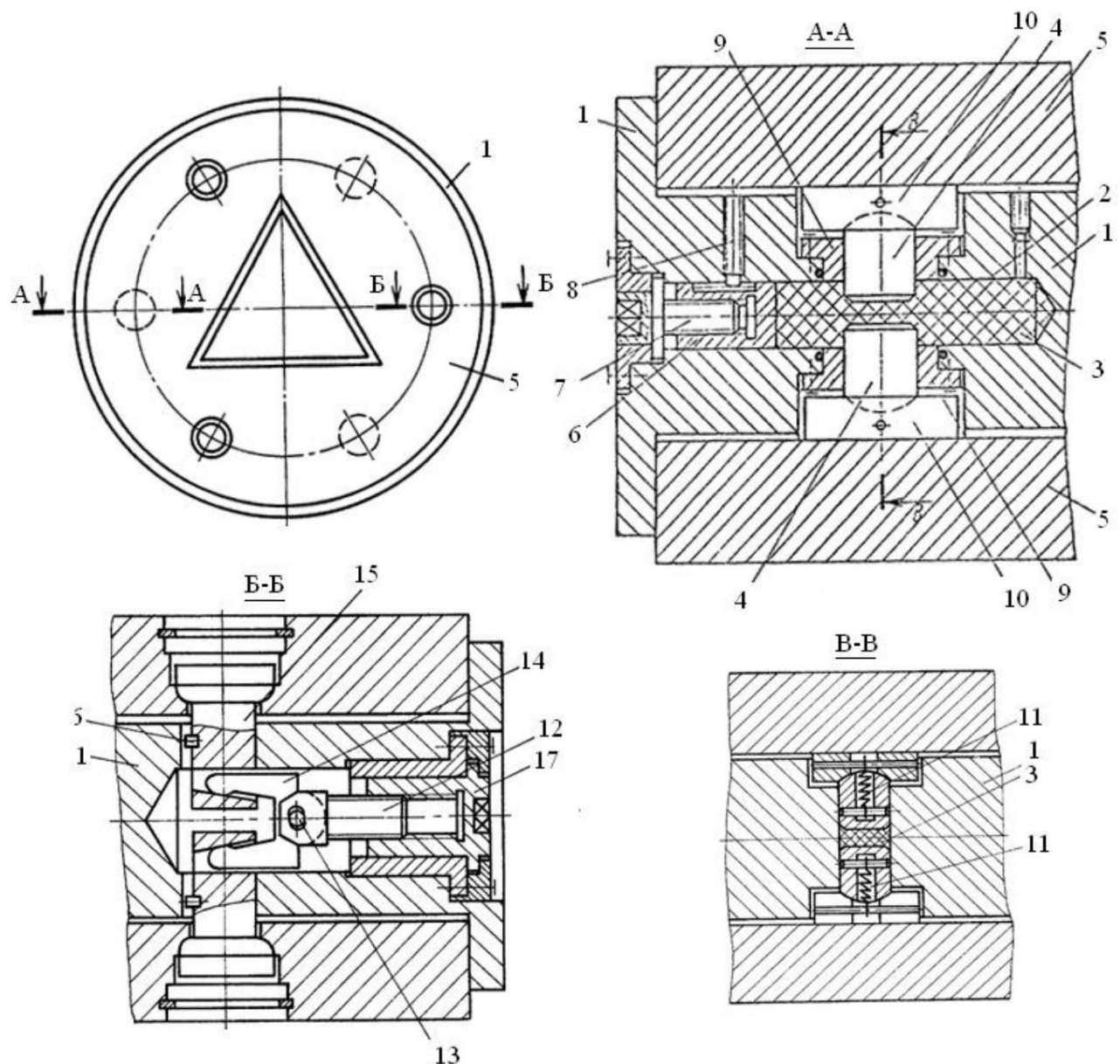
$$H_1 = \frac{h_2 S_2}{2 S_1}, \quad (1.19)$$

gdzie h_2 jest przesunięciem tła oka 6;

S_2 — przekrój kołka 4;

S_1 jest polem przekroju poprzecznego tła oka 6.

Następnie obracając nakrętkę 17 przesunąć pręt 12 razem z dwubiegową widełki prowadzący 14, które współpracują z zaciskami 15, realizują ustalenie położenia wkładek 5 względem korpusu 1.



Rysunek 1.22 — Dysk DIM

Autorzy wynalazku uważają, że takie rozwiązanie techniczne zwiększa wydajność wydajność pracy dzięki zmniejszonemu zużyciu powierzchni styku metalu mechanizm regulacji wkładek mielących, który dodatkowo zmniejsza prawdopodobieństwo odrzutu kółków i ich zacinanie się na skutek równomiernego nacisku na ich końce.

Rysunek 1.23 i tabela 1.3 przedstawiają przybliżone dane analizy zakres rozproszenia materiału i jednostkowe zużycie energii dla ton przetworzonego surowca (stopień rozdrobnienia), co wynika z analizy potencjału możliwości głównych typów maszyn stosowanych w metalurgii.



Rysunek 1.23 – Zakres dyspersji różnych maszyn

Tabela 1.3 – Koszty energii jednostkowej przypadające na tonę przetworzonego surowca
rya (stopnie zmielenia)

Вид машины	Удельные энергозатраты, кВтч/т (степень измельчения)					
	0(5)	10(25)	20(50)	30(75)	40(100)	50,0(>100)
Щековая						
Одновалковая зубчатая						
Гладковалковая						
Разгонно-ударная						
Молотковая						
Барабанная						
Дисковая						
ДИМ комбинированного действия						

Z punktu widzenia analizy procesów kruszenia i mielenia wyraźnie widać, że
 że połączone działanie DIM na materiał ma szerszy zakres
 zakres redukcji rozmiaru oryginalnego produktu, obejmujący kilka typów

typowych maszyn o stosunkowo niskich kosztach jednostkowych energii. To jest święte wynika z faktu, że w badanych projektach DIM o działaniu łączonym, Procesy kruszenia i mielenia odbywają się równocześnie.

Zastosowanie takich projektów DIM zwiększy produktywność wydajność, poprawa jakości gotowego produktu, zwiększenie niezawodności maszyn, ich łatwość konserwacji, co ostatecznie obniży koszty szlifowania przybory.

Wnioski do rozdziału 1

1. Główne rodzaje i cechy zastosowania różnych maszyn kruszących i mielących w przemyśle metalurgicznym z punktu widzenia ich efektywnego zastosowania w przetwórstwie metalurgicznym surowce i odpady produkcyjne. Stwierdzono, że głównie do niszczenia ciał stałych i kruche materiały są kruszone, w przypadku surowców o średniej lepkości są kruszone przekładką, a w przypadku słabszych materiałów stosuje się obciążenie udarowe.

2. Główne metody mechanicznego niszczenia materiałów i Ustalono, że najmniej energochłonną metodą jest rozerwanie materiału od środka. W przemyśle metalurgicznym zastosowanie metody rozdrabniania materiału z wewnątrz wciąż nie wiadomo, podczas gdy tworzenie sił pękających może być zrealizowane w czystej postaci lub w połączeniu ze ścinaniem w kruszarkach zębatych jednowalcowych, stosowany do przygotowywania aglomeratów frakcji handlowych nadających się do dostarczania wypalanie wielkich pieców

3. Wykazano, że powstanie fragmentacji po zniszczeniu materiału pierwotnego ziaren większych niż 5 mm, zmielenie ziaren mniejszych niż 5 mm mm. Procesy te są zwykle obecne w każdym DIM, ale gdy są połączone, Projektując, z reguły zawsze starają się zapewnić komuś przewagę. proces materiałowy, który określa nazwę maszyny (kruszarki lub młyn) (telefon).

4. Ustalono, że w powszechnie stosowanym DIM łączony efekt skuteczne połączenie procesów kruszenia i mielenia jest niezwykle rzadkie, co jest spowodowane specyficznymi warunkami niszczenia i rozwiązaniami projektowymi.

5. Analizuje się, że główną wadą podstawowych praw fragmentacji jest a niemożność ich szlifowania jest powodem, który korygujemy poprzez wprowadzenie różnorodnych różnych współczynników proporcjonalności, przy ustalaniu wartości boty niezbędne do zniszczenia pod złożonym wpływem różnych metod. Prawie niemożliwe jest zniszczenie wszystkiego w jednej maszynie.

6. Wyodrębniono odrębną klasę kruszarek tarczowych, w których ze względu na zmiany w konstrukcji wewnętrznych wnęk dysków są stosunkowo łatwe do osiągnięcia tworzenie łącznego oddziaływania na materiał poprzez redystrybucję preferencyjne działania destrukcyjne w kierunku działań mniej energochłonnych, np. uderzenie i cięcie, a następnie kalibracja gotowego produktu. Tworzenie warunków połączone działanie zmniejsza liczbę używanego sprzętu i prowadzi do bardziej racjonalnych warunków obniżania kosztów energii na potrzeby przetwarzania surowce.

2 SYNTEZA METOD I URZĄDZEŃ DO TERAPII KOMBINOWANEJ WPŁYW NA MATERIAŁY I PERSPEKTYWY ROZWOJU

W przemyśle metalurgicznym jest obecnie stosowany znaczną liczbę różnych DIM-ów, spośród których wszystkie są różnorodnie najczęściej stosowany w przetwórstwie i przygotowywaniu surowców. Uzyskano składowiki przedstawione w tabeli 2.1 [6].

Tabela 2.1 – Główne cechy DIM stosowanego w metalurgii

Typ DIM	Zamiar	Producent- wydajność, t/h	Stopień ułamka Lenija
Policzek	Duże i średnie kruszenie ruda, wapień, spiek spiekany i inne materiały	2–500	3–30
Stożkowy	Duże, średnie i małe kruszenie rudy, wapienia, paliwo i inne materiały	75–220	40–120
Wygładzony- kucie	Paliwo	do 16	3–40
Ząbkowany- wałek	Aglospec	200–900	16–30
Wapień młotkowy, węgiel, bentonit		do 250	30–40
Bęben	Wapień, bentonit	12–50	50–100
Dysk	Walka ognioodporna	10–12	3–100

Wszystkie wyżej wymienione maszyny służą do niszczenia materiałów. przeważnie w jednym z kilku sposobów ich nakładania siły destrukcyjne:

krusząca - krusząca;

krusząca stożkowa - kruszenie i mielenie;

krusząca stożkowa obrotowa - krusząca;

Krusząca walcowa z wałkami walcowymi - krusząca;

Krusząca walcowa z długimi zębami - przez przeciskanie przez ruszty (cięcie);

krusząca młotkowa - swobodne uderzenie w locie;

Młot bębnowy - uderzenia i ścieranie.

W związku z tą zasadą zapewnienia oddziaływania na materiał tworzone warunki o większym stężeniu ładunku jest praktycznie niewykonalne jest możliwe, z wyjątkiem młotów bębnowych (kulowych i pręt) i te ze zwiększonym zużyciem energii i prawdopodobieństwem możliwości nadmiernego szlifowania materiału.

W ten sposób spełniono przesłanki do utworzenia DIT o zwiększonym charakterystyka wskaźników efektywności, które są warunkowo możliwe na sklasyfikować następująco:

— działanie łączone [137], łączące jednocześnie procesy kruszenia i mielenia oraz różnego rodzaju zniszczenia, które zachodzą sekwencyjnie;

— wieloetapowa obróbka materiałów do wymaganego formatu;

- wzrost poziomu energii przeznaczanej bezpośrednio na cele użytkowe zniszczenie materiału źródłowego.

2.1 Wymagania wstępne dla tworzenia zasadniczo nowych DIM-ów

Wiodący kierunek doskonalenia i rozwoju nowoczesnego procesami technologicznymi, systemami i urządzeniami jest tworzenie nowych [139, 140], skuteczne metody, maszyny, jednostki i produkty mające na celu wzrost głównych kryteriów oceny wyników, z których najważniejsze to: wydajność, jakość pracy, niezawodność, trwałość, odporność na zużycie trwałość, długowieczność itp.

Biorąc pod uwagę to podejście, dział alność innowacyjna ma fundamentalne znaczenie podstawowy wektor, który definiuje formy i odmiany pomysł owości poziom rozwiązywanych zadań, który jest potwierdzony i gwarantowany przez międzynarodowe na szeroką skalę w oparciu o standaryzację.

Międzynarodowa Klasyfikacja Wynalazków [140] zapewnia ujednoliconą podejście skoncentrowane na jednym celu i zapewniające ogromną różnorodność kierunków tworzenie nowych produktów i technologii oraz kompleksowa poprawa ich istniejące analogi.

Biorąc pod uwagę podstawową rolę w rozwoju społeczeństwa technogenicznego wiodące znaczenie zyskały kierunki tworzenia nowych gałęzi przemysłu procesy technologiczne i urządzenia techniczne do ich realizacji cje. Ponieważ surowcem do wszelkiego rodzaju działalności są zasoby globu, wydobywany jako minerały, jeden z głównych masowe, przemysłowe rodzaje działalności człowieka są używane do przygotowania i wzbogacania surowców w oparciu o procesy kruszenia, kruszenie i sortowanie. Stąd wiodącą rolę przypisuje się procesom rozproszenie i ogromna różnorodność metod niszczenia materiałów rybołówstwa, w tym wykorzystując najnowsze osiągnięcia nauki światowej i techniki.

2.2 Synteza maszyn o działaniu łączonym łączących zalety

ścieranie i inne rodzaje oddziaływań na materiał

Zastosowanie frezarek tarczowych znane jest już od dawna, np. do pozyskiwania mąki z upraw zbóż. Jednak on sam zasada działania nie uległa od dłuższego czasu żadnym istotnym zmianom jony, co zmniejszyło jego skuteczność do punktu całkowitego wyparcia. maszyn dyskowych pochodzących z produkcji przemysłowej. Poprawa kierunku ten realizowany był poprzez intensyfikację ruchu materiałów prawdziwe w komorze roboczej, tworząc maszyny, które nie są typowe dla tej klasy

warunki stosowania obciąż eń szlifierskich (ści nających, udarowych, samoostrzących itp.), uzupeł niając podstawową zasadę oddzia ywania na surowce poprzez ścieranie. W ten sposób W tym samym czasie zsyntetyzowano nowe metody i urządzenia, które są uważ ane za poniż ej.

W produkcji metalurgicznej stosuje się mł yny tarczowe lub mł yńskie moż na wykorzystać do uzyskania mł ego produktu, na przykł ad, jak w przypadku praca filii nr 1 Poł udniowego Kompleksu Górniczo-Hutniczego „Alczewsk-zakł ad metalurgiczny" do przerobu zł omu ogniotrwał ego picha. W nich produkt jest gł ównie cięty pomiędzy krąż kami w końcu przez ścieranie przy wychodzeniu z pęknięcia, w wyniku czego jego frakcja-kompozycja okazuje się być bardziej jednolita pod względem wielkości (mniejsza pod względem rozmiaru) luka). Części robocze maszyn tego typu poruszają się z reguł y z niską prędkością obrotową, a co za tym idzie, czasem przetwarzania oryginał u Czas przebywania surowca w komorze roboczej jest dł uż szy.

Gł ówne czynniki wpł ywające na efektywność takiego dział ania Urządzenia są następujące:

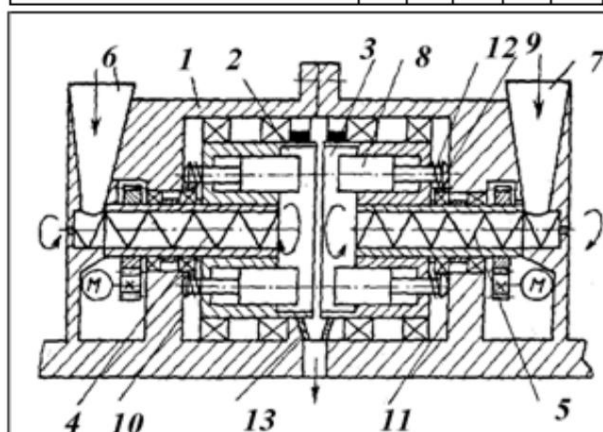
- a) wielkość szczeliny roboczej między tarczami;
- b) kształ t szczeliny;
- c) warunki ruchu dysków względem siebie;
- d) cechy konstrukcyjne dysków;
- d) warunki podawania materiał u do mł yna.

Macierz wariantów gł ównych, zasadniczo nowych projektów ma-

Typ opon tego typu pokazano na rysunku 2.1.

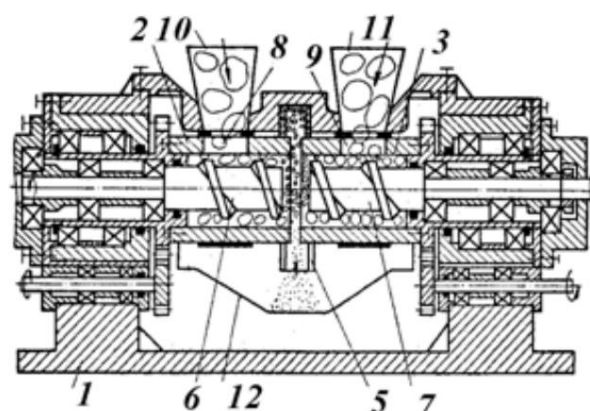
Moż liwość udoskonalenia konstrukcji kruszarek tarczowych odbywa się zgodnie ze stopniem wpł ywu każ dego z nich powyż sze czynniki na wydajność pracy (rys. 2.1). Opcje w dziewiętnastu zakł adach wprowadzono usprawnienia w zakresie wydajności takich mł ynów projekty i jedna metoda kruszenia materiał ów, podstawowa nowość co potwierdza piętnaście certyfikatów praw autorskich ZSRR i cztery ukraińskie patenty.

Технологический эффект	Элементы конструкций																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Повышение степени измельчения	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+
Выровненность готового продукта	+	+	+		+	+			+	+		+			+	+		+	
Снижение энергозатрат				+				+					+	+			+		+
Повышение производительности	+	+			+	+		+		+	+	+			+	+	+		+
Повышение надежности	+	+					+	+				+	+						
Упрощение конструкции							+	+				+	+						
Самоизмельчение материалов	+	+																	



1 А.с. СССР № 1581381

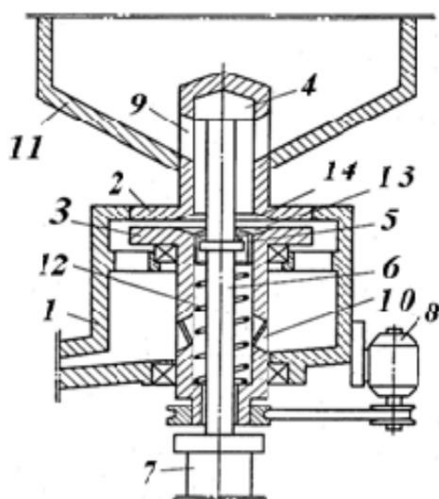
1 - корпус, 2, 3 - камеры, 4, 5 - шнеки, 6, 7 - воронки, 8 - поршни, 9 - копиры, 10, 11 - профильные поверхности, 1, 2 - пружины, 13 - течка



2 А.с. СССР № 1597215

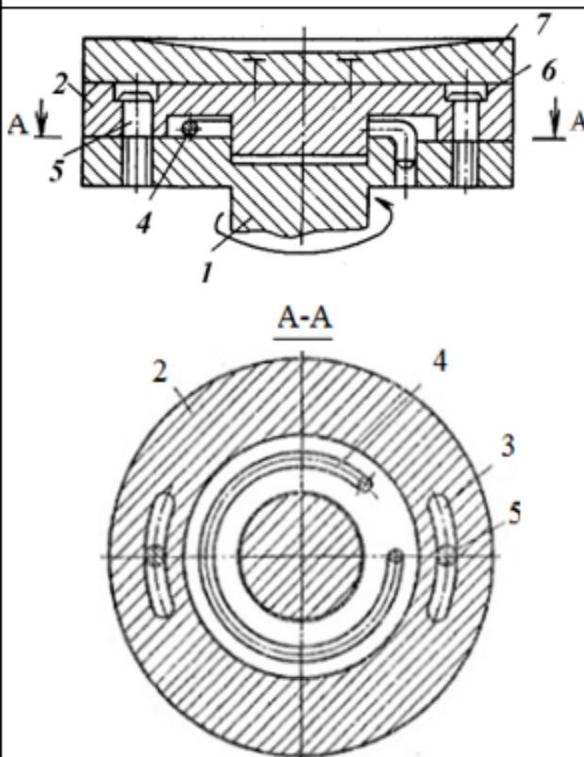
1 - корпус, 2, 3 - цилиндры, 5 - устройство выгрузки, 6, 7 - шнеки, 7, 9 - окна, 10, 11 - воронки, 12 - конвейер

Рисунок 2.1, Аркуш 1 – Оpcje nowych rozwiązań w zakresie mielenia ł ą czonego w związku z tym efektem technologicznym



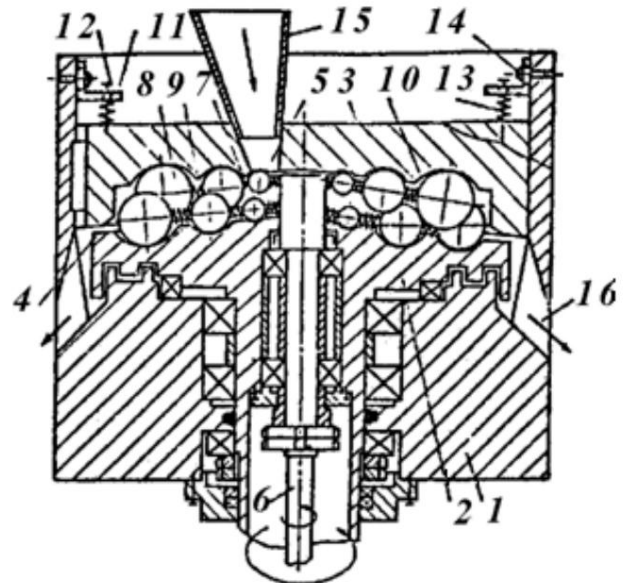
3 А.с. СССР № 1592039

1 - корпус, 2, 3 - камеры, 4, 5 - плунжера, 6 - тяга, 7 - привод, 8 - двигатель, 9, 10 - окна, 11 - бункер, 12 - пружина, 13, 14 - рабочие полости



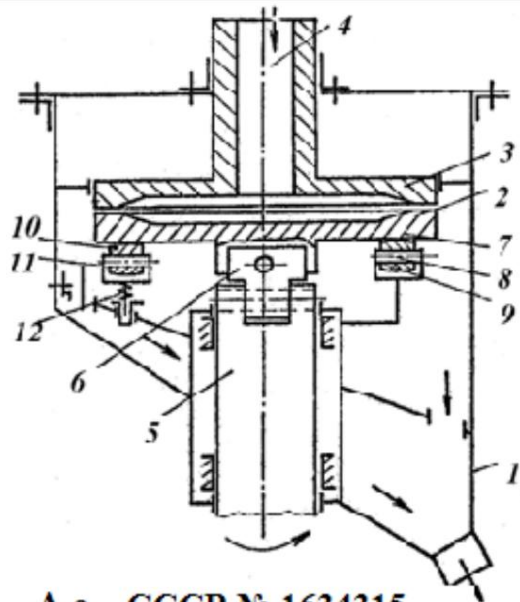
5 А.с. СССР № 1629091

1 - обойма, 2 - планшайба, 4 - упругий элемент, 5, 6 - пальцы, 6 - диск



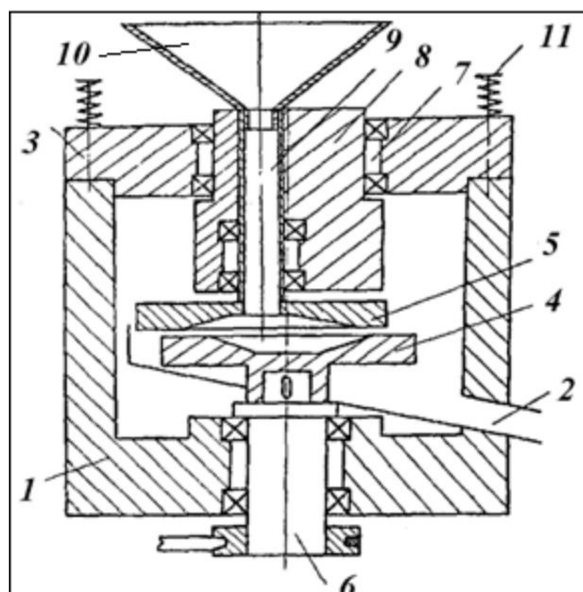
4 А.с. СССР № 1627246

1 - корпус, 2, 3 - диски, 4 - кольцевая щель, 5 - загрузочное отверстие, 6 - вал, 7 - оси, 8 - шары, 9, 13 - пружины, 10 - канавки, 11 - упоры, 12 - болты, 14 - механизм регулировки, 15 - загрузочная воронка, 16 - отводы



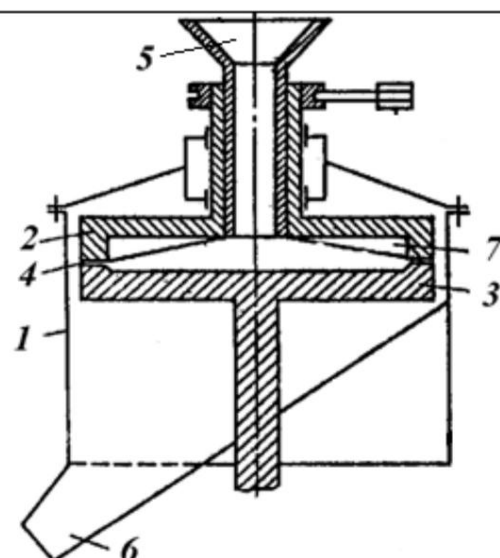
6 А.с. СССР № 1634315

1 - корпус, 2, 3 - диски, 4 - отверстие, 5 - вал, шарнир, 7 - профилированная поверхность, 8, 10 - ролики, 9, 11 - оси, 12 - пружины



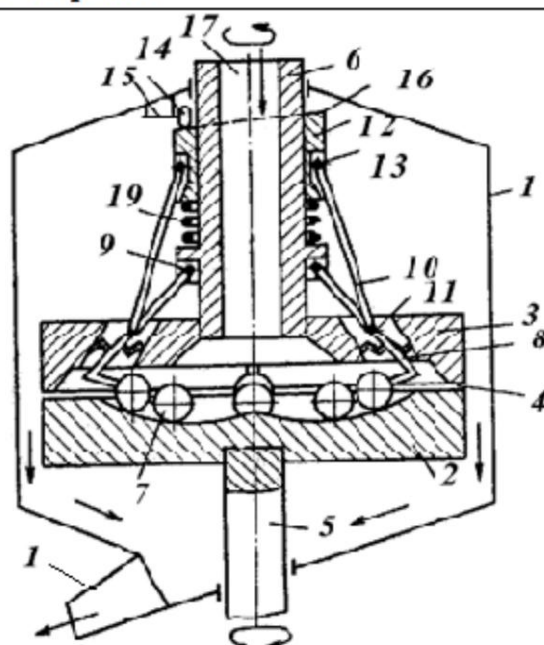
7 А.с. СССР № 1636041

1 - корпус, 2 - течка, 3 - крышка,
4 - диск, 5 - диск, 6 - вал, 7 - окно,
8 - полый вал, 9 - отверстие,
10 - воронка



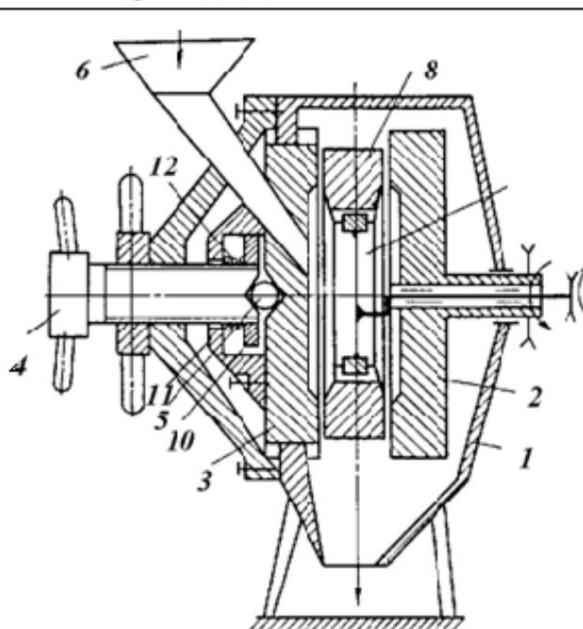
8 А.с. СССР № 1662679

1 - корпус, 2, 3 - диски, 4 - кольцевая
щель, 5 - загрузочная воронка,
6 - устройство для выгрузки,
7 - выступы диска



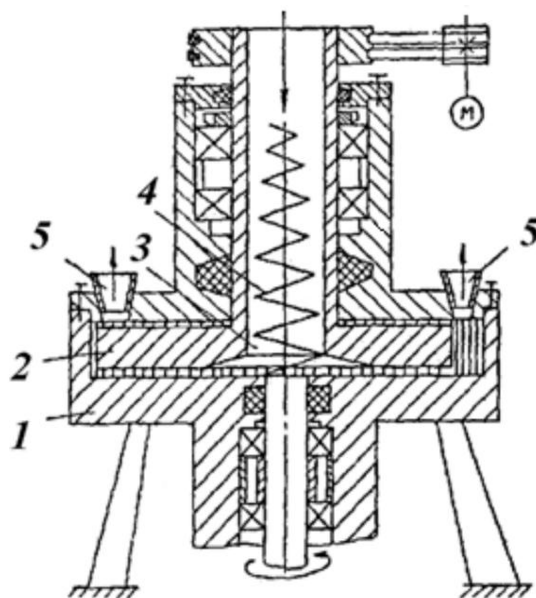
9 А.с. СССР № 1717218

1 - корпус, 2, 3 - диски, 4 - кольцевая щель,
5 - вал, 6 - полый вал, 7 - шары, 8 - стержни,
9, 11, 13 - шарниры, 10 - тяги, 12 - кольцо,
14 - шары, 15 - ось, 16 - профилированная
поверхность, 17 - загрузочное отверстие,
18 - течка, 19 - пружина



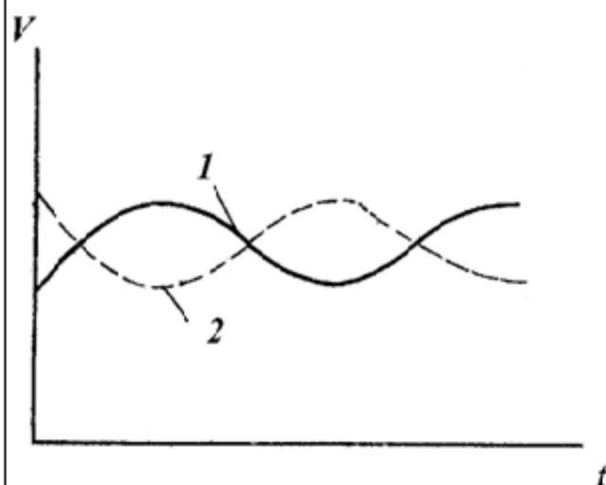
10 А.с. СССР № 1620130

1 - корпус, 2, 3 - диски, 4 - винт,
5 - шаровая опора, 6 - воронка,
7 - отвод, 8 - кольцо, 9 - водило,
10, 11 - бурты, 12 - пружина



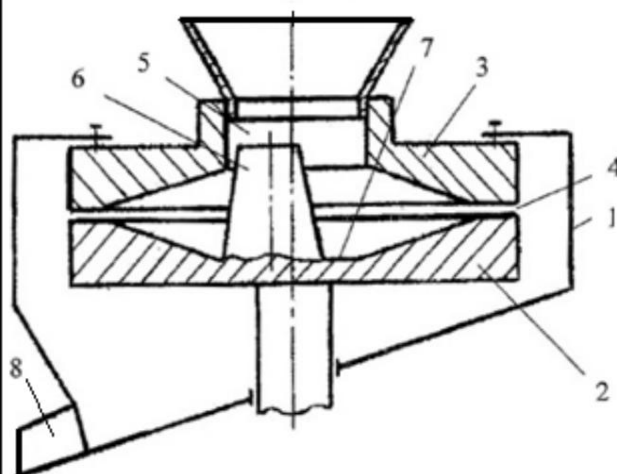
11 А.с. СССР № 1625523

1 - рабочая камера, 2 - диск, 3 - загрузочное отверстие, 4 - шнек, 5 - загрузочные конуса



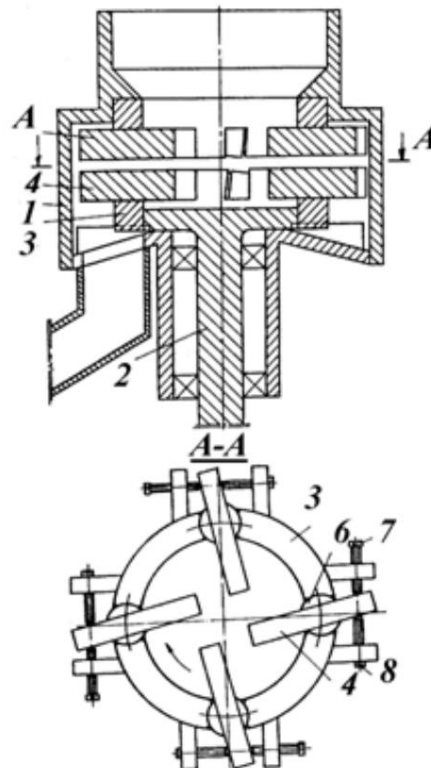
12 А.с. СССР № 1644999

1 - график изменения скорости первого диска,
2 - график изменения скорости второго диска



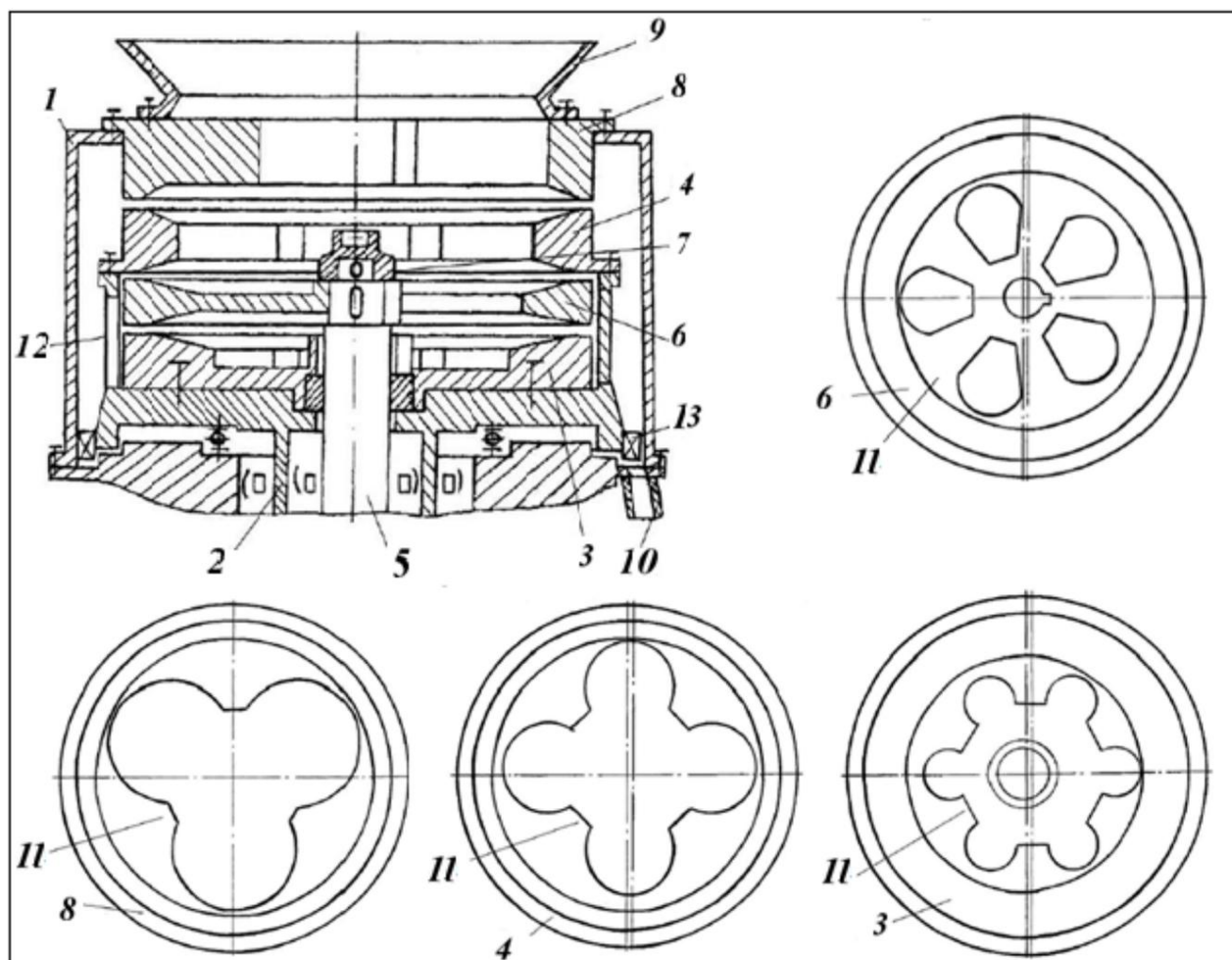
13 Пат. Украины № 54716

1 - корпус; 2 - нижний диск; 3 - верхний диск; 4 - кольцевая щель; 5 - загрузочное отверстие; 6 - конический выступ; 7 - рабочая торцевая поверхность нижнего диска; 8 - разгрузочное отверстие



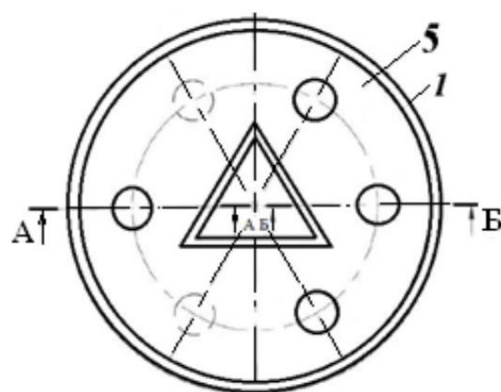
14 А.с. СССР № 1551416

1 - корпус, 2 - ротор, 3 - кольца, 4 - ножи, 6 - шарниры, 7, 8 - упоры



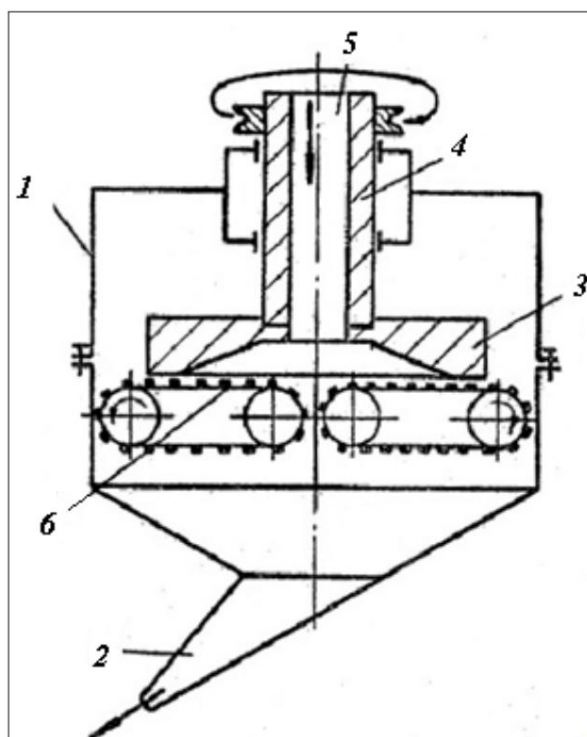
15 Пат. Украины № 52417

1 - корпус; 2 - вертикальный полый вал;
3 - чашеобразный диск; 4 - кольцо;
5 - вал; 6 - кольцо; 7 - перемешиватель;
8 - кольцо; 9 - загрузочный патрубок;
10 - разгрузочный патрубок; 11 - выступы;
12 - разгрузочные окна; 13 - скребки

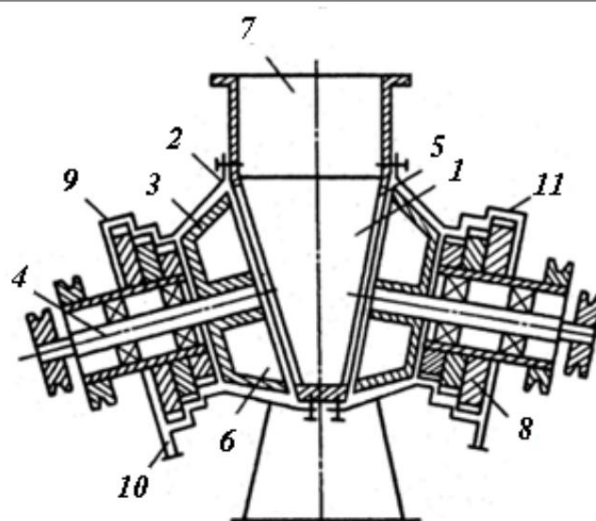


16 Пат. Украины № 87360

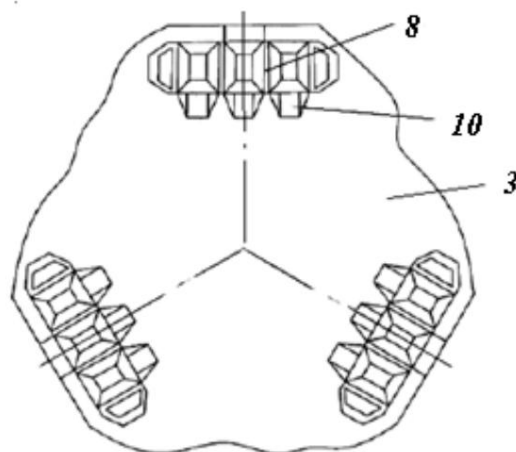
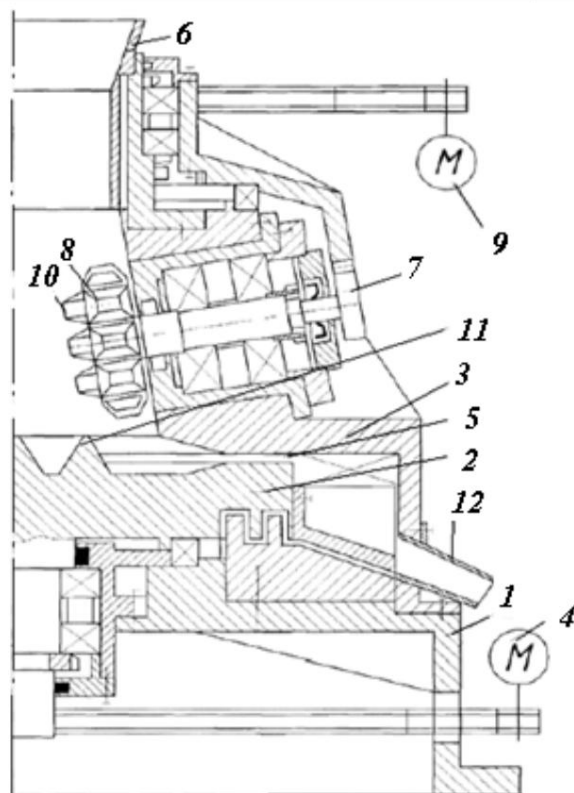
1 - корпус; 5 - мелющие вставки;
6 - захват; 7 - пружина

**17 А.с. СССР № 1717213**

1 – корпус, 2 – разгрузочный желоб,
3 – диск, 4 – вал, 5 – загрузочный
патрубок, 6 – конвейера

**18 А.с. СССР № 1744831**

1 – помольная камера, 2 – фланцы,
3 – диски, 4 – валы, 5 – кольцевые
разгрузочные щели, 6 – лопасти,
7 – загрузочное отверстие, 8 – роторы,
9 – обечайки, 10 – устройства для выхода
готового продукта

**19 Пат. Украины № 87379**

1 – корпус, 2, 3 – чаши,
4, 9 – привод, 5 – разгрузочная щель
6 – загрузочная воронка, 7 – шестерня,
8 – дробильная головка, 10, 11 – зубья
12 – лоток

2.2.1 Organizacja warunków samorozdrabniania

Ze względu na fakt, że dużą rolę odgrywają warunki dostaw surowców do produkcji można zastosować dodatkowe ciśnienie poprzez dociśnięcie rozdrobnionego materiału do tworzywa twardości, jak w urządzeniu dla szlifowania [141]. Każda komora wyposażona jest w dyszę załadowczą i tarczę pionową z twardości, równomiernie rozmieszczone na obwodzie, z wewnętrznymi powierzchniami końcowymi korpusu są profilowane, a na twardości oczyszczone. Wyposażony jest w sprężynowe koparki, które współpracują z profilowanym powierzchniami i urządzenia do wprowadzania materiału są wykonane w postaci świdrów (rys. 2.1, arkusz 1, opcja 1).

Urządzenie szlifujące wykorzystuje zasadę samoczynnego szlifowania materiału. Ruch spowodowany ścieraniem się tarcz, przy jednoczesnym zapewnieniu ciągłego zasilania. Do transportu surowców do strefy destrukcji służą urządzenia ślimakowe, które wywrzeć zwiększony nacisk na ziarna [142]. Urządzenie wyposażone jest w ślimaki, każdy z nich jest zainstalowany w pustym cylindrze z możliwością przeciwnego ustawienia obrót względem niego z prędkością większą od prędkości obrotowej cylindra, każda komora posiada otwór załadowczy (rys. 2.1, arkusz 1, opcja 2).

Te rozwiązania techniczne pozwalają na zwiększenie wydajności, samorozdrabniający się pień, niezawodność działania przy jednoczesnym wzroście mocy wyjściowej, jednolitość składu frakcyjnego gotowego produktu i sprzyja samorozdrobnieniu materiałów, ale ich wdrożenie wymaga również dużych nakładów energii.

2.2.2 Wzmocnienie rozdrabniania materiału wewnątrz komory roboczej

Urządzenie do kruszenia materiałów stałych intensyfikuje kruszenie za pomocą twardości w komorach roboczych i pomiędzy nimi [143] podczas obrotu układu komory roboczej. Twardości są sztywno połączone ze sobą w kierunku osiowym, z których jeden jest zaprojektowany z możliwością ruchu osiowego przesunięcie względem innego twardości (rys. 2.1, arkusz 2, opcja 3).

Zwiększenie koncentracji obciążenia na materiale można osiągnąć poprzez: umieszczenie kulek pomiędzy dyskami, których średnica zwiększa się od środka do obrzeża. Dodatkowo kulki można dociskać do dysku za pomocą zawiasów. trakcja [144]. Posiada pionowy wał z promieniowym wałem przechodzącym przez dolny dysk. z prętami osiowymi, które są umieszczone promieniowo między tarczami na dwóch poziomach, w tym przypadku pręty osi są przesunięte z poziomu na poziom o połowę w porównaniu do prętów osie są na różnych poziomach, a kule zamontowane na prętach-osiach są od siebie oddzielone od siebie za pomocą sprężyn (rys. 2.1, arkusz 2, opcja 4).

Element szlifierski zapewnia dodatkowy częściowy obrót przedmiotu obrabianego. boki powierzchni dysku w różnych kierunkach obrotu pod wpływem sił tarcie w obszarze roboczym i sprężyna powrotna samego dysku [145]. Jest wyposażony w wykonany z możliwości obracania na kołnierzu i połączony z nim za pomocą elementu sprężystego z płytą czołową wykonaną z łukowatych rowków i tarczą zamocowany na płycie czołowej, a kołnierz jest połączony z płytą czołową poprzez przejście przez te ostatnie mający łobienia palcami (ryc. 2.1, arkusz 2, opcja 5).

Urządzenie kruszące zapewnia, że dolny dysk porusza się względem górnego, który tworzy dodatkowe siły w komorze roboczej i wraz z wskutek ścierania materiałów ulega rozdrobnieniu [146]. Mechanizmokoło. Ruch oscylacyjny realizowany jest w postaci rolek zamontowanych na obwodzie tarczy dolnej, wyposażona w powierzchnię czołową profilu, z którą styka się rolki, z których co najmniej dwie są mimośrodowe, a ich osie są trwale zamontowane w obudowie, osie pozostałych rolek są względne obudowy posiadają połączenie sprężyste za pomocą sprężyn; a dolny dysk jest połączony z wałkiem wodnego za pomocą przegubu krzyżowego (rys. 2.1, arkusz 2, opcja 6).

Mimośrodowe wzajemne ułożenie dysków względem siebie jest Zmieniono w młynie tarczowym przez A. With. ZSRR nr 1636041 [147], które zapewniają więcej drobniejsze mielenie i wspomaganie wyrównywania granulometrii soli stając się produktem końcowym.

W młynie tarczowym [148] obserwuje się wzrost sił kontaktowych na materiale uzyskuje się to poprzez obecność wypukłości na górnym dysku i pionowych grzbietów na dolnym. sloty ładowania. Dolny dysk ma pionowe szczeliny rozdawcze, Występy skierowane promieniowo mają profil trójkątny lub kołowy i są rozmieszczone są podzielone na sektory w taki sposób, że każdy sektor jest względny do kierunku obrót górnego dysku rozpoczyna się od wysunięcia największej wysokości i wysokości pozostałych występów sektora są sukcesywnie zmniejszane, przy czym wysokość każdego występu jest kierunek od centralnej części dysku w kierunku obwodu zwiększa się (rys. 2.1, arkusz 3, opcja 8). Poddany kruszeniu (oprócz ścierania) surowiec jest dzielony ostre krawędzie wypukłości, gdy dostanie się do szczelin.

W konstrukcji młyna zwiększono koncentrację obciążenia na materiale uzyskuje się poprzez umieszczenie kulek pomiędzy dyskami, których średnica zwiększa się jest rozłożona od centrum ku peryferiom. Znajdują się one w rowkach pierścieniowych [149]. Ona wyposażone w pręty, połączone przegubowo dolnymi częściami końcowymi za pomocą kulek nirow z prętami przechodzącymi przez górny dysk, przymocowanymi do podłoża wał (rys. 2.1, arkusz 3, opcja 9).

Stosowane jest również mimośrodowe rozmieszczenie tarcz względem siebie. jest stosowany w zakładach drobnego mielenia materiałów [150]. Jest wyposażony w nośnik napędu umieszczony między dyskami, mimośrodowo połączony z napędem jego jednostki napędowej i zamontowanej na kierowcy z możliwością swobodnego ustawienia. ruchu za pomocą pierścienia, a na śrubie regulacyjnej i tarczy na kuli Podpora mocowana jest za pomocą kołnierzy sprężynowo rozdzielonych (rys. 2.1, arkusz 3, opcja 10).

Młyn zapewnia dodatkowe oddziaływanie na materiał, co dodaje uzyskuje się poprzez mimośrodowe położenie tarczy górnej względem tarczy dolnej. do niego, jak również jego częściowe położenie w obrębie tego ostatniego [151]. Szlifowanie narzędzi posiada otwór osiowy, przez który przepływa płyn pompujący ślimak, rura wylotowa znajduje się w górnej części komory roboczej, a wewnętrzna Przednia ściana boczna komory roboczej posiada żebrowanie, natomiast sam organ roboczy broń ma kształt dysku, którego przekrój poprzeczny jest elipsą (Rys. 2.1, arkusz 4, opcja 11).

Opracowano metodę mającą na celu zwiększenie wydajności młynów tarczowych kruszenie materiałów, którego zastosowanie intensyfikuje proces samoostrzące [152]. Materiał przetwarzany jest z różną prędkością. obszary obrotowe dysków, a różnica prędkości dysków jest okresowo zmieniana dodatniego na ujemny (rys. 2.1, arkusz 4, opcja 12), co przyczynia się do lepsze mieszanie cząstek materiałów podczas mielenia.

Aby stworzyć warunki łagodnego oddziaływania na materiał, należy wstępnie młyn powstaje w procesie kruszenia i ostatecznie ścierania [153]. Dolny dysk połączony jest stożkowym występem, który znajduje się na końcu powierzchnia dysku jest mimośrodowa względem jego osi, a górna część występu jest umieszczony w otworze łagodnym górnego dysku (rys. 2.1, arkusz 4, opcja 13).

Udoskonalone konstrukcje powyższych maszyn i metoda kruszenia zwiększyć efektywność przetwarzania surowców poprzez tworzenie dodatkowych wysiłki w obszarze roboczym.

2.3 Dodatkowe tworzenie warunków cięcia

Konstrukcja młyna [154] zapewnia wstępne mielenie materiałów za pomocą noży, a następnie jego ścieranie pomiędzy tarczami, które są zamontowane są również montowane w rowkach pierścieni i mogą być obracane w kierunku obrotu pierścieni, przy czym każdy nóż jest instalowany w rowku pierścienia za pomocą zawiasu z ogranicznik regulowany (rys. 2.1, arkusz 4, opcja 14).

Maszyna wielotarczowa [155] umożliwia intensywniejsze rozproszenie dzięki kilku etapom cięcia (rozbijania), co zwiększa wydajność efektywność. Wewnętrzne powierzchnie dysku w kształcie kubka i pierścieni, zlokalizowane między nim a górnym pierścieniem, montowane są z mimośrodem względem osi urządzenia grubość pierścieni zmniejsza się od góry do dołu, podczas gdy liczba kroków wzrasta (rys. 2.1, arkusz 5, opcja 15).

Zarządzanie operacyjne wielkością produktu gotowego i wynagrodzeniem za nos korpusów roboczych uzyskuje się poprzez zastosowanie tarczy nastawnej [156], w której wewnątrz rozdzielonej obudowy, wspólnie osiowo z nią umieszczone jest koło o zębate, połączone wewnętrzne zazębienie z kołami zębatymi, z których każde oddziałuje na gwinty o różnych kierunkach za pomocą dwóch podnośników (rys. 2.1, arkusz 5, opcja 16). Złożoność regulacji jest zmniejszona, a dokładność montażu zwiększona.

2.4 Połączony typ dysku DIM

Szczególnie interesujące są połączone moduły DIM, które są ze sobą połączone składają się z kilku maszyn połączonych w jedną konstrukcję bazową.

Wstępne frakcjonowanie można przeprowadzić przy użyciu kruszarki [157], gdzie napędowy organ transportowo-mielący jest zaprojektowany w formie przenośnika płytowego instalowane z możliwością ruchu przeciwnego przemieszczenie gałęzi zwróconych w stronę tarczy (rys. 2.1, arkusz 6, opcja 17).

Niszczarka jest konstrukcją kombinowaną, częściowo zapewniając samoczynne szlifowanie w centralnej komorze roboczej z późniejszym przemiał umieszczony na wspólnych wałach z mieszadłami kubkowymi wirnikami [158]. Wyposażony jest w wspólnie osiowo zamontowane wałki boczne spody dysków tarczowych z wielostopniowymi wirnikami bijakowymi i pokrywą ich muszle (ryc. 2.1, arkusz 6, opcja 18).

Rozdrabniacz [159] przeznaczony jest do zwiększenia wydajności wstępnego drobne kruszenie dzięki temu, że komora robocza górnej misy jest wykonana w kształcie ściętej piramidy, której duża podstawa jest skierowana w dół, na bokach głowice kruszące zamontowane są na krawędziach z możliwością obrotu, natomiast powierzchnie zewnętrzne i końcowe głowic kruszących oraz dno dolnej części Miski posiadają zęby (ryc. 2.1, arkusz 6, opcja 19). Pozwala to na zwiększenie produktywności. wydajność o 40–50%.