



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 03.08.79 (P. 217551)

Pierwszeństwo: 03.08.78 Szwecja

Zgłoszenie ogłoszono: 21.04.80

Opis patentowy opublikowano: 31.12.1984

Int. Cl.⁸

E21F 15/00

E21C 41/06

CZYTELNIA

Urząd Patentowy
ul.

Twórcy wynalazku: Gustav Hoberstorfer, Torsten Norén

Uprawniony z patentu: Gränges AB, Sztokholm; Gustav Hoberstorfer,
Järfälla; Torsten Norén, Täby (Szwecja)

Sposób selekcyjnego podziemnego urabiania rudonośnej skały lub przygotowania wydrążień skalnych

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób selekcyjnego podziemnego urabiania wydrążień skalnych.

Znane są w technice górniczej dwa główne sposoby urabiania, mianowicie odkrywkowe i podziemne, przy czym w technice górnictwa podziemnego wyróżnia się trzy podstawowe sposoby urabiania.

Pierwszym ze sposobów jest urabianie za pomocą obudów drewnianych zabezpieczających wydrążone w wyniku eksploatacji obszary. Sposób ten ma względnie dobrą wybiórczość, lecz powoduje straty minerału, co najmniej do czasu, gdy w końcowej fazie podpory są usuwane.

Drugi sposób urabiania to wybieranie z zawalaniem, dopuszczające zawalenie wydrążonych w wyniku wydobywania obszarów przez warstwy, bloki czy skały, dla zapewnienia wyrobiska i utworzenia warstwy zabezpieczającej przed zapadaniem części górotworu i bloków. Sposób ten odznacza się słabą lub prawie żadną wybiórczością, co powoduje znaczne straty rudy lub alternatywnie znaczną domieszkę skały pionnej, zależnie która z tych dwóch skrajności jest preferowana.

Ostatni ze znanych sposobów urabiania to wrębianie i podsadzanie wydrążonych w wyniku wydobywania obszarów przy użyciu tanich materiałów, takich jak skała pionna, piasek, odpady, otrzymywanych z zakładów przetwórstwa minerałów i wzbogacania rudy. Podsadzanie odznacza się tym, że jest planowane, sztuczne oraz zakłada dostęp

2

do odpowiedniego materiału wypełniającego, a tym samym jest kosztowne. Sposób ten zakłada, że urabiany materiał jest względnie wartościowy, w związku z tym straty urobku muszą być małe. Ponieważ późniejsza przeróbka produktu w zakładach przetwórstwa, wzbogacania minerałów jest względnie kosztowna, wykorzystuje się tu inną zaletę sposobu wrębiania i podsadzania, a mianowicie niskie zanieczyszczenie skałą pionną. Sposób urabiania za pomocą wrębiania i podsadzania jest sposobem wybiórczym, przy czym ma istotną zaletę, jaką jest efekt ochrony środowiska, gdyż niektóre ziarniste frakcje odpadów przetwarzania, wzbogacania minerału mogą być zawrócone do kopalni i użyte jako wypełnienie. Wypełnienie dostarczane jest do kopalni dla stabilizacji wyrobisk i zabezpieczenia ich przed zawaleniem.

Czynnikiem ograniczającym szerokość urabianej warstwy podczas urabiania pokładu minerału sposobem podsadzkowym, w kierunku ku górze jest wytrzymałość rudonośnej skały. Wysokość warstwy jest określana przez szerokość pokładu i przez wytrzymałość minerału lub ściany górotworu. W przypadku użycia podsadzki hydraulicznej stabilizowanej cementem podczas drążenia wgłębnego czynnikiem ograniczającym szerokość warstwy jest wytrzymałość podsadzki.

W sposobie urabiania przy zastosowaniu podsadzki hydraulicznej stabilizowanej cementem przy użyciu odpowiednich ilości cementu (średnie pro-

porcje cementu 1:6) rozpiętość wyrobisk wynosi 6 m i jest ograniczona przez szerokość pokładu minerału.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu nie mającego wad znanych sposobów.

Cel wynalazku osiągnięto przez podanie sposobu polegającego na tym, że w pierwszym etapie, przez określony czas, wyrobisko przygotowuje się do napełnienia lodem poprzez częściowe odebranie zawartego w jego ścianach ciepła geotermicznego, do osiągnięcia przez ściany temperatury poniżej 0°C.

W drugim etapie na ściany wyrobiska podaje się w określonych odstępach czasu wodę i wytwarza się warstwę lodu. Dla zwiększenia wytrzymałości lodu wodę podaje się wraz z drobnziarzystym lub włóknistym materiałem. Gdy mieszanina wody z dodatkami zwiększającymi wytrzymałość lodu zostanie przechłodzona i zamarznięta, rozpoczyna się trzeci etap, w którym utrzymuje się zamrożoną masę lodową odbierając energię geotermiczną przepływającą stale w czasie okresu niezbędnego dla osiągnięcia celu. Wychładzanie to i zamarzanie jest prowadzone we wszystkich trzech etapach za pomocą sztucznie chłodzonego powietrza. Pierwszy i trzeci etap można pominąć, gdy warunki klimatyczne są takie, że skała wokół wydrążenia jest wystarczająco zamrożona tak, że drogą naturalną można otrzymać dużą wytrzymałość lodu. Przy odpowiednich warunkach klimatycznych można pominąć w drugim etapie sztuczne chłodzenie, przy czym zakłada się, że w takich warunkach powietrze atmosferyczne ma na tyle niską temperaturę, że może być bezpośrednio użyte bez pomocy sztucznego schładzania.

We wszystkich trzech etapach dostarcza się powietrze chłodzące o temperaturze poniżej 0°C, korzystnie poniżej -5°C, szczególnie o temperaturze poniżej -10°C, przy czym najkorzystniejszą jest temperatura poniżej -15°C, przy której lód ma wystarczającą wytrzymałość i małe pękanie. Te właściwości fizyczne lodu zmniejszają się lub zwiększają znacznie w temperaturach poniżej -10°C.

Gdy temperatura powietrza jest wyższa niż określona wyżej, stosuje się, zależnie od pory, sztuczne chłodzenie powietrza lub też kombinację chłodzenia sztucznego z wykorzystaniem chłodzonego powietrza atmosferycznego, przy czym powietrze o odpowiednio niskiej temperaturze jest schładzane sztucznie w bateriach chłodniczych, zaś niska temperatura skał i niska temperatura powietrza atmosferycznego są tylko pozytywnymi czynnikami poprawiającymi ekonomiczność wynalazku lecz nie mają podstawowego znaczenia.

Przeprowadzone obliczenia wykazały, że całkowite koszty sposobu urabiania wynoszą połowę wielkości całkowitych kosztów sposobu urabiania przy użyciu podsadzki hydraulicznej stabilizowanej cementem, nawet w przypadku, gdy średnia temperatura powietrza atmosferycznego wynosi +30°C, a temperatura skał w tym czasie wynosi również +30°C. Zakres stosowania sposobu we-

dług wynalazku jest praktycznie niezależny od położenia geograficznego.

Powietrze chłodzące musi z zasady i w ogólności przepływać w układzie zamkniętym, oddzielnym całkowicie od normalnego systemu wentylacyjnego kopalni, dla stworzenia odpowiednich warunków klimatycznych dla pracy personelu. Dzięki temu, że powietrze jest w układzie zamkniętym, spełniony jest wstępny warunek dla łatwiejszego kontrolowania i utrzymywania natężenia przepływu i temperatury chłodzącego powietrza.

Dla zapewnienia umiarkowanego czasu zamarzania w drugim etapie, ściany wydrążenia w pierwszym etapie zamraża się za pomocą przepływającego powietrza w warstwie co najmniej kilku decymetrów do temperatury poniżej 0°C, przez co wytwarza się bariera zimna dla płynącego ciepła geotermicznego i dla ciepła odbieranego od zamarzającej wody podawanej w drugim etapie. Warunki w barierze zimna, jej głębokość i rozkład gradientu temperatur na grubości bariery, zmieniają się zależnie od wysokości temperatur wynikających z przepływającego ciepła geotermicznego i temperatury wody, jak również od przyjętych długości kolejnych okresów zamarzania wody i chłodzenia lodu. Chłodzenie wstępne prowadzi się do uzyskania na głębokości 0,5 m od powierzchni ściany temperatury skał maksimum poniżej -3°C, przy czym po uzyskaniu tej temperatury przystępuje się do drugiego etapu.

Woda podawana w drugim etapie ma temperaturę nieco powyżej 0°C, korzystnie od +1°C do +2°C, przy czym korzystne jest periodyczne natryskiwanie wody warstwami. Powietrze chłodzące doprowadza się w drugim etapie periodycznie tak, że podczas natryskiwania wody przepływ powietrza jest ograniczony lub wstrzymany. W czasie gdy natryskiwanie wody utrzymuje się, powietrze chłodzące przepływa z pełną prędkością i chłodzi położoną warstwę. Należy dążyć aby chłodzenie było jak najbardziej wydajne, dlatego też za pomocą różnych urządzeń, takich jak wentylatory, przegrody, zasuw i przy wykorzystaniu komputera procesowego nadaje się powietrzu chłodzącemu taką prędkość w układzie zamkniętym, aby zapewnić potrzebny, zależny od etapu, odpływ ciepła, w taki sposób, aby w umiarkowanym czasie osiągnąć założoną dla danego etapu temperaturę.

Przy danych parametrach takich jak: temperatura geotermiczna skały, pożądana konfiguracja sztucznej bariery chłodu izolującej od ciepła geotermicznego, temperatura powietrza atmosferycznego i cena energii elektrycznej, niezbędna ilość powietrza chłodzącego oraz jego prędkość jest problemem optymalizacji.

Powietrze chłodzące wpływa do wydrążonych obszarów przez kanały, zwykle są to chodniki lub szyby, przy czym powierzchnia przekroju poprzecznego tych ostatnich wynosi zwykle 10 m², co przyjęto do podstawowych obliczeń wynalazku. Z powodu warunków aerodynamicznych prędkość powietrza w chodnikach i szymbach powinna być ograniczona do 10 m/sek. Gdy powietrze wlatuje do wydrążonego obszaru o powierzchni przekroju po-

przecznego 24 m² jego prędkość spada do 4 m/sek. Prędkość ta jest zbyt mała, dlatego też za pomocą wentylatorów osiowych lub prowadnic wprowadza się zawirowania strumienia powietrza i w ten sposób wzdłuż powierzchni chłodzonej uzyskuje się prędkość powietrza 10 m/sek. Przy tej prędkości poprawia się wymiana ciepła, ciepło jest odbierane bardziej wydajnie, dzięki czemu chłodzenie przebiega w krótszym czasie niż przy prędkości 4 m/sek. W zasadzie jednak każda prędkość i ilość powietrza chłodzącego w rozsądnych granicach może być przyjęta.

Podczas zmrzania lodu pojawiają się jeszcze inne wymagania co do regulacji strumienia powietrza chłodzącego, w czasie natryskiwania wody w sposób periodyczny, gdy przede wszystkim należy zabezpieczyć możliwość zatrzymania lub znacznego zredukowania strumienia powietrza. Ponadto nawet podczas przerw, gdy ściana nie jest zraszana wodą, należy zapewnić regulację przepływu powietrza dla uzyskania właściwej prędkości i wydatku, w czasie gdy grubość warstwy lodu rośnie i zmniejsza się powierzchnia przekroju poprzecznego. Regulację prowadzi się za pomocą czujników wysyłających sygnały do komputera procesowego, który reaguje zgodnie z określonym programem. Całość odbywa się zgodnie ze znaną techniką automatycznej regulacji procesu.

Przy technologii drażenia wgłębnego, proces zmrzania lodu jest prowadzony w ten sposób, że pomiędzy górną powierzchnią płyty lodowej a powierzchnią leżących nad nią skał lub drugą płytą lodową, pozostaje szczelina chłodząca. Szczelina ta ma wysokość 1 m i powierzchnię przekroju poprzecznego 6 m² oraz jest wykorzystywana w trzecim etapie dla zapewnienia stałego chłodzenia i wchodzi w skład zamkniętego układu, w którym chłodzące powietrze cyrkuluje w okresie niezbędnym dla utrzymania stabilizującego lodu. W drażeniu ku górze, gdy lód jest spodkiem wyrobiska nie ma możliwości utworzenia szczeliny chłodzącej w tak prosty sposób. Należy wtedy przed rozpoczęciem wytwarzania lodu umieścić nad spodkiem wyrobiska cienkościenny arkusz blachy, plastiku lub tektury lub zastosować rury lub skrzynie. Inna możliwość to nawiercenie pionowych otworów o odpowiedniej średnicy, przez co można uzyskać skośne szczeliny zapewniające chłodzenie, przy czym może się zdarzyć, że właściwa skala ma na tyle niską temperaturę, że chłodzenie nie jest konieczne. W tym przypadku trzeci etap jest pominięty.

Istotą sposobu jest sztuczne schładzanie powietrza do temperatury poniżej -10°C, korzystnie temperatury -15°C, a nawet -25°C. Z ekonomicznego względu korzystne jest, aby temperatura spadła poniżej -15°C do -25°C, dla zwiększenia zdolności wydobywania w danej kopalni lub jej sekcji.

Gdy ciepło geotermiczne skały jest duże, przeprowadza się chłodzenie wstępne, a następnie wytworzony lód poddaje się chłodzeniu. Ciepło z tych dwóch źródeł jest przekazane za pomocą wymiennika ciepła powietrzu wentylacyjnemu. Ma to miejsce w przypadkach, gdy przeciętna średnia

temperatura powietrza jest niska. W drugim etapie produkcji lodu, gdy jest to możliwe, wprowadza się do wody domieszkę materiału, dodatki wzmacniające, zwiększając wytrzymałość lodu. Eksperymentalnie stwierdzono, że wytrzymałość na zginanie lodu zwiększa się do 200% przez dodanie 10% wagowo domieszki drobnoziarnistego materiału. Zwiększenie wytrzymałości wzrasta znacznie w miarę zmniejszenia się wymiaru ziarna, przy czym jest to w zakresie 0,1—0,05 mm. Korzystne jest użycie drobnoziarnistego materiału pochodzącego z zakładów przetwórczych w kopalniach. Wyjątkowo drobnoziarniste frakcje materiału w ściekach z tych zakładów, gdy są przechowywane w otwartych zbiornikach, stanowią źródło kłopotów, dopóki nie zostaną przedsięwzięte odpowiednie kroki, takie jak regulacja PH lub możliwość dysponowania zbiornikami o olbrzymiej powierzchni. Pojawiają się również problemy z jonami metalu. Wspomniane problemy zanieczyszczania środowiska, wynikające z niekorzystnych czynników, jakimi są drobnoziarniste odpady i jony metalu, mogą być rozwiązane częściowo, a w pewnych przypadkach całkowicie, przez wykorzystanie ścieku z zakładów przetwórczych do podsadzki lodowej. Superdrobne frakcje, które nie powodują efektu zwiększenia wytrzymałości lodu, wtopione w lód, stają się nieszkodliwe i pozostają w kopalni po rozpuszczeniu lodu. Stosuje się także wzmocnienie materiałem włóknistym, co zwiększa wytrzymałość lodu na rozciąganie o więcej niż 100% przy zastosowaniu 10% objętościowo domieszki włókna organicznego, np. włókna drzewnego.

Jak wynika z powyższego, opracowany sposób podziemnego drażenia minerału lub przygotowania wydrzeń skalnych, pozwala na pełne wydobywanie złoża minerału i nie ma wad znanych sposobów i pozwala na całkowitą selektywność ze względu na położenie urabianego miejsca, a w przypadku podziemnego wydobywania minerałów zwiększa jakość produkcji. Jakość produkcji jest polepszona w porównaniu z innymi sposobami przez sprowadzenie do minimum domieszki skały płonnej. Sposób umożliwia niemal całkowite wydobywanie minerału, ponieważ jest metodą wrębiania i podszadzenia, w której wyrobiska są stabilizowane podsadzką. Wypełnieniem jest woda w postaci lodu, przy czym jest w normalnych warunkach łatwiej dostępna niż inne wypełnienia. Sposób według wynalazku zabezpiecza przed ryzykiem zawału, dzięki temu że po wyczerpaniu złoża lub urobieniu jego części, lód użyty do stabilizacji może być zachowany.

Sposób jest prosty w zastosowaniu przy drażeniu wgłębnym, a nawet jest zalecany ze względów ekonomicznych, przy drażeniu ku górze dzięki możliwości tylko częściowego wypełnienia wyrobiska lodem. Praca prowadzona jest w wyrobisku pod sztucznym stropem, który może być lepiej kontrolowany niż jest to w przypadku stosowania znanych sposobów urabiania. Drażenie wgłębne daje możliwości utrzymania zyspni pionowych bez potrzeby dodatkowych prac wzmac-

niających i innych dodatkowych środków, takich jak blaszane kanały.

Można również we wstępnej fazie zamrażania lodu dostarczyć znacznie grubszą warstwę wody, na której utworzony zostanie film lodu, a następnie kontynuuje się normalne zamrażanie warstw lodu. Usytuowana pod masą lodu woda jest wydrenowana, a powstała przestrzeń może być wykorzystana do drażenia wgłębnego następnej warstwy. Ta sama metoda może być użyta do wykonania szczelin chłodzących.

Drażenie wgłębne umożliwia rozpoczęcie eksploatacji złoża wkrótce po jego osiągnięciu, bez operacji przygotowujących złożę do urobku, co znacznie ogranicza koszty produkcji. Gdy złożę lub jego część jest przygotowane wcześniej, można uzyskać znaczny wzrost produkcji, stosując przy tym drażenie wgłębne. Sposób urobku jest więc bardzo wydajny i zmniejsza znacznie koszty produkcji.

Sposób urobku według wynalazku zapewnia ochronę środowiska, ponieważ trudne do opanowania odpadowe ziarniste frakcje są wtopione w lód, poprawiając jego własności wytrzymałościowe. To samo odnosi się do jonów metalu, przy czym bez efektów wytrzymałościowych.

Sposób doskonale nadaje się do zastosowania przy wydobywaniu minerałów łatwoutleniających się, mających tendencję do samozapłonu. Dzięki niskiej temperaturze powietrza chłodzącego, procesy utleniania są opóźnione. Pod względem ekonomicznym przedstawiony sposób urobku jest znacznie tańszy od sposobu przy wykorzystaniu podsadzki hydraulicznej stabilizowanej cementem, przy czym ma wszystkie zalety tego ostatniego.

Korzystny układ kosztów wynika też z faktu, że 1 KWh energii elektrycznej odpowiada co najmniej 2 KWh energii chłodzenia. Korzystne jest również zastosowanie sposobu urabiania do przygotowania wydrążań skalnych dla przechowywania ciał stałych, gazów i/lub płynów.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładach zastosowania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia złożę minerału w przekroju pionowym, schematycznie; fig. 2, 3, 4 kolejne etapy drażenia pokładu rudy sposobem według wynalazku, w przekroju pionowym, schematycznie; fig. 6 — wyrobisko wypełnione masą lodową, jak na fig. 5, w przekroju pionowym, schematycznie; fig. 7 i 8 — etapy wypełniania wyrobisk masą lodową, w przekroju pionowym, schematycznie; fig. 9 — wyrobisko usytuowane pomiędzy wyrobiskami wypełnionymi masą lodową, w przekroju pionowym, schematycznie; fig. 10 — obszar eksploatacji, w przekroju pionowym, schematycznie; fig. 11 — obszar eksploatacji w przekroju wzdłuż linii A—A na fig. 10, schematycznie; fig. 12 — obszar eksploatacji w przekroju wzdłuż linii B—B na fig. 11, schematycznie; fig. 13 — zamknięty system chłodzenia, schematycznie; fig. 14 — układ wprowadzania zawirowań, schematycznie; fig. 15 — układ wprowadzania zawirowań, w innym przykładzie wykonania, schematycznie; fig. 16 — układ wprowadzania zawirowań, w kolejnym przykładzie wykonania; fig. 17, 18, 19, 20 —

sposób zmiany wydatku powietrza chłodzącego; fig. 21 — plan drażenia warstw, schematycznie; fig. 22, 23, 24 — etapy drażenia wgłębnego pokładu; fig. 25, 26, 27, 28 — głębokie złożę o dużej grubości warstwy w kolejnych etapach eksploatacji.

Na figurze 1 uwidoczniono złożę minerału 10. Drażenie przeprowadzone jest w warstwach a, c i e w złożu 10 (fig. 2). Warstwy a, c i e są usytuowane w dostatecznej odległości w kierunku pionowym, dla zabezpieczenia przed zawalem. Po wydrażeniu, wprowadza się do wyrobisk a, c i e warstwy wody, które zostają zmrażane, przez co otrzymuje się masywne, trwałe ciała wypełniające, płytę lub warstwę lodową stabilizującą wyrobisko i umożliwiające wybranie pozostałości pokładu minerału, przy czym urabia się minerał w warstwach b i d (fig. 4). Urabianie pokładu minerału uwidocznione na fig. 1 do 4 jest kontynuowane, aż do jego wyczerpania.

W opisanym schematycznie przykładzie warunki skalne są bardzo stabilne, ponieważ wszystkie warstwy mają taką samą wysokość i co druga warstwa może być usunięta, przy czym nie jest istotne, czy wyrobiska po warstwach b i d mają być wypełnione lodem czy też nie.

Na figurze 5 przedstawiono wyrobisko w przekroju pionowym, zaś na fig. 6 wyrobisko wypełnione masą lodową, a na fig. 7 i 8 warstwa c jest wypełniona masą lodową.

Część masy rudy usytuowanej pomiędzy masami lodu w warstwie b jest urobiona przy użyciu znajdującej się pod nią masy lodu jako platformy i górnej masy lodu jako stropu (fig. 9), przy czym we wszystkich wypełnionych wyrobiskach pozostawiono w górnej części szczelinę dla zapewnienia chłodzenia. Gdy urabianie jest zakończone i nie potrzebna jest już stabilizacja całości obszaru lub jego części masa lodowa ulega stopnieniu a skały zawałają się. Energia topnienia lodowej podsadzki jest wykorzystana przez wymianę ciepła do chłodzenia wody w innym rejonie.

W chłodnym klimacie i tam gdzie jest to konieczne wytworzona masa lodu, która zastępuje urobiony minerał jest utrzymywana w sposób naturalny lub sztuczny, w celu zabezpieczenia zawalu wydrążonych pod ziemią obszarów. Zawalenie się i zarwanie otaczających mas skalnych może doprowadzić w efekcie do utworzenia się jam i/lub zapadnięcia powierzchni gruntu.

Powietrze chłodzące konieczne do wstępnego chłodzenia wyłobień skalnych i do produkcji oraz utrzymania lodu ma temperaturę korzystnie od -15°C do -11°C , w związku z czym swobodna cyrkulacja powietrza chłodzącego w kopalni, użycia go jednocześnie do wentylacji, jest wykluczona a co najmniej niepożądana. Powietrze chłodzące potrzebne do chłodzenia wstępnego, produkcji oraz utrzymania lodu musi więc lub powinno cyrkulować w zamkniętym układzie bez bezpośredniego kontaktu z normalnym systemem wentylacyjnym.

Układ zamknięty chłodzącego powietrza nie jest w zasadzie bardziej skomplikowany niż normal-

ny system wentylacyjny i składa się z tych samych elementów prócz dodatkowych baterii chłodniczych w ilości jednej lub kilku, przy czym gdy temperatura powietrza atmosferycznego jest niska, wówczas ilość baterii może ulec zmniejszeniu. Rozmieszczenie przewodów powietrza chłodzącego zależy od konfiguracji złoża minerału. Dla przykładu, gdy konfiguracja jest ukośna, wówczas przewody lub szyby są usytuowane na spodzie pokładu. W przykładzie uwidocznionym na fig. 10 do 12 szyby umieszczono na zewnątrz złoża, przy czym urabiane złożo jest z nakładem i trzy warstwy a, b, c są urabiane. Warstwy są połączone przewodami 13, 14, 15, 16, 17 i 18 z szybami 19, 20, które są połączone przepustem na spodzie kopalni i są połączone z częściowo wypełnioną warstwą a. Szyby mają powierzchnię przekroju poprzecznego 9 m² i średnicę 3 m. Taką powierzchnia jest optymalna ze względu na drażnienie szybu, jak również umożliwienie dostarczenia żądanej ilości powietrza zarówno do chłodzenia wstępnego, jak też produkcji i utrzymania lodu bez większych strat aerodynamicznych, gdyż prędkość powietrza w szybie nie przekracza 10 m/sek.

Maksymalny wydatek powietrza chłodzącego wynosi więc 100 m³/sek. przy czym w wyrobisku o szerokości 6 m i wysokości 4 m, to jest o powierzchni przekroju poprzecznego 24 m², prędkość powietrza osiąga we wstępnej fazie, czyli w fazie wstępnego chłodzenia i na początku fazy produkcji lodu wartość 4 m/s.

Dla powyższych warunków niezbędnej minimalnej ilości powietrza chłodzącego i ze względu na ograniczenia wydatku powietrza w szybach, w związku z najwyższą dopuszczalną ze względu na straty aerodynamiczne prędkością powietrza, niezbędne są podwójne szyby, dla kopalni z dwoma eksploatowanymi wyrobiskami. Jedna para szybów dostarcza i odbiera powietrze do produkcji lodu w warstwie, druga dostarcza i odbiera powietrze następnej warstwie do chłodzenia wstępnego. Po zakończeniu chłodzenia w drugiej warstwie para szybów jest użyta do utrzymania lodu (na fig. 10 do 12 uwidoczniono tylko jedną parę szybów).

W warstwie a przeprowadzane jest chłodzenie warstwy lodu 21, a w warstwie b przebiega wstępne chłodzenie wyrobiska, zaś w warstwie c odbywa się wytwarzanie lodu (fig. 10 do 12). W warstwie a obszar chłodzący został zainstalowany bezpośrednio po wyrobieniu warstwy minerału i ta przestrzeń chłodnicza zawiera maszynię i silnik głównego wentylatora 23, pracującego w zamkniętym układzie chłodzenia oraz jednostkę lub chłodniczą baterię 24.

Jest oczywiste, że przestrzeń chłodnicza może być także umieszczona na spodzie pokładu, w celu wykorzystania pierwszej warstwy lub na powierzchni gruntu. W tym ostatnim rozwiązaniu należy jednak wydrążyć dodatkowy szyb lub pochylnię, w celu połączenia z podziemnym układem chłodzenia. Chłodnicza przestrzeń 22 jest połączona z kopalnią serwisowym chodnikiem 25.

Niezbędny przepływ powietrza do różnych po-

ziomów jest regulowany zasuwami 26, 27, 28 i 29 zgodnie z zapotrzebowaniem na zimne powietrze, które zależy od prowadzonego etapu operacji, to jest chłodzenia wstępnego, wytwarzania lodu czy jego utrzymania. Zasuw i cały system chłodzenia jest kontrolowany przez komputer procesowy, przy czym nie ma znaczenia czy rozbudowa kopalni jest prowadzona za pomocą szybów czy pochylni (fig. 12).

Powietrze potrzebne dla normalnej i właściwej wentylacji kopalni w celu rozcieńczenia i usuwania resztek gazów, gazów wybuchowych czy pyłu, jest dostarczane i odbierane z kopalni przez zwykły system wentylacyjny (nieuwidoczniony) kopalni, który jest oddzielony i niezależny od systemu chłodzenia. Pomimo, że oba systemy są niezależne, są one ze sobą powiązane w sposób pośredni poprzez żadaną temperaturę powietrza wentylacyjnego.

W przypadku zastosowania sposobu według wynalazku w warunkach równowagi, urabiany obszar jest zawsze w kontakcie z lodem, zarówno w przypadku drażnienia ku górze, kontakt ze spodem, jak w przypadku drażnienia wglębnego, kontakt ze stropem, przy czym zbyt wysoka temperatura powietrza wentylacyjnego jest niekorzystnym czynnikiem.

Zakłada się więc, że powietrze wentylacyjne jest chłodzone lub podgrzewane, jeżeli jest to wymagane do temperatury +1°C do +2°C. Biorąc pod uwagę aspekt ekonomiczny wynalazku, należy stwierdzić, że przedstawiony sposób w porównaniu ze sposobem, w którym stosuje się hydraulicznie stabilizowaną cementem podsadzkę, może być zastosowany, gdy zewnętrzne warunki klimatyczne są takie, że średnia temperatura powietrza przekracza +30°C, a więc gdy w normalnych warunkach powietrze wentylacyjne jest chłodzone. Jest także wiadomo, że w przypadkach gdy powietrze wentylacyjne jest podgrzewane, to można wówczas wykorzystać ciepło strat baterii chłodniczych, co daje znaczny efekt ekonomiczny w chłodnym klimacie.

Na figurze 13 uwidoczniono, w jaki sposób w tych warunkach można przeprowadzić wstępne chłodzenie. Celem chłodzenia wstępnego jest przygotowanie wyrobiska, poziomu, do zmrzania dostarczanej wody i zbudowania na wystarczającej głębokości bariery zimna, dla zrównoważenia ciepła zawartego w skałach, za pomocą ciepłego chłodzenia podtrzymującego, przy czym założono, że naturalna temperatura skały wynosi +10°C, w normalnych przypadkach odpowiada to w kopalni głębokości 300 m. Najbardziej ekonomicznymi temperaturami wytwarzania lodu są temperatury od -15°C do -11°C, przy czym późniejsze chłodzenie powinno zapewniać takie temperatury ze względów wytrzymałościowych.

Dobre parametry ekonomiczne procesu uzyskuje się dzięki temu, że zaproponowane powyżej temperatury uzyskuje się za pomocą tylko jednej instalacji chłodniczej, wyposażonej w jednostopniowy kompresor. Zakłada się również, że temperatura powierzchni skały czyli powierzchnia kontaktu skały z lodem jest schłodzona do -15°C.

Obliczono, że dla ciągłego utrzymania niezbędnej bariery zimna w ciągu koniecznego okresu czasu, korzystne jest zamrożenie skały co najmniej do -3°C na głębokości 0,3 m, mierzonej od powierzchni kontaktu. Założono również, że wielkość kopalni lub poziomu jest taka, że umożliwia równoczesne urabianie w kilku wyrobiskach.

Powietrze chłodzące, dostarczane przez jednostkę chłodniczą usytuowaną ponad lub pod powierzchnią gruntu, przepływa do szybu 31 o powierzchni przekroju poprzecznego 9 m^2 . W szybie 31 powietrze ma temperaturę -15°C . Następnie powietrze przepływa przez wyrobisko o powierzchni przekroju poprzecznego 25 m^2 . Skały 33 otaczające wyrobisko mają temperaturę $+10^{\circ}\text{C}$. Przepływające powietrze chłodzące wyrobisko o długości 100 m ogrzewa się do temperatury -11°C i przepływa ku górze przez szyb 34 o powierzchni przekroju 9 m^2 do wentylatora, a następnie jest zawracane do chłodniczej jednostki 30. Długość szybów 31 i 34 wynosi 50 m.

W warunkach wstępnych wyrobisko 32 jest schładzane do podanych temperatur w przeciągu kilku dni (fig. 13). Dla wyjaśnienia na fig. 13 wyrysowano schematycznie, linią przerywaną, gradient temperatur. Na fig. 14 użyto dla wygody takie same oznaczenia jak na fig. 13. Powietrze na wylocie z szybu 31 ma prędkość 10 m/s, a gdy powietrze wlatuje do wyrobiska 32 o przekroju 24 m^2 , jego prędkość nie przekracza 4 do 5 m/s. Korzystne jest dla wstępnego chłodzenia, zamontowanie prostych osiowych wentylatorów 36 wymuszających cyrkulację powietrza w przestrzeni 32, dla maksymalnego wykorzystania zawartego w nim zimna. Dla osiągnięcia wyższej wartości współczynnika wymiany ciepła pomiędzy powietrzem i ścianą powietrza, korzystnie ma na powierzchni chłodzonej prędkość 10 m/s. Z wielkości przekroju wyrobiska 32 wynoszącego 24 m^2 i z prędkości 10 m/s wynika wydatek $240\text{ m}^3/\text{s}$. Taki wydatek powodowałaby niczym nie uzasadniona prędkość powietrza w kanałach lub nadmierne zwiększenie ich ilości lub powierzchni przekroju, przy zachowaniu umiarkowanych prędkości. Dlatego też, maksymalne wykorzystanie zawartego w powietrzu chłodzącym zimna musi być uzyskane przy umiarkowanej prędkości powietrza w wyrobisku równej $100\text{ m}^3/\text{s}$ ($24\text{ m}^2 = 4\text{ m/s}$). Osiągnięto to przez zastosowanie osiowych wentylatorów 36, które wprowadzają lokalne zawirowania powietrza, odpowiadające prędkości powietrza 10 m/s. Jest to zilustrowane na fig. 14 zaznaczonymi przerywaną linią okręgami wokół wentylatorów 36. Ta sama pożądana turbulencja powietrza chłodzącego może być uzyskana przez zastosowanie w wyrobiskach przegród 37 zamiast osiowych wentylatorów 36 (fig. 15 i 16), przy czym przegrody są wykonane z taniego materiału jak cienka blacha, plastik lub tektura.

Z przedstawionych przykładów wynika, że dla właściwego zastosowania sposobu, problem optymalizacji nie może być pominięty i należy uwzględnić takie parametry jak ilość i koszt energii elektrycznej, temperaturę skały, temperaturę powietrza atmosferycznego, wielkość produkcji, wartość

rudy i położenie złoża. Również w istotnym dla sposobu według wynalazku trójstopniowym zmrażaniu, takie parametry jak końcowa temperatura lodu, głębokość i gradient temperatury w barierze zimna, czas zmrażania, ilość i prędkość powietrza chłodzącego mogą być zmieniane i zoptymalizowane.

Istotny dla sposobu urabiania wpływ wielkości wydatku powietrza chłodzącego opisano w oparciu o fig. 17 do 20. Jak uwidoczniło na fig. 17 do 19, w przypadku, gdy tylko jedna warstwa jest drążona wgłębnie, po urobieniu pierwszej warstwy 38, przestrzeń ta jest połączona z szybem 40. Ponieważ wysokość warstwy wynosi 4 m, a minimalna wysokość przy maszynowym urabianiu chodników wynosi 3 m, po wybraniu drugiej warstwy 42 i połączeniu jej z kanałami powietrza chłodzącego pozostanie część skały 43 o grubości tylko 1 m.

W praktyce jest to trudne do realizacji i dlatego chodnik ma wysokość równą z wyrobiskiem czyli 4 m. Ponadto, gdy zostaje rozpoczęte wytwarzanie lodu, musi być zbudowana bariera 41 dla oddzielenia bloku lodu od szybu 40, przy czym bariera 41 jest zbudowana w dowolnym wybranym miejscu, w związku z czym górna część szybu 40, który powinien być wykorzystany do transportu powietrza chłodzącego, ma powierzchnię większą niż 9 m^2 bez zauważalnego zwiększenia kosztów. Ilość powietrza chłodzącego jest więc znacznie zwiększona bez większych strat aerodynamicznych, przekraczając wydatek $100\text{ m}^3/\text{s}$, przy czym jedynym ograniczeniem powierzchni szybu jest wytrzymałość skały. Na fig. 20 uwidoczniło sytuację, gdy więcej niż jedna warstwa jest drążona w tym samym czasie. Zasada jest taka sama jak wyżej, z tym jednak zastrzeżeniem, że większy przekrój szybu 44 uzyskany przy urabianiu jest zmniejszony w miejscach 45, gdzie urabianie nie zostało jeszcze przeprowadzone. Pomimo strat aerodynamicznych w przewężeniach 45, sytuacja ta prowadzi do poprawy.

W praktyce podczas pierwszego okresu drążenia pokładu rudy, gdy jednocześnie drążonych jest kilka pokładów, korzystne jest dopuszczenie nieco dłuższych czasów chłodzenia i zmrażania związane z nieco mniejszą ilością powietrza niż stosowanie w wydrążeniach osiowych wentylatorów lub przegród.

W rzeczywistych warunkach, w gorszych warunkach niż wstępnie założone w przykładzie objaśnionym na fig. 1 do 9, urabianie warstw o tej samej wysokości oraz jednoczesne urabianie co drugiej warstwy nie jest możliwe. Sytuację tę schematycznie zilustrowano na fig. 21, gdzie h_e oznacza wysokość poziomu w kopalni, która zwykle wynosi 50 m lub wielokrotność 50 m, 5 oznacza numer warstwy wewnątrz wysokości poziomu h_e . Z powyższych założeń wynika, że wysokość warstwy wynosi 4 m, wobec tego ilość warstw wysokości poziomu h_e wynosi 12. Zakładając, że poziom jest rozwijany przez sztolnię na górnym poziomie N_0 , przez sztolnię na dolnym poziomie N_1 i przez inne niezbędne prace drążeniowe, takie jak wykonywanie pionowych zsymp, szybów wen-

tylacyjnych wykonanych pomiędzy poziomami i systemu chłodzenia potrzebnego do realizacji metody, można stwierdzić, że warstwa jest gotowa do urabiania na każdej swej wysokości. Jest to zaletą sposobu według wynalazku, ponieważ pozwala na rozpoczęcie urabiania na dowolnej wysokości warstwy, przy czym w przypadku wcześniejszego uruchomienia poziomu pożądane jest osiągnięcie maksymalnego wydobywania dla zmniejszenia kosztów produkcji.

Jeżeli założy się, że ze względów wytrzymałościowych skały i związanych z tym warunków bezpieczeństwa, pomiędzy dwiema warstwami, w których prowadzone jest wydobywanie pozostanie część warstwy, która odpowiada co najmniej podwójnej wysokości warstwy $\Delta h = 2h_s$, to wynika, że w czasie trwania pierwszej operacji w fazie, mogą być jednocześnie urabiane warstwy 1, 4, 7 i 10.

Po wypełnieniu lodem warstw 1, 4, 7, 10, teoretycznie można wybrać w następnej fazie operacji b bądź kontynuowanie drążenia ku górze, mianowicie do warstw 0, 3, 6, 9 kopalni, bądź zmianę kierunku drążenia na drążenie wstępne w kierunku warstw 2, 5, 8 i 11.

Drążenie ku górze jest sprzeczne z warunkiem $\Delta h = 2h_s$. Przy wyborze drążenia wstępnego w następnej fazie operacji b urabiane są warstwy 2, 5, 8 i 11. To samo rozumowanie dotyczącej fazy b operacji odnosi się również do fazy e.

Inną ważną zaletą sposobu według wynalazku jest możliwość drążenia wstępnego z wszystkimi jego przewagami nad drążeniem ku górze, jak praca pod sztucznym stropem, możliwość wykonania pionowych pochylni w skale. Jak wynika z fig. 21, wewnątrz poziomu mogą być eksploatowane 4 warstwy, jest to trzecia zasadnicza zaleta metody. Pozwala to na znacznie wyższy potencjał produkcji niż w przypadku stosowania konwencjonalnej metody podsadzki z podsadzką hydrauliczną. Ta druga metoda nie dopuszcza warunków $\Delta h = 2h_s$. Natomiast przy warunku $\Delta h = 2h_s$ prowadzi ona do znacznego zmniejszenia tempa produkcji ze względu na konieczność prowadzenia dużych, dodatkowych prac wzmocniających.

Możliwość uzyskania wcześniejszego wydobywania niż ma to miejsce przy zastosowaniu konwencjonalnej metody podsadzki z podsadzką hydrauliczną jest czwartą zasadniczą zaletą sposobu według wynalazku. Sposób pozwala na drążenie wstępne i dlatego pokład lub jego część nie musi być eksploatowany przy pochylniach pionowych, szybach wentylacyjnych, ale może być eksploatowany bezpośrednio po jego osiągnięciu. Zilustrowano to na fig. 22 do 24. Produkcja może być rozpoczęta bezpośrednio po dojściu szybu głównego do pokładu 47. Poprzez drugą pochylnię 48 prowadzi się drążenie wstępne w tym samym tempie, w jakim prowadzone jest urabianie. Dzięki całkowitemu lub częściowemu zastosowaniu tego sposobu możliwe jest znaczne obniżenie kosztów produkcji.

Podczas drążenia wstępnego strop wyrobiska 53, 54 i 55 jest wypełniany lodem 49 z utworzoną szczeliną 50 i odpowiednio niższy poziom ma lodową podsadzkę 52 oraz chłodzącą szczelinę 51.

Należy stwierdzić, że dwie wspomniane zalety powyższego sposobu osiąga się również przy zastosowaniu podsadzki hydraulicznej stabilizowanej cementem, przy czym sposób ten wymaga dostępu do odpowiedniego wypełnienia jak cement, piasek i woda. Do stosowania sposobu według wynalazku potrzebna jest tylko woda i koszty jej, jak już wspomniano, stanowią połowę kosztów sposobu, w którym stosuje się podsadzkę stabilizowaną cementem.

Opis niniejszego wynalazku ze względu na jego zastosowanie w praktyce odnosi się głównie do drążenia pochyłych, stromych, a nawet pionowych złóż minerału lub grot przy uwzględnieniu ograniczonej grubości tych obiektów. Wynalazek może być również stosowany przy eksploatacji płaskich złóż, wykonywaniu grot skalnych i/lub eksploatacji grubych pokładów minerału, jak również płaskich i grubych pokładów minerału.

Podczas praktycznego zastosowania wynalazku we wspomnianych warunkach, to jest grube i/lub płaskie złoża, należy wziąć pod uwagę i inne czynniki (fig. 25). Wyrobisko wypełnione lodem 56. Zewnętrzna ograniczająca powierzchnia 56 otoczona jest skalą 59. Chłodzenie wstępne i podtrzymujące wypełnienia lodowego 56 są etapami, które należy zrealizować, jeżeli wymagają tego warunki, dla stworzenia i utrzymania bariery zimna, dla ciepła geotermicznego otaczających wyrobisko.

W związku z rozmiarem wyrobiska, sposób kolejnych etapów jest spowodowany efektem obwodowym, to jest efektem pojawiającym się na obwodzie 57 wyrobiska. Gdy wymiary wyrobiska są znaczne, musi być zapewnione jedynie chłodzenie podtrzymujące, ze względu zarówno na wspomniane przyczyny, jak i ze względu na to, że lód ma małą zdolność przewodzenia ciepła w wewnętrznym jak i wypełnionych podsadzką częściach wyrobiska. Chłodzenie podtrzymujące może ale nie musi być zastosowane. Na fig. 25 uwidoczniono wyrobisko wypełnione lodową podsadzką 56 o obwodzie 57. Przez szczeliny 58 następuje chłodzenie podtrzymujące, przebiegające w optymalnie wybranym czasie i tylko na obwodzie 57 wyrobiska, w skale 59. Lodowa podsadzka 56 jest izolowana z zewnątrz chłodzącymi szczelinami 58.

Przykład ilustrujący proces urabiania złoża o dużej grubości jest uwidoczniony schematycznie w przekroju pionowym na fig. 26. Pokład minerału o dużych wymiarach, wyłożenie skalne, jest urabiany przy zastosowaniu zasady „wielu wyrobisk”. Wyrobiska r_1 , r_2 , r_3 są urabiane na poziomie n_1 , przy czym są one równoległe i mają jednakowe wymiary. Przykładowo odległość a_1 i a_2 pomiędzy wyrobiskami, ze względów normalizacyjnych, jest równa szerokości wyrobisk r_1 , r_2 i r_3 . Wyrobiska są wypełnione lodem i_1 , i_2 oraz i_3 , a chłodzące szczeliny s_1 , s_2 , s_3 pozostają wolne. Podczas urabiania obszarów r_4 , r_5 usytuowanych pomiędzy wyrobiskami r_1 , r_2 i r_3 należy zapewnić istnienie chłodzących szczelin s_1 , s_2 i s_3 .

Dla zabezpieczenia zamkniętego układu chłodzenia przed otwarciem czyli zabezpieczenia przed połączeniem się szczelin s_1 , s_2 , s_3 ze szczelinami

s_4 i s_5 , obszary r_4 i r_5 muszą się znajdować na innym poziomie niż poziom n_1 , na poziomie n_2 , w przypadku gdy obszary r_4 i r_5 mają takie same rozmiary jak r_1 , r_2 i r_3 . Różnica poziomów Δh musi być ze zrozumiałych względów większa niż wysokość szczeliny chłodzącej.

Na figurze 26 uwidoczono dwie możliwości prowadzenia dalszego urabiania, urabianie wgłębne — obszar r_7 lub urabianie ku górze — obszar r_6 (to samo dotyczy wydrzeń skalnych). Zabezpieczenie przed połączeniem się zamkniętego układu chłodzenia z układem wentylacji może być również osiągnięte przez nadanie różnych wysokości n_1 (fig. 27). Różnica wysokości Δh jest co najmniej równa wysokości szczeliny. Na poziomie n_2 , przy drażeniu wgłębny lub ku górze wysokość wyrobisk wyrównuje się. Z czysto praktycznego punktu widzenia sposób przedstawiony na fig. 27 powinien być preferowany przed sposobem przedstawionym na fig. 26, ponieważ osiąga się w nim równy, bezstopniowy spodek wyrobiska, co ułatwia przemieszczanie maszyn i personelu.

W dotychczas opisanych szczegółowo fazach urabiania dużych pokładów minerału lub wydrzeń skalnych uwidocznione na figurach chłodzące szczeliny 25, 26, 27 pomimo, że na wstępie stwierdzono, że nie jest konieczne chłodzenie wewnętrznej części złoża napełnionego lodem. Szczeliny te są automatycznie pominięte podczas drażenia ku górze. Przy drażeniu wgłębny szczeliny takie powstają automatycznie zgodnie z opisanym powyżej sposobem. Chłodzące szczeliny 8 można zappełnić lodem jak na fig. 28, a nawet jest to pożądane dla zwiększenia stabilności podsadzki i wyeliminowania zbyt wielu pustych przestrzeni. Z tego powodu stosuje się kanały K, używane przy wytwarzaniu lodu, przez które dostarczana jest woda do wypełnienia szczelin chłodzących $S_1 \rightarrow n$, przy czym stosuje się to po urobieniu kilku warstw. Przy założeniu, że lód podczas wytwarzania ma temperaturę -15°C , a podczas późniejszego chłodzenia temperatura dostarczanej do szczeliny wody wynosi 0°C i ponadto wysokość belki lodu wynosi 3 m, a wysokość szczeliny wynosi 1 m, to najniższa temperatura masy lodu wynosi -11°C . W tej temperaturze wytrzymałość lodu jest wystarczająca dla zapewnienia stabilizacji.

Przy urabianiu dużych pokładów minerału lub wydrzeń skalnych w kierunku ku górze, przy względnie niskiej temperaturze skały w wewnętrznej a nie obwodowej części pokładu, chłodzenie wstępne nie odgrywa tak dużej roli i w wielu przypadkach, nawet gdy temperatura skały przekracza 0°C , może być w całości pominięte lub znacznie skrócone.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób selekcyjnego podziemnego urabiania rudonośnej skały lub przygotowania wydrzeń skalnych, przy czym wyrobiska są całkowicie lub częściowo, czasowo lub na stałe, wypełnione stabilizowanym lodem, który utrzymuje się sztucznie lub dzięki chłodnemu klimatowi naturalnie po usunięciu ciepła geotermicznego ze ścian wyrobiska, dostarczana jest woda, którą zmraża się powie-

trzem a powstałą podsadzkę lodową poddaje się podtrzymującemu chłodzeniu, **znamienny tym**, że w pierwszym etapie przygotowuje się przez określony czas wyrobisko do napełnienia lodem odbierając częściowo ciepło geotermiczne zawarte w ścianach, które chłodzi się do temperatury poniżej 0°C , w drugim etapie podaje się na ściany wyrobiska periodycznie wodę i wytwarza się warstwę lodu, przy czym dla zwiększenia wytrzymałości lodu wodę podaje się wraz z drobnopłynnym lub włóknistym materiałem, zaś gdy mieszanina wody z dodatkami zwiększającymi wytrzymałość lodu zostanie przechłodzona i zamrożenie następuje trzeci etap, w którym utrzymuje się masę lodu w stanie zamrożonym przez odbieranie napływającej stale energii geotermicznej, przez okres eksploatacji złoża, przy czym wychładza się i zamraża się we wszystkich trzech etapach, za pomocą sztucznie chłodzonego powietrza, płynącego w układzie zamkniętym i odseparowanego od powietrza wentylacyjnego, zaś pierwszy i trzeci etap pomija się, gdy ze względu na warunki klimatyczne skała wokół wydrzenia jest wystarczająco zamrożona, dużą wytrzymałość lodu uzyskuje się drogą naturalną, a w odpowiednich warunkach klimatycznych pomija się w drugim etapie chłodzenie sztuczne.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wszystkie trzy etapy chłodzenia są prowadzone za pomocą przepływającego powietrza o określonym wydatku i odpowiedniej temperaturze, przy czym chłodzące powietrze ma temperaturę poniżej 0°C , korzystnie poniżej -5°C , lepiej jednak gdy temperatura jest niższa od -10°C , a najlepiej gdy temperatura wynosi poniżej -15°C , przy czym gdy pozwalają na to warunki lokalne, tzn. temperatura powietrza atmosferycznego jest niska, można chłodzenie sztuczne zastąpić częściowo lub w całości chłodzeniem naturalnym.

3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w drugim etapie doprowadza się powietrze chłodzące periodycznie, przy czym gdy natryskuje się ściany wodą, przepływ powietrza ogranicza się lub wstrzymuje się, zaś gdy wstrzymuje się natryskiwanie wodą, powietrze chłodzące przepływa z pełną prędkością i chłodzi położoną warstwę.

4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wyrobisko stabilizuje się za pomocą statycznych, fizycznych i wytrzymałościowych własności lodu w zakresie temperatur od 0°C do poniżej -15°C , korzystnie w zakresie od -10°C do -15°C .

5. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że po określonym czasie topi się całkowicie lub częściowo lodową podsadzkę, a powietrze schłodzone w czasie tego procesu stosuje się do schłodzenia wody potrzebnej do zapełnienia lodem wyrobiska w innym górotworze.

6. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że przy prowadzeniu eksploatacji złoża zamrożoną masę lodu, warstwę lub belki lodu, dla kontynuowania prac, stosuje się jako platformy lub jako stropu, korzystnie gdy drażenie jest przeprowadzane ku dołowi.

7. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wytrzymałość lodu zwiększa się przez dodanie ma-

teriałów drobnoziarnistych lub włóknistych, korzystnie odpadów z zakładów przetwarzających minerał, przy czym wytrzymałość lodu zwiększa się przy zmniejszaniu się wymiaru ziaren domieszki oraz wtapia się w lód frakcje ziarniste.

8. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w przypadku urabiania złoża minerału lub przygotowywania wydrzeń skalnych, gdy urabiane złożo ma dużą szerokość i grubość, szczeliny dla powietrza chłodzącego, podtrzymującego zamrożenie, umieszcza się tylko w obwodowej części masy lodu.

9. Sposób według zastrz. 2, **znamienny tym**, że w pierwszym etapie ściany wyrobiska zamraża się na głębokości kilku decymetrów za pomocą przepływającego powietrza, przy czym temperatura ścian spada do kilku stopni poniżej 0°C.

10. Sposób według zastrz. 2, **znamienny tym**, że nadaje się powietrzu chłodzącemu za pomocą urządzeń, korzystnie wentylatorów przegród, prędkość w układzie zamkniętym zapewniającą żądany w zależności od etapu, odpływ ciepła od chłodzonej powierzchni, aby w umiarkowanym czasie osiągnąć

nać założoną dla danego etapu temperaturę, przy czym dla kontroli i regulacji stosuje się komputer procesowy odbierający od czujników niezbędne impulsy i informacje.

11. Sposób według zastrz. 2, **znamienny tym**, że okresy chłodzenia i zmrażania, wydatki powietrza chłodzącego i zmrażającego, ich temperatury, ciepło geotermiczne skały, temperatura powietrza atmosferycznego przeważająca w danym miejscu, są pośrednio lub bezpośrednio związane i są zmieniane w odpowiednich proporcjach dla uzyskania optymalnych warunków ekonomicznych i optymalnej wydajności, przy czym parametry kontroluje się bezpośrednio w systemie za pomocą komputera procesowego dla osiągnięcia całkowitej optymalizacji.

12. Sposób według zastrz. 9, **znamienny tym**, że gdy średnie lokalne temperatury powietrza atmosferycznego są niskie, wprowadza się okresowo do zamkniętego obiegu chłodzenia określoną ilość powietrza dla skompensowania wzrostu temperatury powietrza chłodzącego spowodowanego przejęciem ciepła geotermicznego.

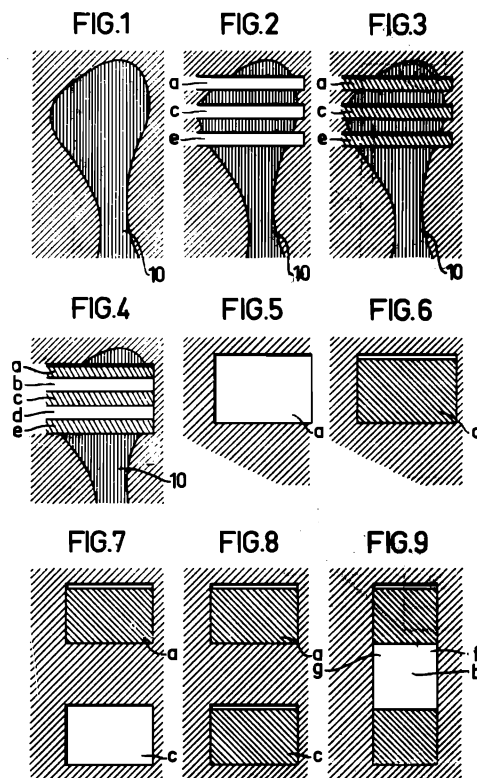


FIG.10

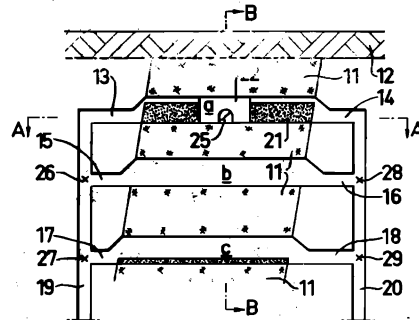


FIG.11

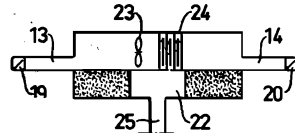


FIG.12

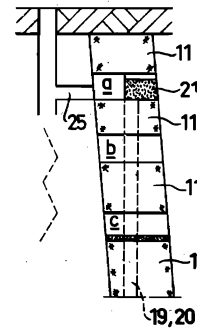


FIG.13

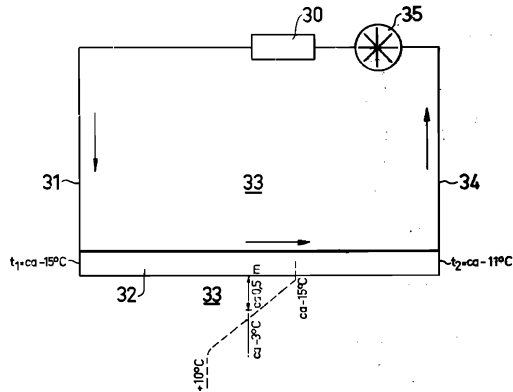


FIG.14

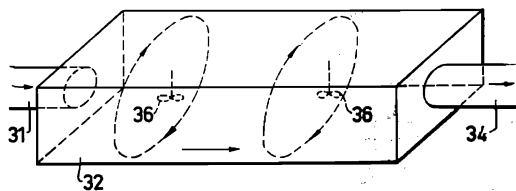


FIG.15

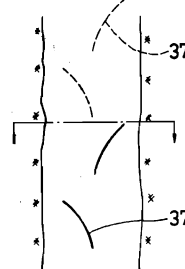


FIG.16

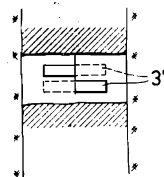


FIG.17

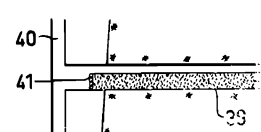


FIG.18

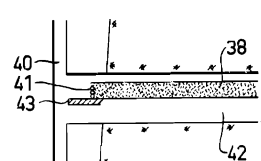


FIG.19

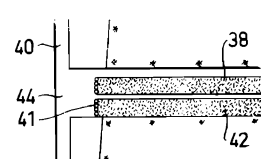


FIG.20

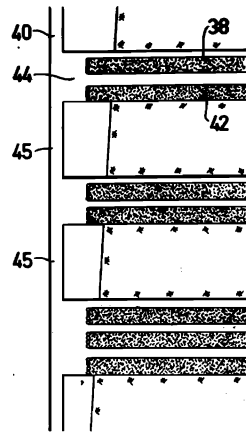


FIG.21

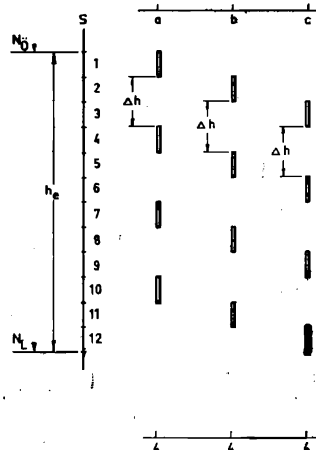


FIG.22

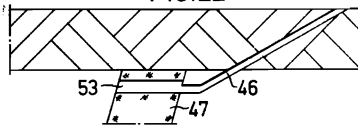


FIG.23

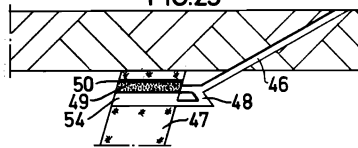


FIG.24

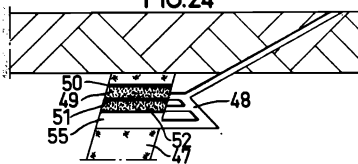


FIG.25

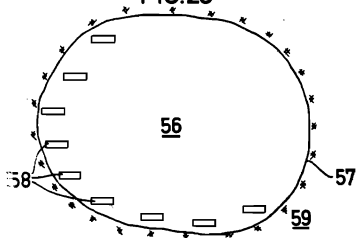


FIG.26

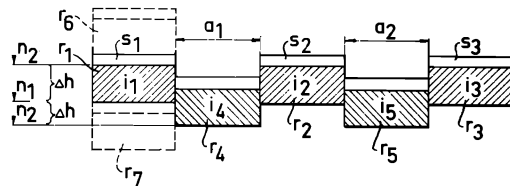


FIG.27

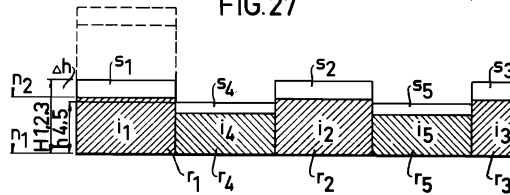


FIG.28

