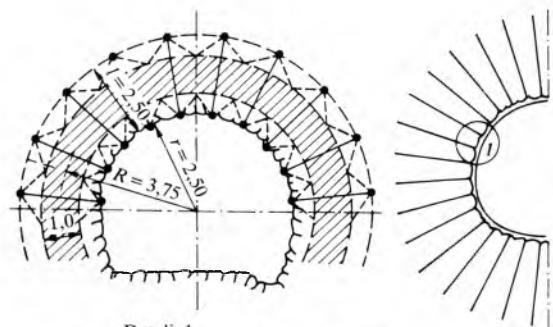
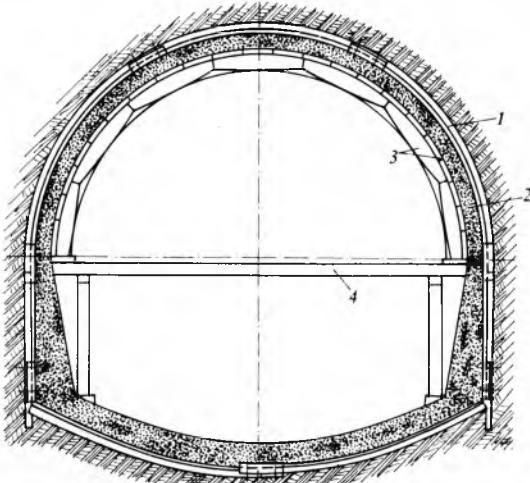


Sl. 30. Privremena podgrada s nosivom konstrukcijom od čeličnih profila i s oplatom od drvenih oblica



Sl. 31. Privremena podgrada kombinacijom sidrena s mrežom, lukovima i štrcanim betonom. 1 detalj, 2 štrcani beton, 3 lijevani beton, 4 sidra Ø24 mm, 5 mreža od armiranog betona, 6 veza među lukovima, 7 umetak za mogućnost popuštanja (dimenzije u metrima)



Sl. 33. Definitivna podgrada od monolitnog betona. 1 privremena podgrada od čeličnih profila i štrcanog betona, 2 definitivna podgrada od monolitnog betona, 3 nosiva konstrukcija i oplata za betoniranje, 4 radna platforma

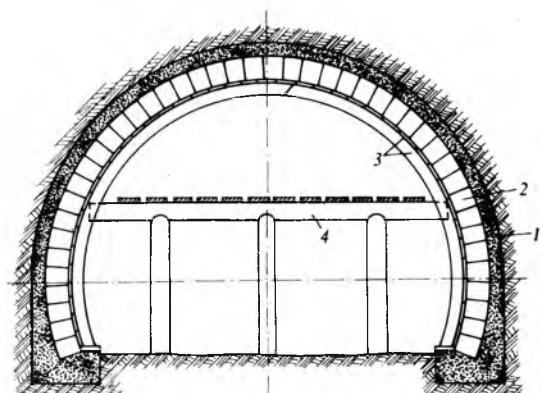
Zbog tangencijalnih naprezanja koja se pojavljuju zbog preraspodjele pritisaka pri otkopavanju, stijenski će se masiv plastično deformirati, razlabaviti i povećati svoj volumen. Već se iskopani profil hodnika smanjuje, a to smanjivanje, jednako kao u oknu, zavisi od mehaničkih svojstava stijene i od reakcijskog otpora ugradene podgrade. Za razliku od prilika u oknu, raspored je opterećenja ugradene podgrade po obodu hodnika neravnomjeran i ima oblik elipse, a ne kruga kao u okna. Zato su proračun naprezanja i deformacija te određivanje granica plastičnih deformacija povezani s većim teškoćama nego za okno.

U mekim stijenama, kao što su gline, glinasti škriljavci i meki pješčenjaci, podgradivanje ima u tehnološkom procesu izrade objekata otvaranja gotovo presudno značenje, te nekada od njegove izvodljivosti zavisi odluka o tehničkim i ekonomskim mogućnostima eksploatacije.

Još mnogo veće promjene naprezanja u masivu nego pri izradi hodnika javljaju se na otkopima. Svako otkopavanje praćeno je manjim ili većim valom otkopnog pritisaka. O tome v. *Rudarstvo, Mechanika stijena*, ali ovdje treba naglasiti kako je u području tih dinamičkih otkopnih pritisaka i najsolidnijom podgradom nemoguće osigurati stabilnost iskopanih profila. Sigurnost se može postići samo takvim otkopavanjem kojim će se izbjegavati područja gdje se takvi pritisici pojavljuju. Zato prethodnim istraživanjima treba utvrditi vrijednost tih pritisaka i granice područja u kojima se javljaju, pa sistem otvaranja projektirati tako da se izbjegnu ta područja.

LIT.: Горное дело, Энциклопедический справочник. Углехимиздат, Москва 1958. – С. Н. Fritzsche, Lehrbuch der Bergbaukunde. Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg¹⁰1962. – F. Mohr, Schachtbautechnik. Hermann Hübener, Goslar 1964. – Г. П. Апанчин, Н. Арсланов, И. П. Рощупкин, Л. И. Завьялов, Технология подземных горных работ. Недра, Москва 1970. – В. Глуščević, Отварanje i метода подземног откопавањаrudnih ležišta. Minerva, Subotica-Beograd 1974. – Б. Н. Кутузов, Ј. К. Валухин, С. А. Давидов, Б. И. Каменка, А. В. Коренистов, В. К. Рубцов, Р. Я. Страусман, Проектирование взрывных работ. Недра, Москва 1974. – H. W. Wild, Sprengtechnik in Bergbau, Tunnel- und Stollenbau. Verlag Glückauf, Essen 1977. – L. Müller-Salzburg, Der Felsbau, 3. Bd. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1978. – J. Hrastnik, Rudarska dela in jamsko pridobivanje. VTOZD Montanistika, Ljubljana 1979.

J. Hrastnik



Sl. 32. Definitivna podgrada od betonskih blokova. 1 beton za zapunjavanje, 2 zid od betonskih kocaka, 3 oplata i nosiva konstrukcija za gradnju zida, 4 radna platforma

Definitivna podgrada mora osigurati stabilnost objekta i gladku površinu njegovih zidova te spriječiti njegovu deformaciju i nekontroliran prtok vode. Ona se radi od betonskih blokova (sl. 32) ili monolitnog betona (sl. 33). Veće mogućnosti za mehanizaciju radova, a zbog toga i za veću produktivnost, razlog su da se betoniranje sve više upotrebljava.

RUDARSTVO, STROJEVI I TRANSPORT, otkopni strojevi i transportni uređaji koji se upotrebljavaju za otkopavanje rude i ugljena u ležištu, za transport

otkopanih mineralnih sirovina na području rudnika i za izvlačenje rude ili ugljena iz dubokih nalazišta (izvoznice).

RUDARSKI OTKOPNI STROJEVI

Rudarski otkopni strojevi, mehanički radni uređaji koji se pretežno ili jedino upotrebljavaju u rudarstvu, iako se radi o mehanizaciji koja se primjenjuje i u drugim industrijskim granama. Strojevi namijenjeni upotrebi u rudarstvu gotovo su uvijek tome prilagođeni dimenzijama ili jednostavnosću izvedbe. Rudarski strojevi mogu, naime, biti posebno mali (niski i zbijeni) ili pak veoma veliki; male dimenzije moraju imati strojevi za podzemnu, a velike za površinsku eksploraciju. Jednostavni moraju biti strojevi za podzemnu eksploraciju, zbog ograničenih mogućnosti održavanja i remonta u jami. Velik je dio rudarske mehanizacije ipak razvijen specijalno za rudarske potrebe.

Historijski se u razvoju rudarskog strojarstva mogu razlikovati tri razdoblja: razdoblje iskoristavanja samo žive snage čovjeka i životinje (sl. 1), razdoblje iskoristavanja prirodnih mehaničkih sila, u prvom redu tekuće vode (sl. 2), i razdoblje iskoristavanja umjetno proizvedenih mehaničkih sila (motora). Ta se razdoblja međusobno preklapaju: prva dva traju tisućljecima, a treće počinje u drugoj polovici XVIII. st. izuzom parnog stroja.

Parni stroj, i unatoč svome sudbonosnom značenju u povijesti ljudske civilizacije, nije donio rješenje za dvije osnovne faze rudarske djelatnosti, otkopavanje (dobivanje) i jamski transport, jer se s parnim strojem i njegovim ložistem ne može u podzemlje. Rješenje tog problema donosi tek upotreba komprimiranog zraka i električne energije, zbog mnogobrojnih rudarskih nesreća što ih je prouzrokovala, bila gotovo sve do kraja drugog svjetskog rata uglavnom ograničena na pogon uređaja i postrojenja na površini. Nedostaci komprimiranog zraka, do tada neprikosnovenog pogonskog sredstva u podzemlju, tj. nizak energetski potencijal i visoka cijena, tek tada postaju presudni, pa je danas električna energija glavno jamsko pogonsko sredstvo. Uz nju se, kao drugi oblik energije, upotrebljava mehanička energija Dieselovih motora. Kao sekundarna pogonska sredstva upotrebljavaju se komprimirani zrak i hidraulička energija.

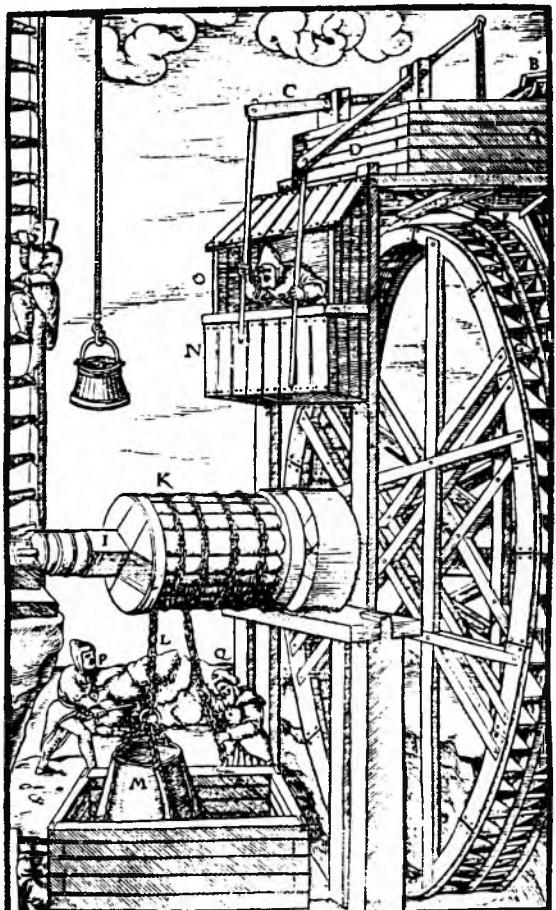


Sl. 1. Uredaj za crpljenje vode iz rudnika pogonjen ljudskom snagom (Agricola)

Rudarski strojevi mogu se razvrstati s različitih gledišta, a najlogičnija je podjela prema tehnološkom slijedu na: strojeve za bušenje (bušilice), za utovar, za otkopavanje (dobivanje), za transport i za pomoćne radove.

Strojevi za bušenje (bušilice)

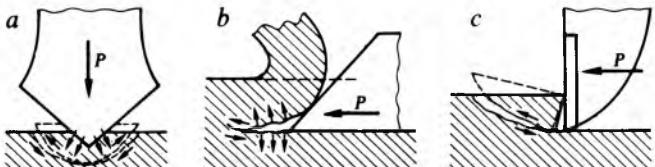
To su uređaji za rezanje, drobljenje i razrušavanje stijena. Svi se konvencionalni načini bušenja zasnivaju na stvaranju takvih naprezanja u stijeni koja će po vrsti, smjeru i intenzitetu premašiti čvrstoču stijene, što će prouzrokovati njeni razrušavanje i odvajanje od cjeline. Po tome se i razlikuju postupci bušenja i, dosljedno tome, bušilice koje



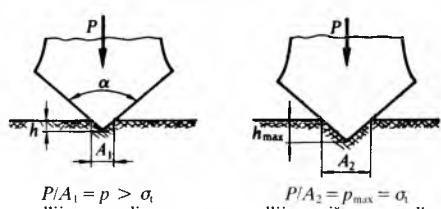
Sl. 2. Pogon rudarskog uređaja (izvoznice) težinom vode (Agricola)

napadaju tlačnu, vlačnu ili sмиčnu (odreznu) čvrstoču stijene (sl. 3). Najčešće one ipak proizvode kombinirana naprezanja, npr. uz tlačno i sмиčno (sl. 3a), uz vlačno i sмиčno (sl. 3b), te uz sмиčno kao glavno i vlačno kao dodatno naprezanje. Sve su to konvencionalne mehaničke bušilice koje mogu biti udarne, udarno-rotacijske i rotacijske, s električnim, pneumatskim, hidrauličkim ili motornim pogonom. Prema načinu iznošenja sitneži iz bušotine razlikuju se bušilice s tekućinskom i pneumatskom isplakom te s mehaničkim iznošenjem (zmjesta bušaća šipka). Velika je raznolikost i u načinu montaže: bušilice mogu biti ručne ili su montirane na nepokretna ili pokretna postolja.

U rudarstvu se danas najviše primjenjuje razrušavanje stijena udarnom bušilicom (sl. 4). Sječivo dlijeta utiskuje se



Sl. 3. Odvajanje stijene. a tlačnim (i sмиčnim), b vlačnim (i sмиčnim), c sмиčnim naprezanjem



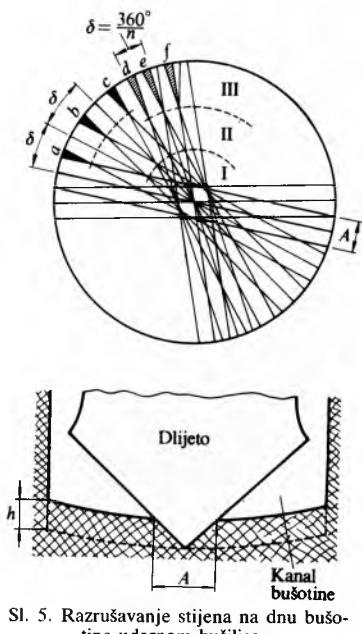
$$\frac{P}{A_1} = p > \sigma_i$$

dlijeto prodire u stijenu

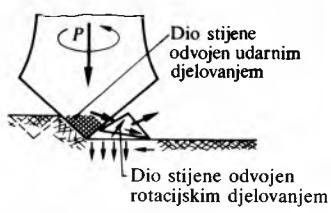
$$\frac{P}{A_2} = p_{\max} = \sigma_i$$

dlijeto više ne prodire u stijenu

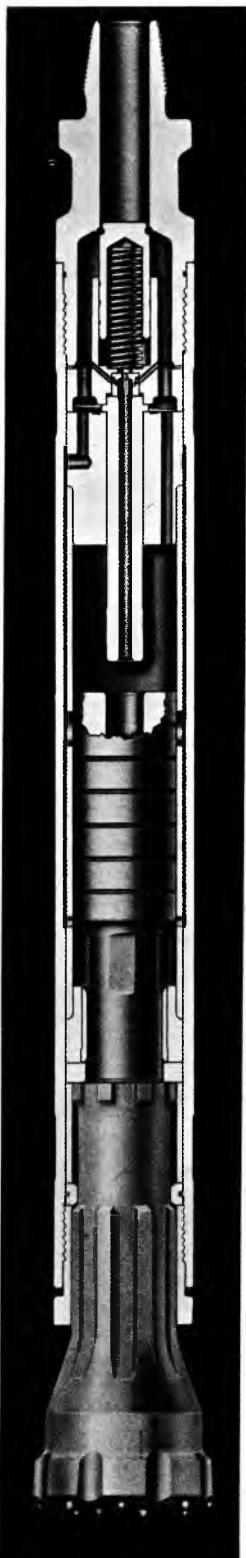
Sl. 4. Prodiranje dlijeta u stijenu. σ_i je tlačna čvrstoča stijene



Sl. 5. Razrušavanje stijene na dnu bušotine udarnom bušilicom



Sl. 6. Razrušavanje stijene udarno-rotacijskom bušilicom



Sl. 7. Presjek dubinskog čekića

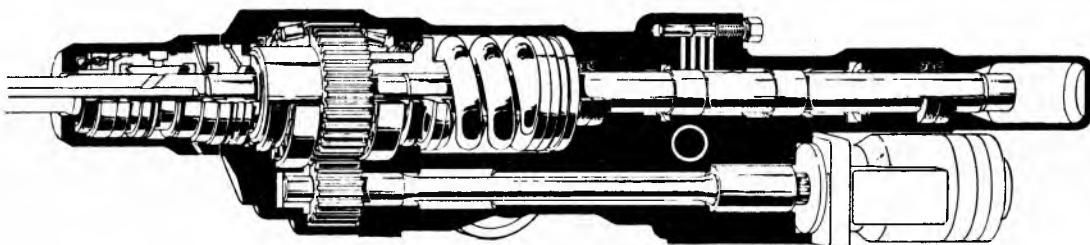
u stijenu silom P koja proizvodi tlačno naprezanje σ , koje je jednako *specifičnom pritisku* na dodirnu površinu, a ono mora biti veće od tlačne čvrstoće stijene. Što se sječivo dublje utiskuje u stijenu, povećava se dodirna površina A , i to pri upotrebni trokutastog sječiva linearno, a pri upotrebni kuglastog ili valjkastog sječiva po nekom paraboličnom zakonu, a po istoj zakonitosti opada tlačno naprezanje; kad vrijednost tlačnog naprezanja padne na vrijednost tlačne čvrstoće, dalje se prodiranje sječiva zaustavlja. Za efikasan rad bušilice tlačno naprezanje mora biti veće od tlačne čvrstoće stijene, što se može povećati povećanjem sile P (sl. 4). Ono za obične bušilice iznosi $0,45 \dots 0,7$ MPa, a za visokoučinske čekiće koji se upotrebljavaju za najtvrdje stijene dostiže $\sim 1,8$ MPa. Od sedamdesetih godina ovog stoljeća primjenjuju se hidrauličke bušilice, koje omogućuju tlakove i do ~ 15 MPa, pa i veće.

Slika 5 prikazuje stanje na dnu bušotine nakon jednog udarca dlijeta. Da bi se bušotina na cijeloj površini produbila za vrijednost h , treba isjeći n uzastopnih i za kut $360^\circ/n$ zakrenutih usjeka. Dubina h i kut zakreta δ moraju za svaku stijenu biti usklađeni, da ne bi ostali nerazrušeni dijelovi po obodu (a, b, c), odnosno da se usjeci ne bi pretjerano preklapali (d, e, f), jer sve to smanjuje učinak bušenja. Učinak se bušenja povećava udarno-rotacijskim bušilicama (sl. 6). Tada se stijena razrušava kombinacijom djelovanja dlijeta na tlačnu te na vlačnu i smičnu čvrstoću stijene. Za rotiranje dlijeta postoji poseban motor s regulatorom brzine vrtnje.

Prema smještaju motora za rotaciju i prema načinu rotacije razlikuju se tri osnovne vrste rotacijskih bušilica: dubinski čekić, hidraulički čekić i rotari-bušilica.



Sl. 8. Bušilica na gusjenicama s dubinskim čekićem



Sl. 9. Hidraulički čekić

Dubinski čekić je bušači čekić u kojem se na usadnik direktno nastavlja dlijeto (sl. 7), pa je čekić stalno na dnu bušotine. Kako bušotina napreduje, tako se čekić spušta sve dublje na kraju kolone bušačih šipaka koje se na površini nastavljaju jedna na drugu. Šipke su šuplje i njima se čekiću privodi komprimirani zrak. Cijela kolona bušačih šipaka i čekić rotiraju pogonjeni električnim motorom smještenim na gornjem vanjskom dijelu bušilice. Cio bušači uređaj smješten je na lafetu ili tornju na pokretnom postolju s dva, tri ili četiri kotača ili na gusjenicama (sl. 8).

Dubina dosega takve bušilice ovisi o sposobnosti zraka da iznosi izbušeni sitnež, a to može biti do dubine od ~ 100 m. Najveći je promjer bušotine $\sim 0,6$ m, a ovisi o tlaku što ga dlijeto može proizvesti u odnosu na čvrstoću stijene.

Hidraulički čekić. Za pogon hidrauličkog čekića (sl. 9) upotrebljava se ulje umjesto komprimiranog zraka. Tako se pritisak dlijeta povećava i do trideset puta, postiže se i do 3 puta veća frekvencija udaraca dlijeta, čime se povećava brzina bušenja.

Rotari-bušilica. U rotari-bušilici na dlijeto djeluje statički potisak cijele kolone bušačih šipaka. Stijena se razrušava tako što tzv. žrvanjko dlijeto (sl. 10) najčešće ima tri nazupčana ili bradavičasta žrvnja (v. *Bušenje na veliku dubinu*, TE 2, str. 553) koji rotiraju po dnu bušotine. Dlijeto pada s jednog zuba na sljedeći razarajući stijenu pod sobom. Posljednjih godina sve se više, iz tehnoloških i ekonomskih razloga, traže i drugačiji načini bušenja.



Sl. 10. Žrvanjko dlijeto za rotari-bušilicu

Termičke bušilice. U veoma sipkim stijenama, u kojima se teško buši jer se bušotina urušava, pokušava se bušiti termičkim bušilicama koje tale stijenu pomoću jakog grijača (do 1000 kW) i potiskuju je u stranu ostavljajući čvrst zastakljen bušotinski kanal (sl. 11). Istim postupkom, ali sa šupljim termičkim tijelom, nastaje se bušiti i čvrste stijene tako da se rastaljena stijena odvodi kroz centralnu šupljinu. S obzirom na velik utrošak energije takvi se postupci, osim za bušenje vrlo sipkih stijena, ne primjenjuju u većem opsegu.

Toplina se plamena iskorištava i za bušenje čvrstih, kristalastih i staklastih stijena. Kako je stijena veoma loš vodič topline, toplina se plamena sporo odvodi, pa se lokalno naglo povisuje temperatura stijene, a nastalo veliko naprezanje prouzrokuje prskanje i ljuštenje čestica stijene, odnosno bušenje. Kao gorivo služi benzin koji se komprimiranim zrakom raspršuje i u obliku vrelih plinova izgaranja usmjerava na stijenu.

Bušenje vodenim mlazom promjera $0,1\cdots 0,25$ mm pod tlakom od $250\cdots 400$ MPa bazira se na raspucavanju stijena



Sl. 11. Hodnik poduprt zastakljenim bušotinskim kanalima izrađenim termičkom bušilicom

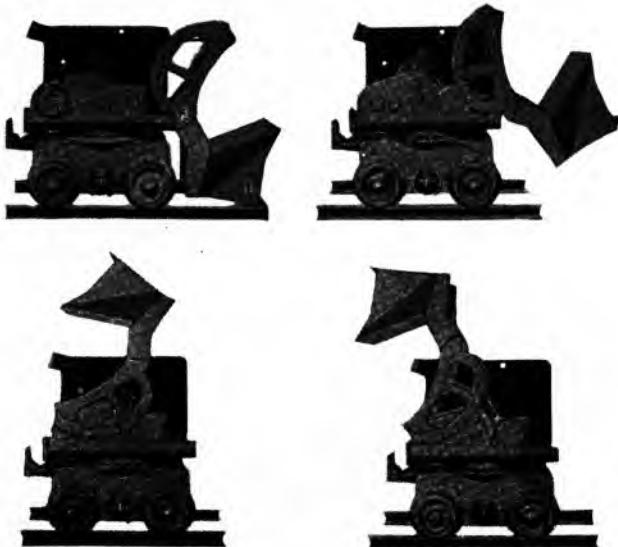


Sl. 12. Bušotina u uzorku stijene izbušena vodenim mlazom

djelovanjem mlaza; mlaz prodire i u najsitnije pukotine, te kao klin razmiče čestice stijene, odnosno buši stijenu (sl. 12).

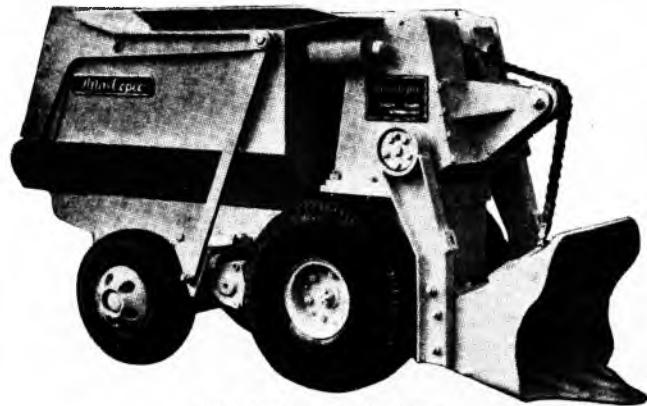
Strojevi za utovar (utovarači)

Strojevi za utovar (utovarači) najčešće imaju tri osnovna dijela: radni dio, prihvatno-otpremni transporter i vozni uređaj.

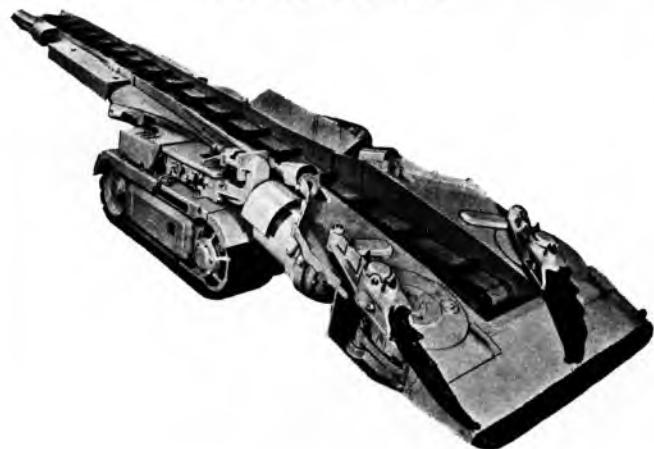


Sl. 13. Načini rada prekolednog utovarača

Prekoledni utovarač. Najstariji je mehanički utovarač za jamski rad ciklični prekoledni utovarač ili utovarna lopata (sl. 13). Lopata je smještena na kraju para segmenata koji se valjanjem po stazi u kućištu stroja prenose niskim izduženim lukom preko cijelog stroja u položaj za pražnjenjeiza stroja.

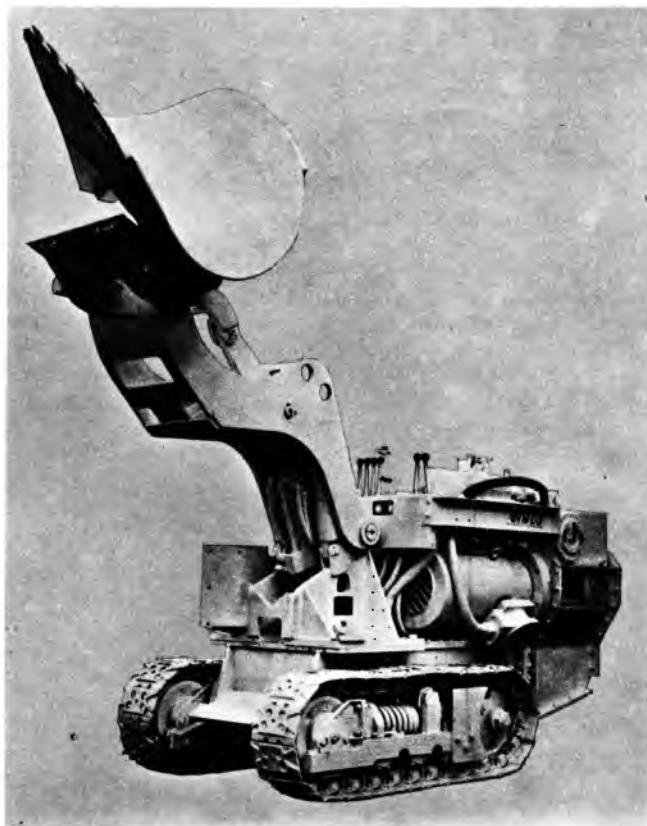


Sl. 14. Utovarač s bunkerom



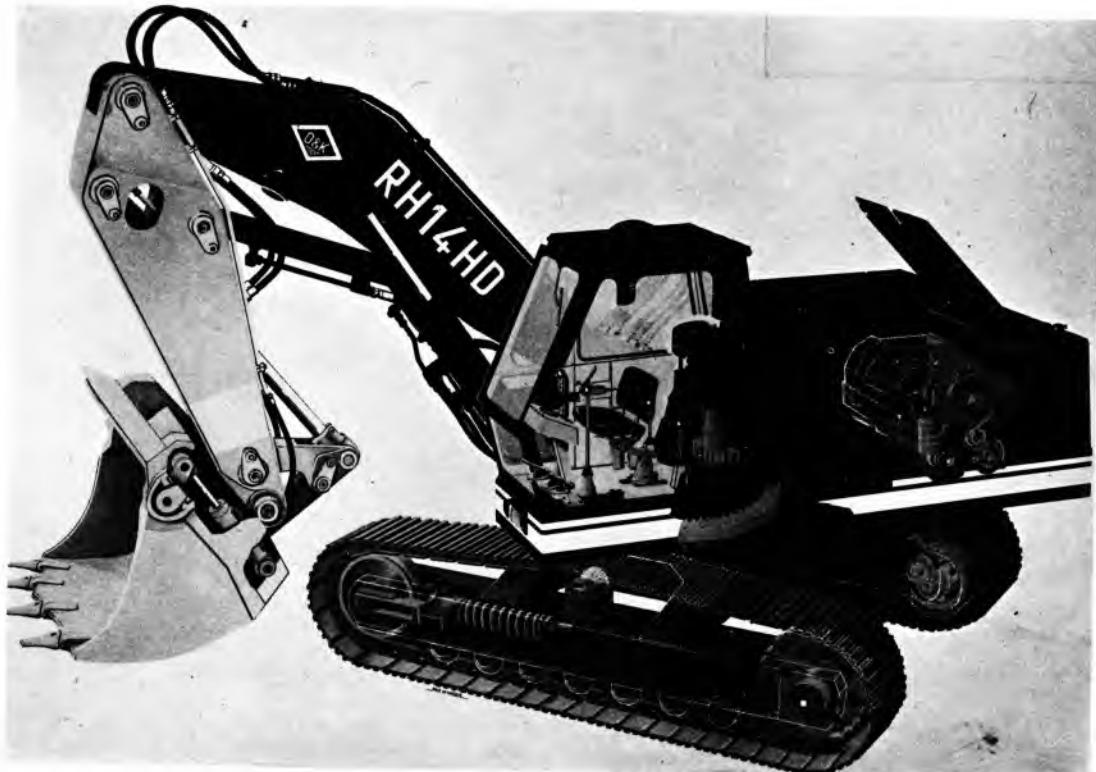
Sl. 16. Kontinuirani utovarač s prigrtačima u obliku ruke

Radni je dio učvršćen za stroj tako da je svaki segment zategnut nasuprotno upetim užetima. Postoje različite varijante utovarne lopate (sl. 14 i 15). Sve imaju vlastiti vozni uredaj.



Sl. 15. Utovarna lopata s bočnim izvrtanjem

Kontinuirani utovarač za jamsku eksploataciju (sl. 16) ima kao radne dijelove dva prigrtača (ruke) kojima je kinematika pokreta vrlo slična kinematici ljudske ruke. Prigrtači su

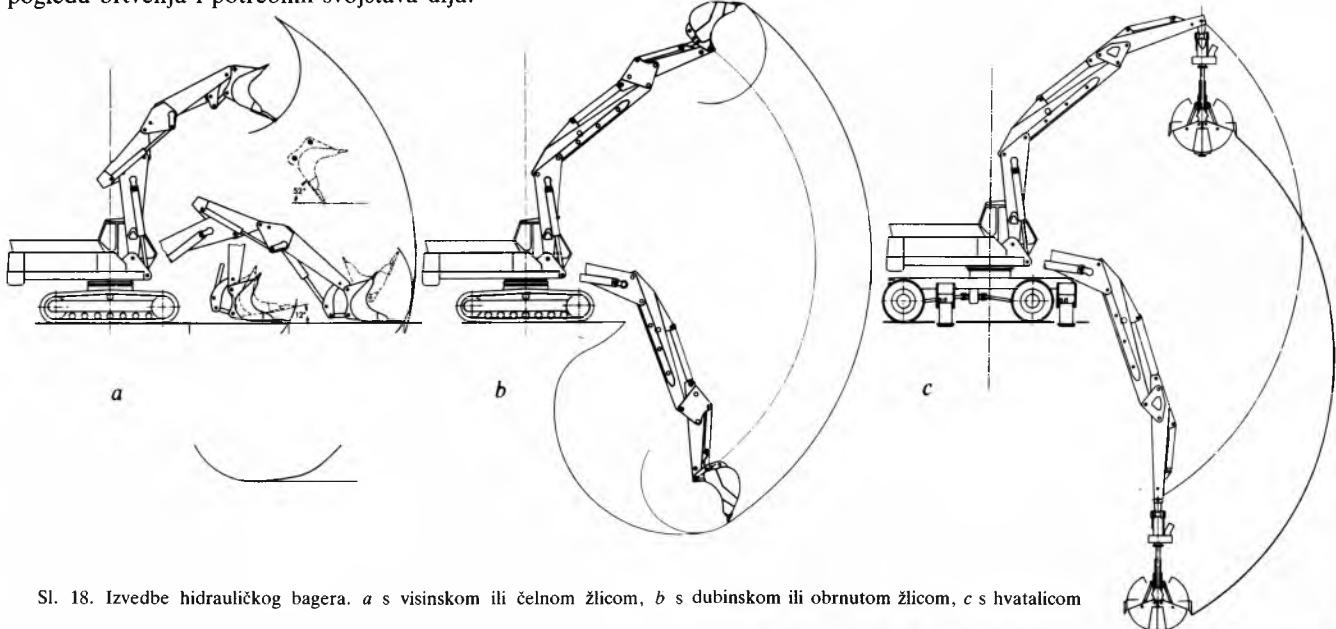


Sl. 17. Hidraulički bager

smješteni na kosoj rampi koja se utiskuje u materijal i tako ga dovodi na dohvati prigrtača.

Za površinsku rudarsku eksploataciju upotrebljavaju se utovarači kakvi su i u drugim industrijskim granama (v. *Bagerovanje*, TE 1, str. 636; v. *Mehanizacija građevinskih radova*, TE 8, str. 270). U članku *Bagerovanje* nisu spomenuti hidraulički bageri, koji su tada, početkom šezdesetih godina, bili tek u razvoju, a danas se najviše upotrebljavaju u rudarstvu.

Hidraulički bageri (sl. 17) danas su glavni utovarni uređaji tog tipa sa žlicama od 15...30 m³ volumena. Kako se radnim dijelovima upravlja hidraulički, nemaju mehaničkih elemenata pogona i prijenosa ni vitala i pripadnih užeta. Zato je masa tih bagera prema masi užetnih bagera približno 2...2,5 puta manja, pa je i njihova nabavna cijena niža. Potrebna je manja instalirana snaga, manji je utrošak energije, a veći su brzina i radni kapacitet. Bolje su i tehnološke karakteristike, jer se pokretnom žlicom može planirati neposredno na planumu etaže i na bilo kojoj visini iznad nje. Na razini etaže najveća je sila kopanja, a najmanja je na gornjem kraju trajektorije. Takva žlica ima i jedan stupanj slobode više nego žlica konvencionalnog bagera, tj. može se uvrtati i izvrtati u šarnirnom spoju. Limitirajući je faktor u gradnji velikih hidrauličkih bagera hidraulički pogon i duljina dohvata. Nedostatak je hidrauličkog pogona njegova osjetljivost u pogledu brtvenja i potrebnih svojstava ulja.



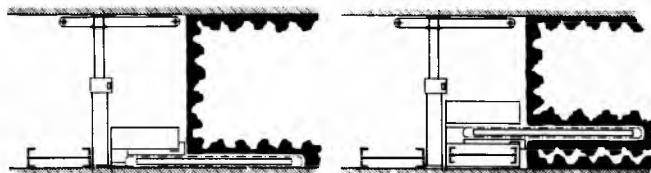
Sl. 18. Izvedbe hidrauličkog bagera. a s visinskom ili čelnom žlicom, b s dubinskom ili obrnutom žlicom, c s hvatalicom

Hidraulički se bageri grade i s radnim dijelovima za posebne namjene (sl. 18).

Strojevi za kopanje ugljena

U podzemnim se rudnicima ugljen nekada kopao ručno, zatim uz pomoć eksploziva, pa pomoću pneumatskih otkopnih čekića, a danas, gotovo jedino, potpuno mehanizirano.

Za ručno otkopavanje služila je najjednostavnija alatka: kramp, a poslije i pneumatski otkopni čekić (v. *Bušaći čekići*, TE 2, str. 551). Kao ispomoći pri otkopavanju eksplozivom upotrebljavale su se podsječačice za izradu podsječaka u ugljenom sloju (sl. 19), pa se tako dobivala još jedna više slobodna ploha za miniranje. Time se poboljšala granulacija

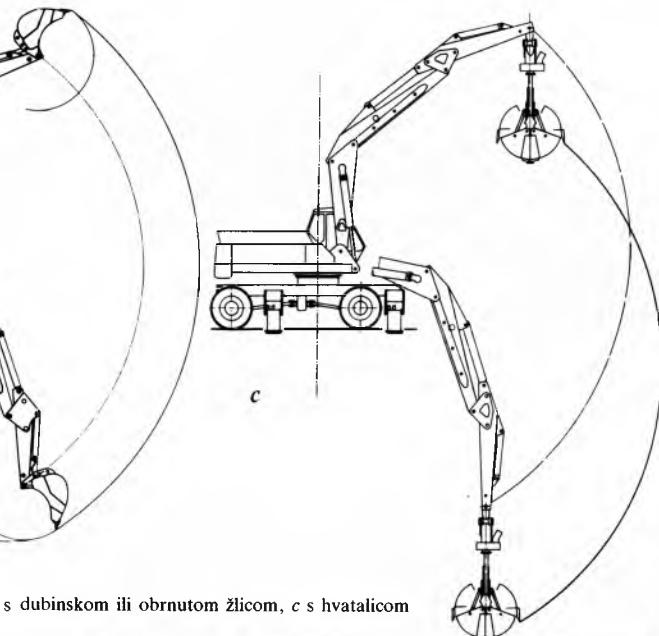


Sl. 19. Podsječci u ugljenom sloju

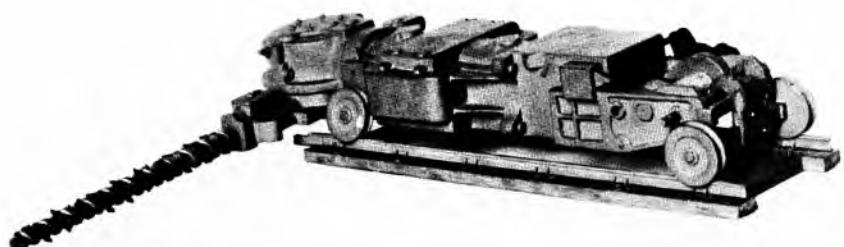
miniranog ugljena, tj. dobivalo se više krupnijih frakcija, a smanjila se potrošnja eksploziva. Podsječačica je raznovrsnim dodacima i prilagodbama postala uređaj koji je umjesto početnih 10...20 cm, postupno omogućavao otkopavanje sve veće visine sloja. Udio se strojno iskopanog ugljena povećavao, a udio ugljena dobivenog pomoću eksploziva opadao. Danas se sve više ugljena otkopava mehanički, umjesto miniranjem. To je posljedica smanjene potrošnje komadnog ugljena kod malih potrošača, a povećane potražnje sitnog ugljena u industriji te relativnog smanjenja ukupne potrošnje ugljena posljednjih desetljeća.

Podsječačica (sl. 19) bio je stroj s radnim organima u obliku diska (sl. 20), motke (sl. 21) ili lanca (sl. 22) koji su opremljeni reznim noževima. Ti su se radni organi mogli kombinirati (sl. 23) ili udvajati (sl. 24). Stroj se kretao po tlu (podolini) otkopnog prostora (širokog čela) tako da se sam povlačio užetom upetim za stupac podgrade.

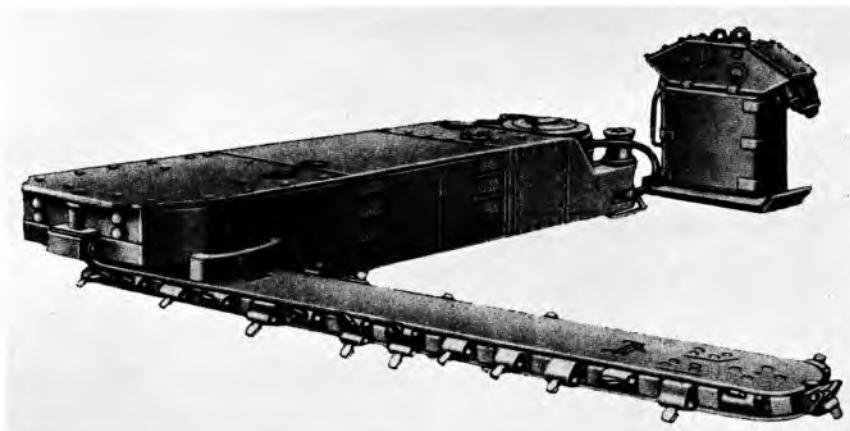
Ugljeni kombajn. Nedostatak je podsječačice bio, uz ostalo, što se ugljen morao utovarati ručno. Zato je razvijen ugljeni kombajn ili ugljeni otkopni stroj. Najprije se upotrebljavao glatki bubanj sa spiralnim rasporedom noževa (sl. 25), zatim bubanj sa spiralnim orebrenjem (sl. 26) i, konačno, dva bubnja (sl. 27) kojima se sloj može otkopavati na određenom rasponu tako da ne ostaje neotkopanog ugljena (sl. 28).



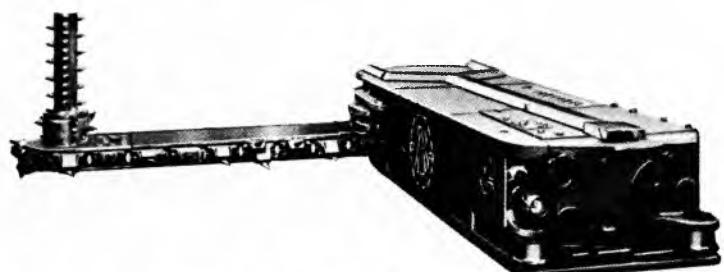
Sl. 20. Podsječačica s reznim diskom



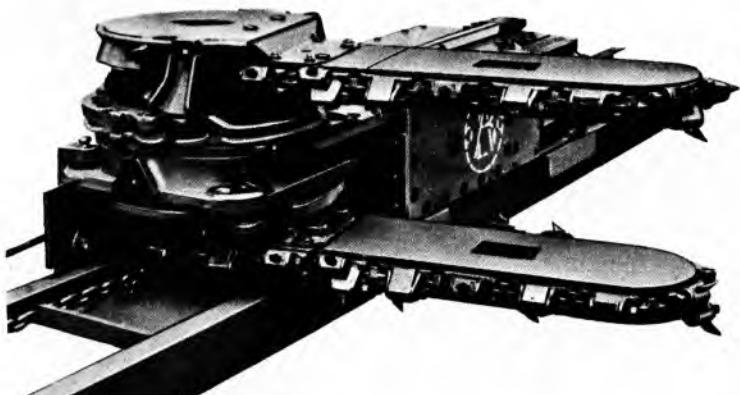
Sl. 21. Podsjekačica s reznom motkom



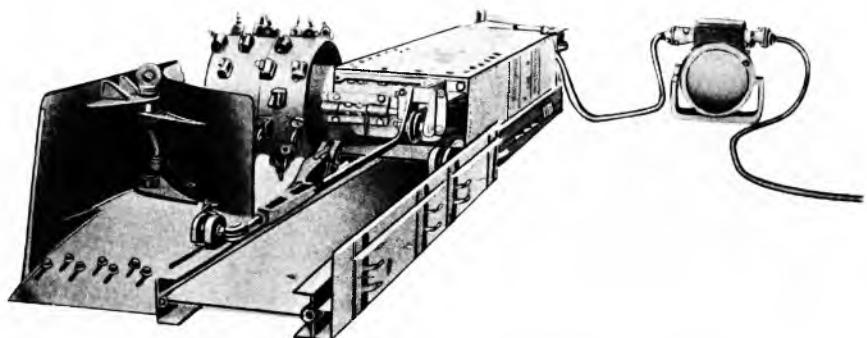
Sl. 22. Podsjekačica s reznim lancem



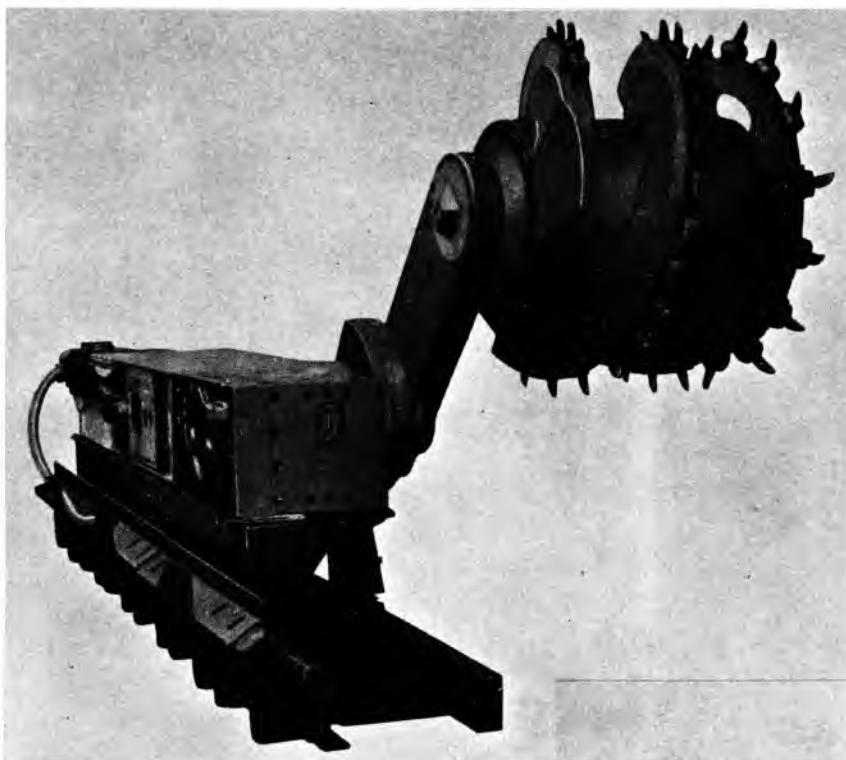
Sl. 23. Podsjekačica s reznim lancem i reznim stupom



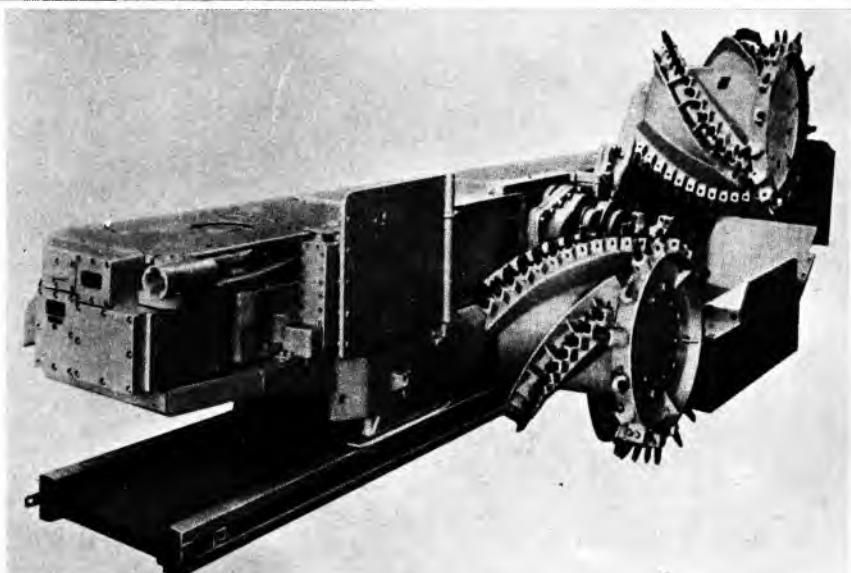
Sl. 24. Podsjekačica s dvostrukim reznim lancem



Sl. 25. Glatki bubanj s noževima ugljenog kombajna

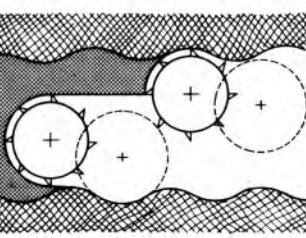
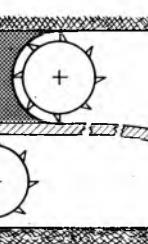
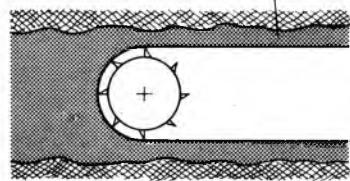


Sl. 26. Ugljeni kombajn sa spiralno orebrenim bubnjem



Sl. 27. Ugljeni kombajn s dva bubnja

Ugljen koji ostaje

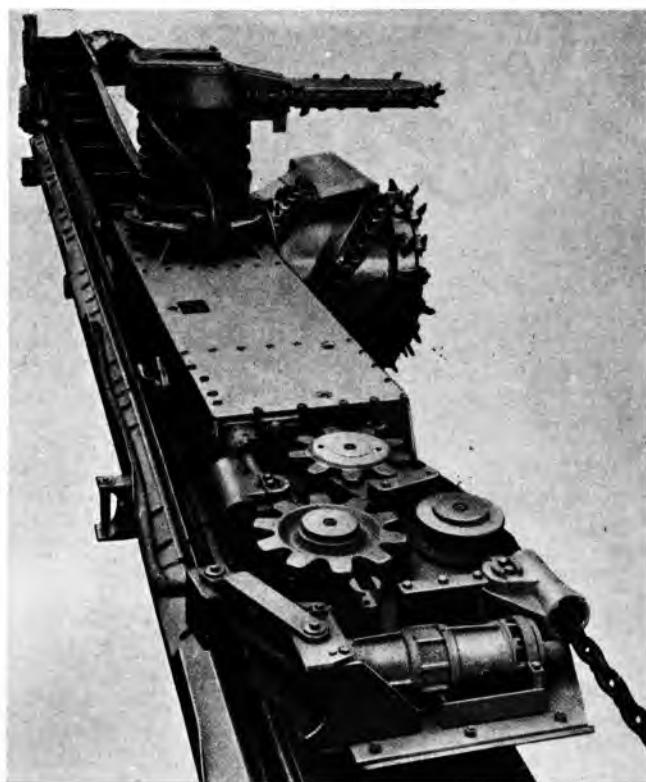
a*b*

Sl. 28. Otkopavanje ugljena kombajnom s jednim (a) i s dva bubnja (b)

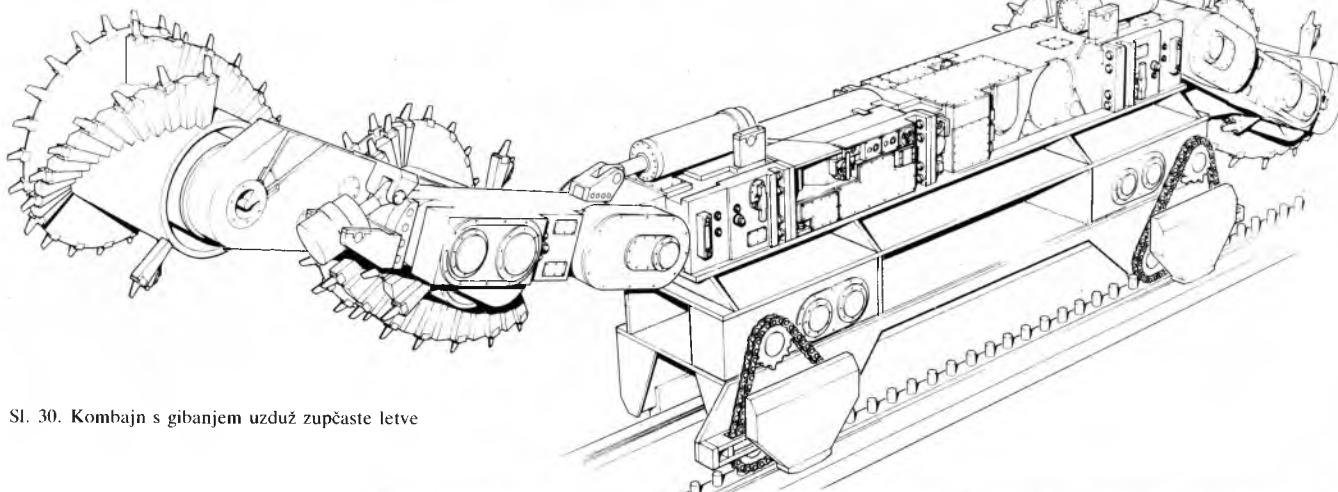
Kombajn se pokreće pomoću kalibriranog lanca napetog uzduž otkopne fronte (sl. 29). Nedostatak je takva načina pokretanja upravo taj lanac koji osobito u valovitom sloju smeta, a može se i prekinuti. Zato se u novijoj izvedbi stroj pomiče uzduž zupčaste letve pomoću kotača s palcima ili lančanika (sl. 30). Zupčasta je staza sastavljena od kraćih segmenata, duljina kojih je jednaka polovici ili čitavoj duljini korita grabuljastog transportera s kojim čini cjelinu.

Augeri (ogeri) su strojevi za otkopavanje ugljena bušenjem (sl. 31). Iz paralelno izrađenih hodnika buši se sloj nizom bušotina promjera do ~1 m i dubine do ~50 m postupno na jednu ili, češće, na obje strane. Stroj je zapravo horizontalna bušilica s mehaničkim iznošenjem iskopine spiralnim šipkama. Uredaj je pogodan za tanje slojeve budući da u najveći dio sloja ne treba ulaziti, a primjenljiv je i na površinskim kopovima.

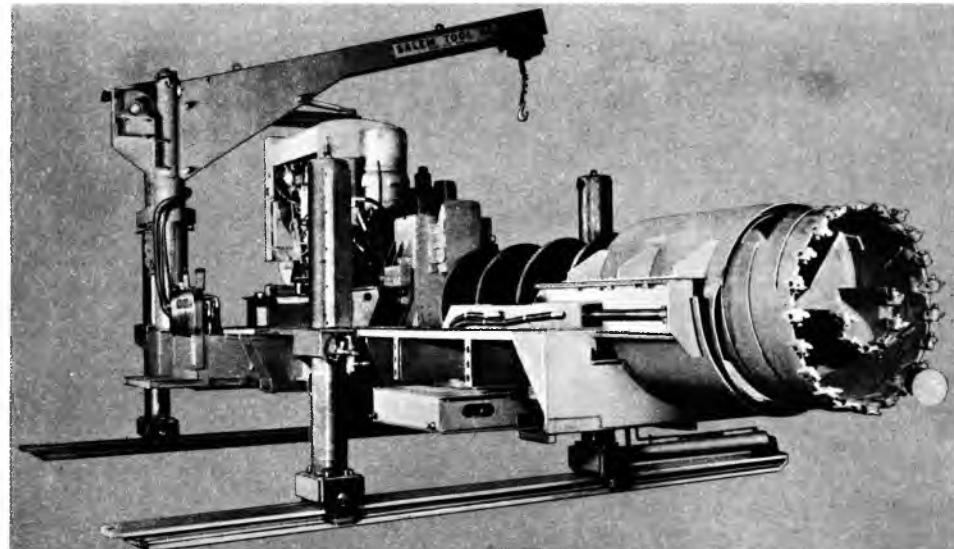
Strugovi. Do sada opisani strojevi ugljen otkopavaju noževima koji se brzo kreću dok se sam stroj kreće relativno sporu. Noževi strugova kreću se sporo, zajedno s uređajem, ali imaju veliku silu na oštrocama. Uredaj stvarno i radi kao



Sl. 29. Kombajn s pogonom pomocu kaltbriranog lanca



Sl. 30. Kombajn s gibanjem uzduž zupčaste letve



Sl. 31. Auger

strug za drvo ili metal. Može se upotrijebiti za otkopavanje krtog ugljena, dok se vrlo tvrdi, a posebno žilavi ugljeni (npr. ligniti) teško mogu otkopavati strugom.

Uredaj se sastoji (sl. 32) od robustnog kućišta s noževima, najčešće na oba kraja, kako bi se moglo otkopavati u oba smjera. Broj, oblik i raspored noževa (sl. 33) ovisi o svojstvima ugljenog sloja (čvrstoća, ispučalost, postojanje jalovih proslojaka). Strugom se najčešće ne mora otkopavati cijela visina sloja, već se on u većem ili manjem dijelu potkopava, da bi se gornji dio sam obrušio. Otkopani se i obrušeni ugljen nagura na otpremni transporter. Strug se vuče po tlu u prostoru između čela ugljenog sloja i otkopnog transportera. U prvom se slučaju strug osigurava od prevrtanja pomoću tzv. nožice. U modernijoj se izvedbi strug kreće na transporteru po posebnim vodilicama.

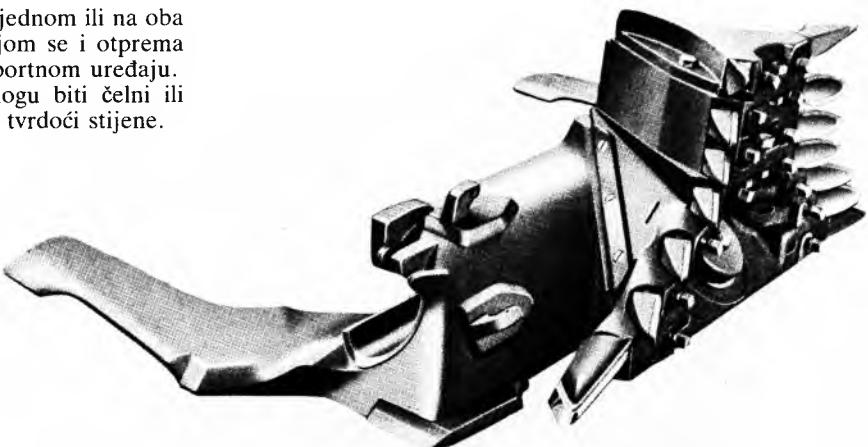
Dinamički strugovi. U tvrdom ugljenu bez propuklina ili s nepovoljno usmjerenim propuklinama primjenjuju se i dinamički strugovi (sl. 34) kojima se noževi, uz osnovno kretanje čitavog uredaja, dodatno kreću naprijed-natrag. To se dodatno kretanje noževa ostvaruje na dva načina: pomoću komprimiranog zraka, odnosno hidrauličkog pogona, gdje su noževi zapravo otkopni čekići, ili pak rotacijom neuravnoteženih masa. Te su mase dva ekscentrična zamašnjaka pomoću kojih se promjenom ekscentričnosti može prilagodavati veličina i smjer gibanja noževa.

Skreperski strugovi. U vrlo strmim i tankim slojevima teško je primijeniti bilo kakvu mehanizaciju. Skreperski strugovi omogućavaju otkopavanje i takvih slojeva bez ulaska radnika u sloj, što znači i bez podgradivanja. Uredaj

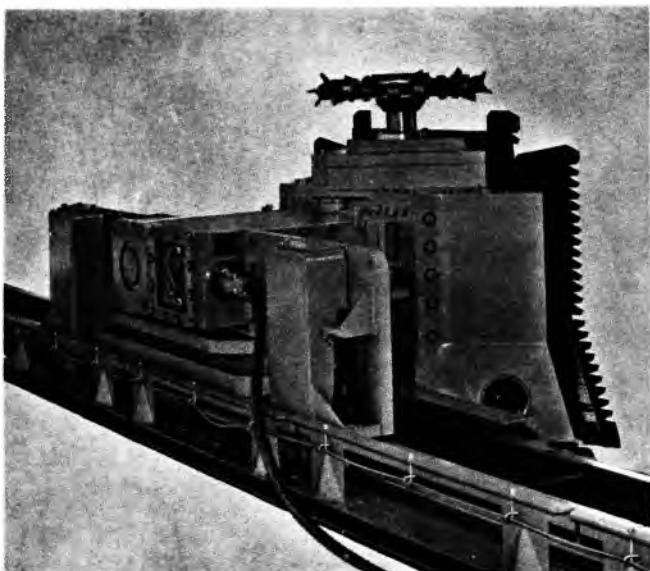
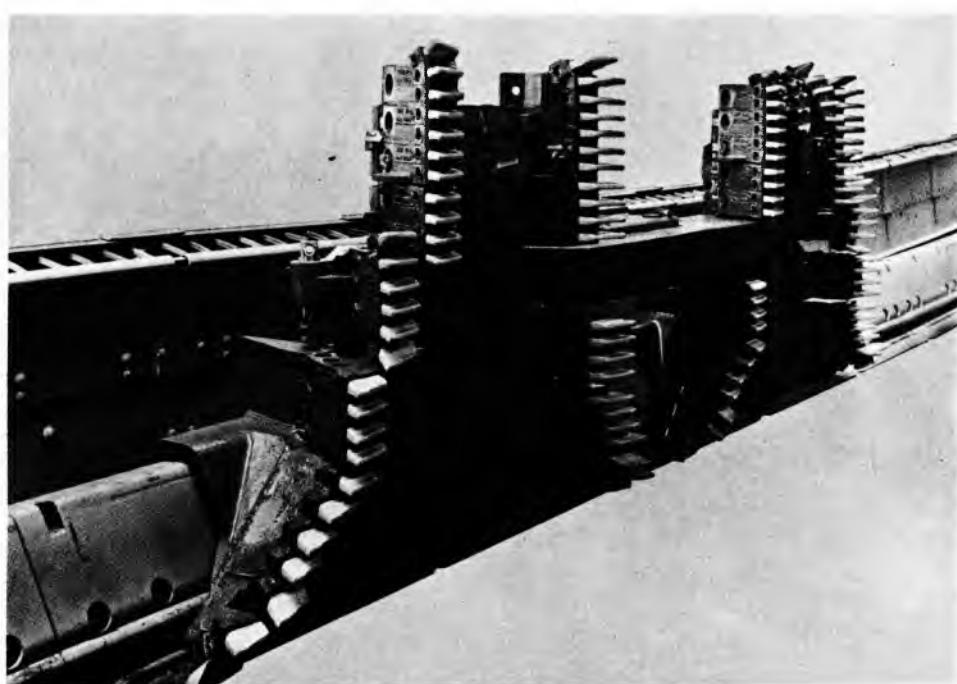
se sastoji od posude s reznim noževima na jednom ili na oba kraja. Otkopani ugljen pada u posudu kojom se i otprema do kraja otkopne fronte i tu predaje transportnom uređaju.

Strojevi za izradu hodnika i tunela mogu biti čelni ili punoprofilni. Izvedba punoprofilnih ovisi o tvrdoći stijene.

Sl. 32. Ugljeni strug s nožicom



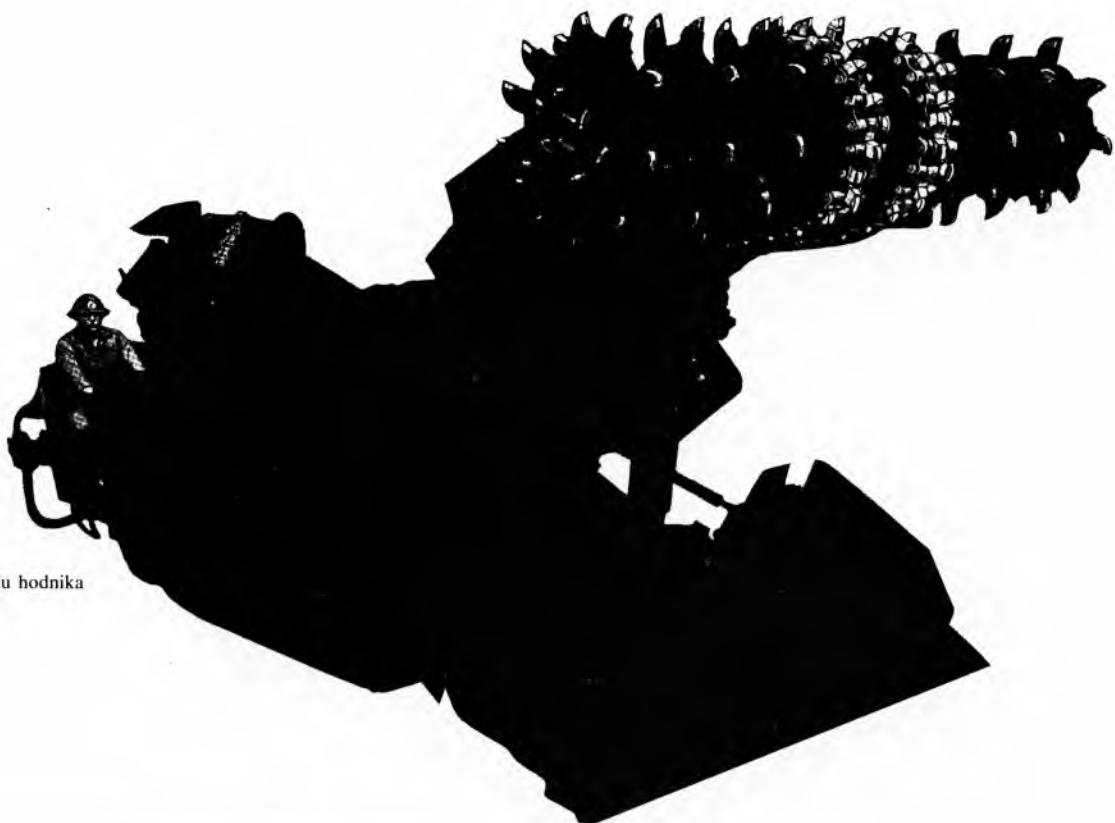
Sl. 33. Teški ugljeni strug bez nožice



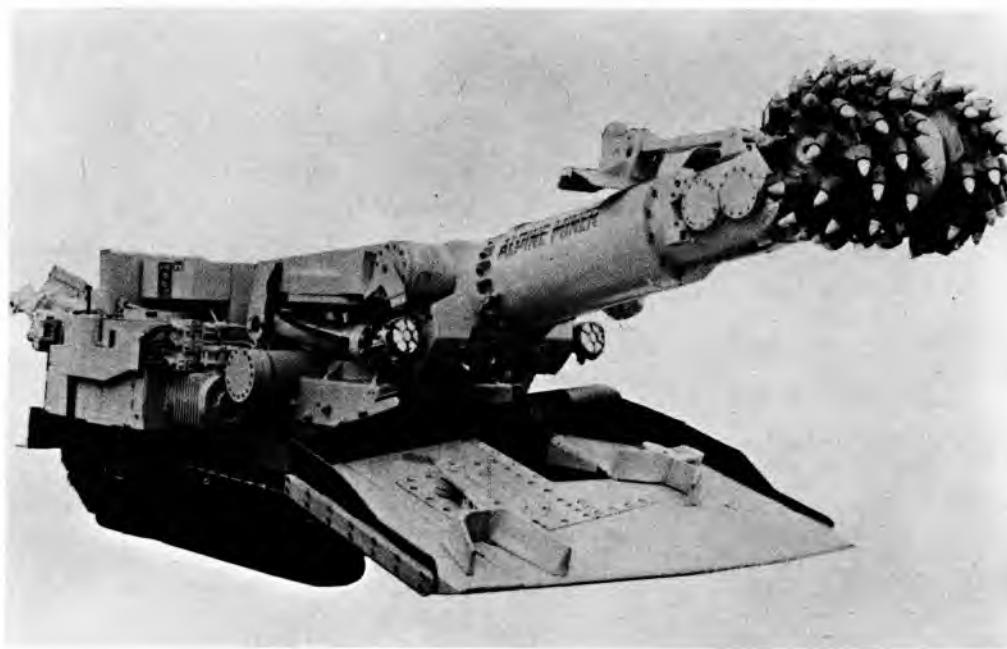
Sl. 34. Dinamički strug

Čelni otkopni strojevi sa sukcesivnim rezanjem (sl. 35) manje služe za jamsko otkopavanje ugljena i nekih ruda (soli), a pretežno za izradu hodnika i tunela. Oni su mobilni, s autonomnim pogonom, opremljeni gusjeničnim voznim uređajem, kućištem, reznim radnim organom, utovarnim uređajem i otpremnim transporterom. Radni organ može biti širokozahvatni ili uskozahvatni. Kao širokozahvatni radni dio služe rezni bubenj, rezni lanci ili kombinacije bubenja i lanaca. Uskozahvatni rezni dio graden je drugačije. To je rezna glava montirana na kraju ruke, koja može biti ravna (sl. 36), svinuta (sl. 37) ili šarnirno pokretljiva (sl. 38). Cijelim radnim organom može se zakretati lijevo-desno i gore-dolje, pa se tako pokriva površina određenog oblika i dimenzija (sl. 39). Broj, oblik i raspored noževa te način rezanja, odnosno izrade profila, ovise o svojstvima stijene koja se reže. Iskopani ugljen, odnosno stijenski materijal pada na tlo i na utovarni plug odakle ga utovarni uređaj gura na otpremni transporter.

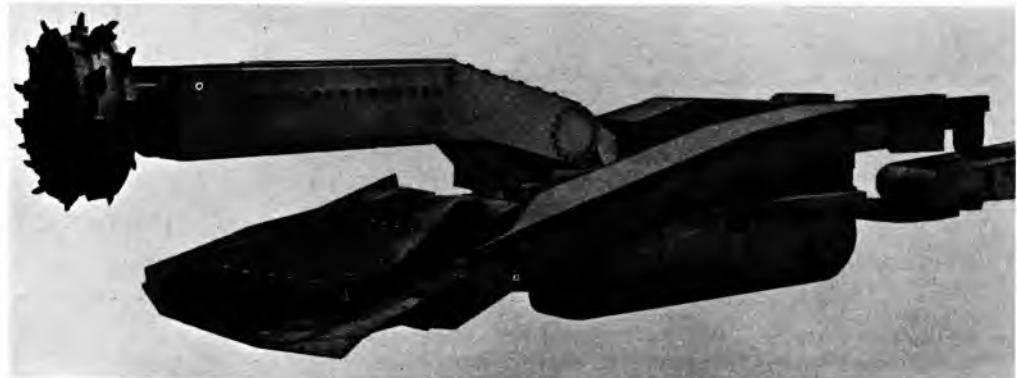
Punoprofilni strojevi za iskop te izradu hodnika i tunela izrađuju cio zadani profil odjednom. Postoje strojevi za izradu nekružnih i strojevi za izradu kružnih profila. Prvi se grade i upotrebljavaju u SAD, uglavnom za otkopavanje soli. Strojevi za kružni punoprofilni iskop mogu raditi intermitentno ili kontinuirano (krtice). Strojevi za intermitentni rad upotrebljava-



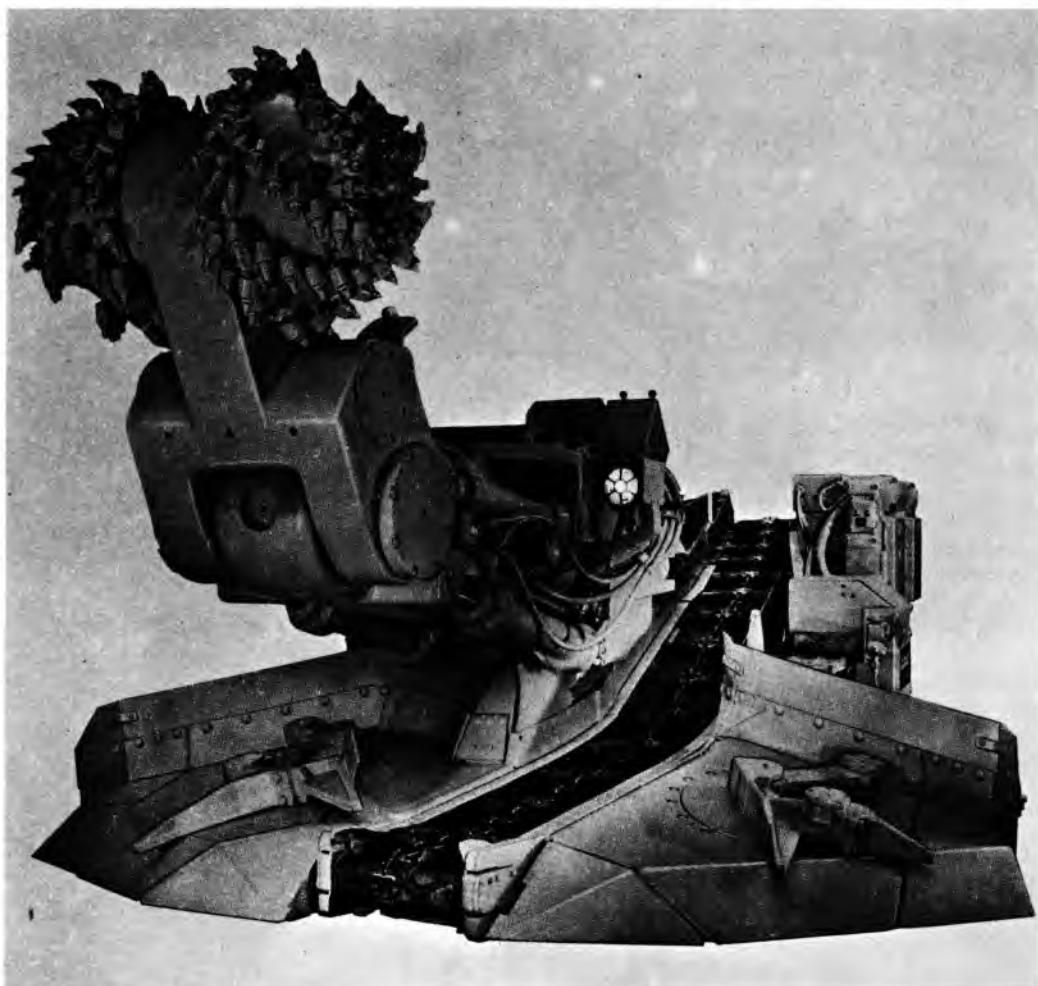
Sl. 35. Kombajn za izradu hodnika



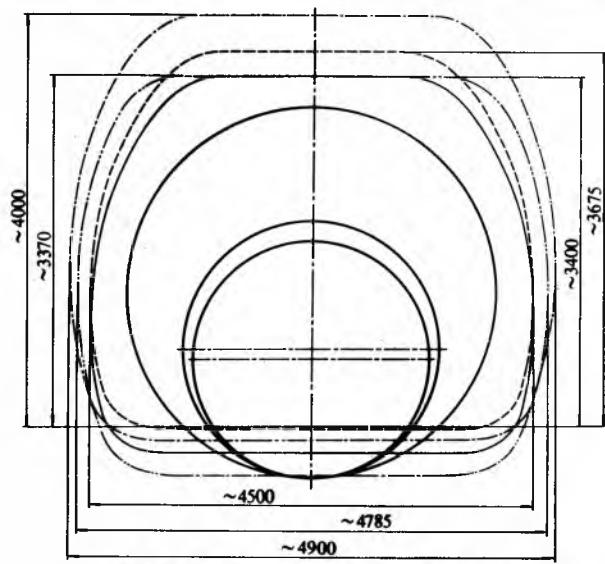
Sl. 36. Kombajn za izradu hodnika s ravnom rukom



Sl. 37. Kombajn za izradu hodnika sa svinutom rukom



Sl. 38. Kombajn sa zglobnom rukom



Sl. 39. Mogući profili hodnika i tunela (u mm)

vaju se u mekim stijenama s hidrauličkom sekcijskom zaboljnom podgradom.

Mnogo su važniji strojevi za kontinuirani punoprofilni iskop, tzv. krtice. Njihova izvedba ovisi prvenstveno o tvrdoći stijena.

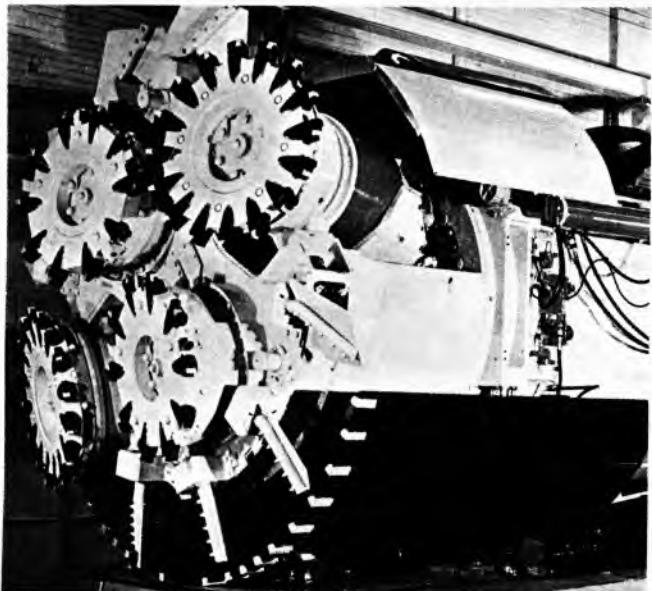
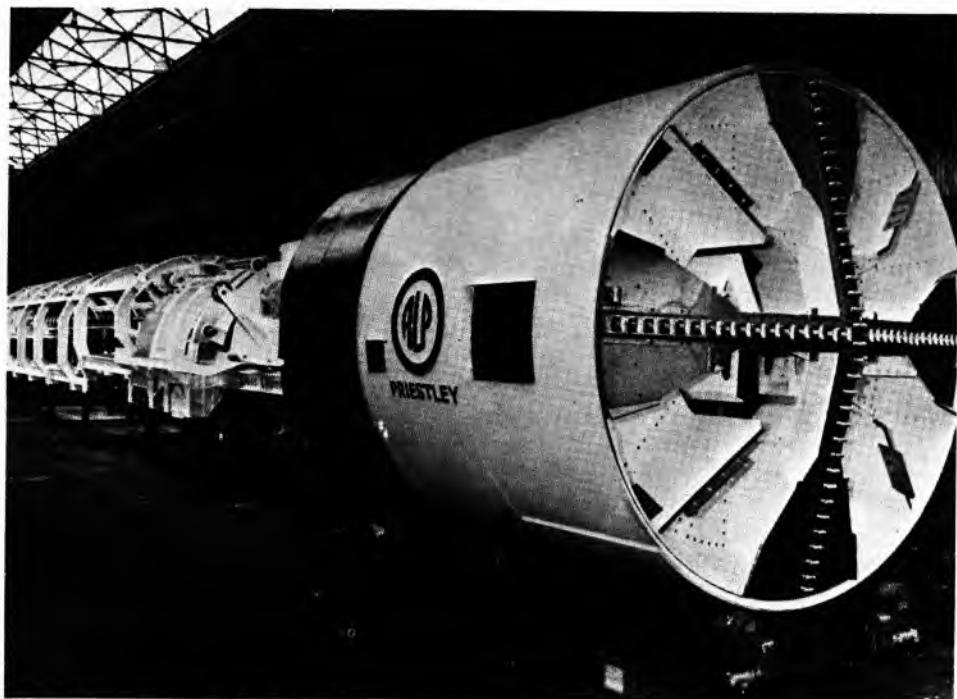
Punoprofilni stroj za meke stijene (sl. 40) zatvoren je u vanjski plasti koji je ujedno i tjesna podgrada tunela po duljini samog stroja. Unutar plasti je pogon rezne glave koja se sastoji od greda s noževima i eventualno čelnog štita za sprečavanje prodora vode ili sipke ili žitke stijenske mase u

unutrašnjost stroja, odnosno tunela. Stroj se pomiče naprijed i ujedno ostvaruje potrebnii potisak na radno čelo tako što se pomoću hidrauličkih cilindara odgurava od stalne podgrade postavljene iza stroja. U stroj je ugrađen i uređaj za dopremu već gotovih elemenata (segmenata) podgrade, te za njihovo precizno postavljanje u oblogu.

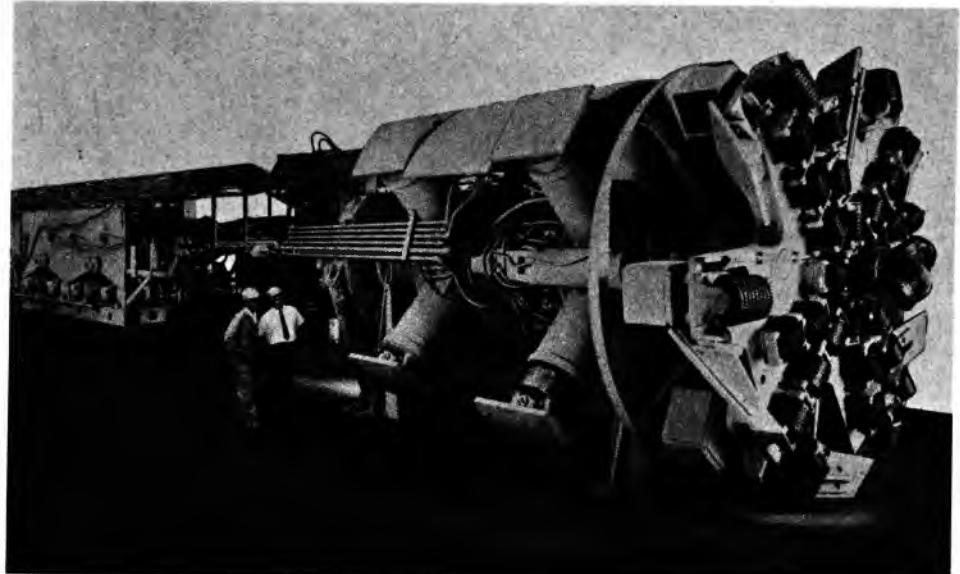
Punoprofilni strojevi za čvrste stijene razlikuju se po načinu izdvajanja stijena iz cjeline. Jedni stijenu režu noževima koji se relativno velikom brzinom vrte u pogonjenim reznim glavama (sl. 41), dok je drugi drobe slobodno rotirajućim reznim elementima (sl. 42). Rezni elementi mogu biti izvedeni kao stožasta rotacijska tijela s čunjastim, bradavičastim ili zupčastim šiljcima (sl. 43) ili kao diskovi (sl. 44). Efikasnost diskova ponekad se nastoji poboljšati primjenom vodenog mlaza pod jakim tlakom (do 400 MPa, sl. 45).

Prednosti su punoprofilnih strojeva: mogućnost izrade i najvećih potrebnih profila (i do promjera od 10 m), dobivanje glatkih zidova hodnika, minimum zaposlenog osoblja (doduze visokokvalificiranog), potpuno eliminiranje manualnog rada, zatim velika sigurnost, veliki učinci, odnosno brzina i niži troškovi izrade. Nedostaci su: ograničen najmanji promjer (~2 m) i najveći promjer profila, skupa i dugotrajna priprema radilišta (doprema, montaža i zatim demontaža i otprema stroja), ograničena minimalna duljina hodnika (u zapadnonjemačkim rudnicima kamenog ugljena ona iznosi ~1,6 km), potreba izrade komore za montažu i demontažu, veliki polumjeri horizontalnih i vertikalnih krivina (100–200, odnosno do 500 m), veoma otežano izvođenje popravaka i inspekcije, velika osjetljivost na promjenu čvrstoće stijene kroz koju prolazi, nemogućnost povratnog hoda (stroj može ići samo naprijed) i, konačno, takvim se strojem hodnik može raditi samo s jednog kraja, dok je to drugim postupcima moguće s oba kraja, pa čak i s više polaznih točaka. Ipak su punoprofilni strojevi (krtice) danas nezamjenljivi kad se radi

Sl. 40. Punoprofilni kopač za meke stijene



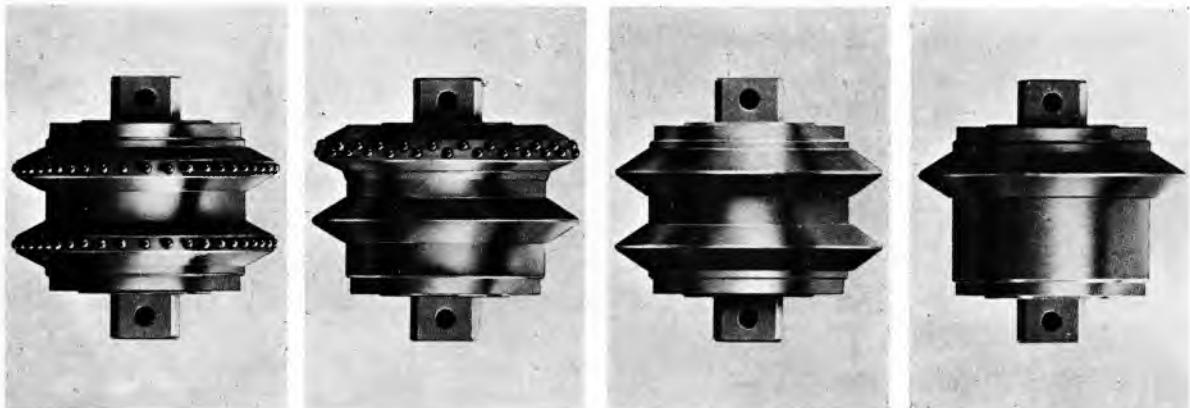
Sl. 41. Punoprofilni kopač za razrušavanje čvrstih stijena rezanjem



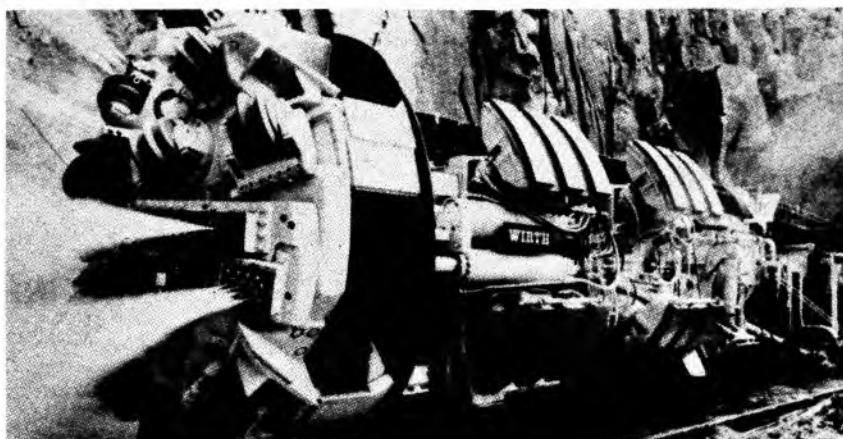
Sl. 42. Punoprofilni kopač za razrušavanje čvrstih stijena drobljenjem



Sl. 43. Rezni stočci za punoprofilne kopače



Sl. 44. Rezni diskovi za punoprofilne kopače



Sl. 45. Punoprofilni kopač s dodatnim uređajem za razrušavanje stijena vodenim mlazom

o izradi dugih, ravnih i velikih profila hodnika u rudarstvu i građevinarstvu (metrovi, hidrotehnički objekti ...).

TRANSPORT U RUDARSTVU

Zadatak je transporta u rudarstvu otprema iskopine od radilišta do odgovarajućeg odredišta te doprema potrebnog materijala od distribucijskog mjeseta do radilišta. Veoma često transportna sredstva služe i za prijevoz ljudstva.

Udio transporta u strukturi proizvodnih troškova u jamskom radu iznosi 10...13% u ugljenokopima, a 15...50% u rudnicima metala. Na površinskim kopovima udio transporta u proizvodnim kao i u investicijskim troškovima iznosi 40...70%.

U načelu se za rudarski transport upotrebljavaju transportna sredstva koja i inače služe u ostalim industrijskim granama i u javnom prometu, samo što su neka od tih sredstava manje ili više modificirana zbog specifičnih uvjeta rada u rudnicima, a neka i posebno konstruirana samo za primjenu u rudarstvu.

Rudarska transportna sredstva mogu biti sredstva za diskontinuirani i sredstva za kontinuirani transport.

Sredstva za diskontinuirani transport

Razlikuju se dvije osnovne grupe sredstava za diskontinuirani transport: *pružna transportna sredstva* koja se kreću po tračnicama ili pomoću čeličnih užeta, dakle kretanje im je ograničeno na točno određenu trasu, i *slobodna transportna sredstva* koja imaju punu slobodu kretanja po površini tla.

Prema načinu pogona mogu se sredstva za diskontinuirani transport razvrstati na *autonomna*, koja pokreće vlastiti pogonski motor, i na *sredstva s vanjskim pogonom*, koja se pokreću pomoću užeta.

Pružna transportna sredstva. Pružni transportni sustav sastoji se od pruge (koja može biti kolosijek s tračnicama ili napeto čelično uže), rudarskih vagoneta i vagona, te rudničkih lokomotiva ili vanjskog uređaja za vuču vitlom.

Kolosijek najčešće ima dvije tračnice standardnoga željezničkog profila. U novije doba uvođe se i kolosijeci s jednom ili dvjema tračnicama profila u obliku slova I, Ū ili O. Prijedaju se u jamama prevladavali kolosijeci širine 430...630 mm, a na površini kolosijeci od 760, 900, 1000 i 1067 mm. Danas se nastoje primijeniti sve širi kolosijeci i u jamama i na površini,



Sl. 46. Standardni rudarski vagonet

vertikalni (ovjesni) za prijenos težine vozila na tračnicu i horizontalni (trakcijski) za pogon vozila. Vučna sila ovisi o pritisku kotača na tračnicu i o koeficijentu trenja između kotača i tračnice. Sila pritiska horizontalnih pogonskih kotača ostvaruje se umjetno pomoću snažne opruge ili hidrauličkog cilindra, a trenje oblogom kotača. Zahvaljujući *umjetnoj adheziji kotača*, ovješena lokomotiva može svladavati uspone i do 25° , a prisilno vođenje lokomotive pomoću horizontalnih kotača omogućuje i velika krivudanja trase. Pruga se vješa sidrima o strop ako je stijena stropa dovoljne nosivosti, ili o podgradu ako je krovina slabija. Visećom prugom oslobađa se pod hodnika za druge namjene.

Umjetna adhezija lokomotivskih kotača primjenjuje se i na prugama položenim na pod ako je trasa krivudava i s velikim usponima. Takva pruga (podna pruga, njem. *Flur-*



Sl. 47. Jednotračna viseća pruga i lokomotiva

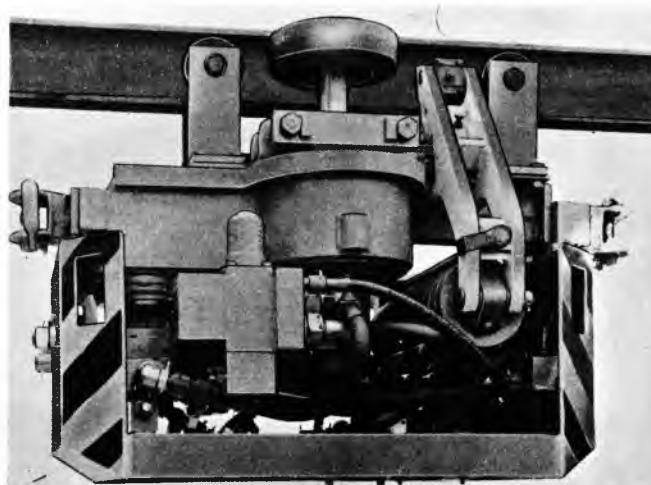
pa se prelazi na normalni kolosijek od 1435 mm gdje god je to moguće s obzirom na tehnološke i ekonomiske uvjete.

Rudarska kolica ili *rudarski vagonet* (sl. 46) osnovno je transportno sredstvo pružnog transporta u rudarstvu. To je čelični sanduk postavljen na okvir s kolnim sloganima. Rudarska se kolica prazne prevrtanjem sanduka ili kroz vrata na dnu sanduka ili na jednom ili na oba boka, odnosno na jednom ili na oba čela sanduka.

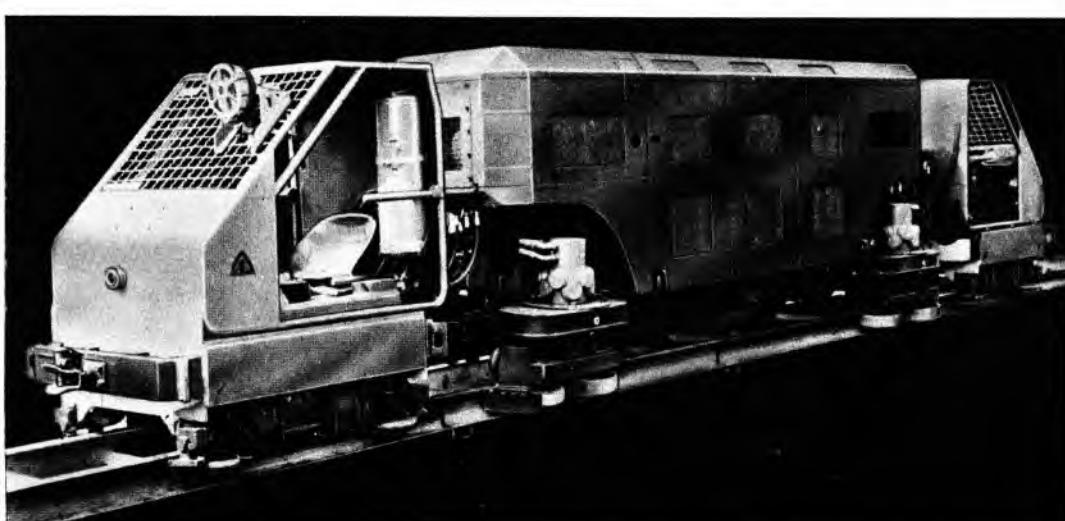
Obujam sanduka ovisi o namjeni rudarskih kolica. U jamama ugljenokopa upotrebljavaju se mala kolica od $0,7\cdots1,3 \text{ m}^3$, srednja od $2,5\cdots4 \text{ m}^3$ i velika od $13\cdots30 \text{ m}^3$. U jamama rudnika metala upotrebljavaju se mala kolica od $0,3\cdots0,7 \text{ m}^3$ i velika od $2\cdots10 \text{ m}^3$. Na površinskim kopovima upotrebljavaju se vagoni obujma 50 m^3 i više.

Rudničke lokomotive za vuču rudarskih vagoneta i vagona po kolosijeku položenom na pod jame ili površinskog kopa opisane su u članku *Lokomotive*, TE 7, str. 560 \cdots 562.

U novije se doba u rudnicima upotrebljava i *jednotračna viseća pruga* sastavljena od međusobno povezanih i o strop jamskog hodnika ovješenih čeličnih I-profila (sl. 47). Po ovješenoj tračnici vagonete vuče lokomotiva posebne konstrukcije (sl. 48). Ta lokomotiva ima dva sustava kotača:



Sl. 48. Pogonska jedinica lokomotive za jednotračnu viseću prugu



Sl. 49. Lokomotiva za podnu prugu s umjetnom adhezijom

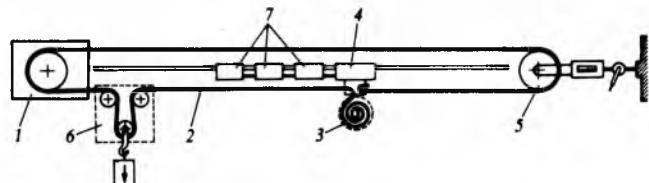
bahn) ima dvije tračnice U-profila, okrenute otvorenom stranom prema unutra ili prema van. Dva ili više pari vertikalnih kotača prenose težinu lokomotive na gornju plohu U-profila, a dva ili više pari horizontalnih kotača s umjetnom adhezijom pogone lokomotivu i prisiljavaju je da pri gibanju prati kolosijek (sl. 49). Vagoneti za takve pruge imaju kao i lokomotive, osim vertikalnih, nosivih kotača, također horizontalne vodeće kotače.

Vanjski pogon pružnih transportnih sredstava primjenjuje se za vagonete na jednotračnoj visećoj pruzi, te za uspinjače i svoznice.

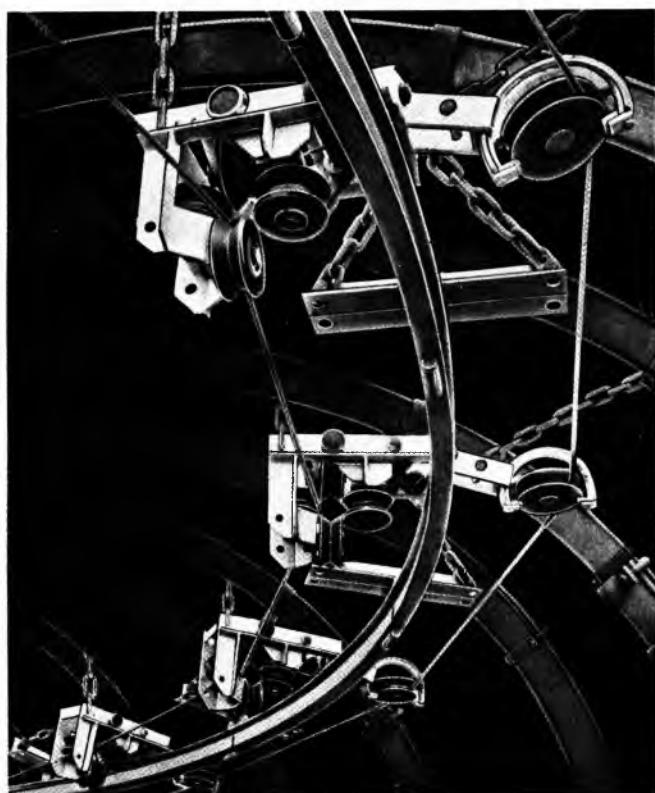
Sustav vanjskog pogona *zatvorenim užetom* kad je vagonet na jednotračnoj visećoj pruzi (sl. 50) ima vučno uže (2) koje tvori zatvoreni krug prolazeći preko pogonskog vitla (1), povratnog kotura (5) i nateznog uredaja (6). U posebnom vagonetu (4) nalazi se bubanj (3) na koji su učvršćena oba slobodna kraja užeta i namotana potrebna rezerva užeta. Namatanjem i odmatanjem užeta kompenzira se njegovo produljenje u toku eksploracije, mijenja mu se duljina kad se trasa pruge produljuje ili skraćuje, odnosno kad se na užetu žele pomaknuti mjesto najvećeg habanja. Hvatiste je vučne sile na bubnju, pa, ovisno o smjeru rotacije pogonskog vitla, vagonet s bubnjem vuče ili gura prikopčane terete vagonete (7). Koturi raspoređeni duž pruge pridržavaju i vode vučno uže (sl. 51).

Uspinjače i svoznice su u stvari vagoni na konvencionalnoj pružnoj trasi, a pokreće ih pomoću vučnog užeta vanjsko vitlo na kraju trase.

Uspinjačom se materijal samo izvlači, a svoznicom se samo spušta. Izvedba sustava za vuču vagona ovisi o nagibu trase,



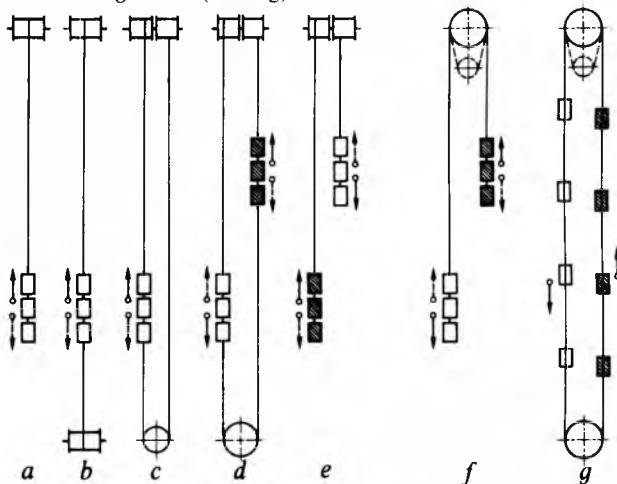
Sl. 50. Jednotračna viseća željeznica s užetnim pogonom. 1 pogonsko vitlo, 2 vučno uže, 3 bubanj s rezervom užeta, 4 vagonet s bubnjem, 5 povratni kotur, 6 natezni uredaj, 7 teretni vagoneti



Sl. 51. Vođenje užeta u krivini

kapacitetu transporta i specifičnim radnim uvjetima (sl. 52). Najjednostavniji je *jednoradni sustav s otvorenim užetom* (sl. 52a). Taj je sustav prikladan samo za trase većeg nagiba, jer vitlo izvlači vagone samo uzbrdo, a nizbrdo se vagoni spuštaju djelovanjem sile gravitacije. Ako je trasa horizontalna ili nedovoljno velikog nagiba da bi se vagoni spuštali djelovanjem gravitacije, potrebna su dva vitla, po jedno na svakom kraju trase (sl. 52b), odnosno *sustav sa zatvorenim užetom*, koji ima na jednom kraju pruge vitlo sa dva bubenja, a na drugom povratni kotur (sl. 52c). Kapacitet transporta može se udvostručiti ako je sustav *dvoradni*, tj. ako su na trasi dva paralelna kolosijeka, tako da se po svakom od njih istodobno kreće kompozicija vagona, ali u suprotnim smjerovima (sl. 52d, e i f). To znači, dok se na jednom kraju trase vagoni puni materijalom, na drugom se prazne, pa se u jednom smjeru kreću prazni vagoni, a u suprotnome natovareni.

Sličan se učinak postiže sustavom transporta pomoću *beskonačnog užeta* (sl. 52g).



Sl. 52. Shema transporta čeličnim užetom. a jednoradni transport s jednim otvorenim užetom, b jednoradni s dva otvorena užeta, c jednoradni s prednjim i stražnjim užetom, d dvoradni s prednjim i stražnjim užetom, e dvoradni transport s dva otvorena užeta, f dvoradni s jednim otvorenim užetom, g transport s beskonačnim užetom

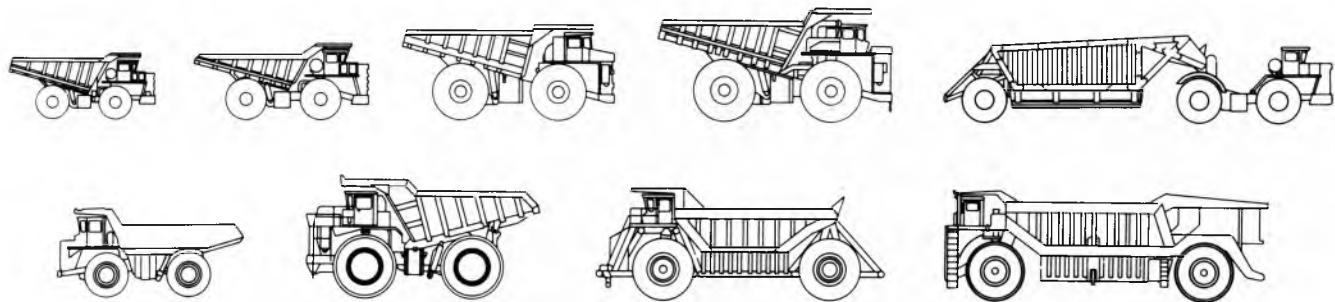
Danas se u rudarstvu uspinjače i svoznice sve više napuštaju jer im je kapacitet malen. Ponegdje se još primjenjuju kao ispomoć u ciklusu kamionskog transporta gdje se na najvećem usponu, redovito unutar dubokog površinskog kopa, kamioni izvlače na posebnom vagonu-platfromi.

Žičare, kao sredstvo transporta u rudarstvu, imaju veliku prednost jer njihova trasa vrlo malo ovisi o morfološkoj i konfiguraciji terena. U brdovitim, močvarnim, jezerskim i urbaniziranim područjima žičare mogu jednostavno i relativno jeftino premostiti velike daljine te svladati i veće visinske razlike između krajnjih stajališta. Izvedbe teretnih žičara za potrebe rudarstva opisane su u članku *Prenosila i dizala*, poglavljje *Žičare*.

Lančare su se upotrebljavale u rudničkom transportu u doba kad čelična užeta nisu bila pouzdana i tehnološki usavršena. Danas su se zadržale kao tzv. donji lanac za prevlačenje vagona još samo za rudničke izvoznice na navozištima i odvozištima, te na separacijama i rudničkim dvorištima.

Slobodna transportna sredstva mogu biti *autonomna* i *vanjskim pogonom*, a karakteristika im je da se gibaju neposredno po tlu, a ne po tračnicama ili po napetom čeličnom užetu.

Autonomna transportna sredstva motorna su vozila pogonjena redovito Dieselovim motorom, a to su: *kamioni*, *LHD-vozila*, *autoskreperi*, a uvjetno i *dozeri* (*buldozeri*). Rudarski transportni sustav s autonomnim vozilima izvanredno je fleksibilan jer su ta vozila autonomna u pogledu pogonske energije i trase gibanja, a kvar ili zastoj jedne jedinice ne ometa i ne zaustavlja sav transport na trasi.



Sl. 53. Različiti tipovi rudarskih kamiona

Kamioni standardne izvedbe za prijevoz rasutog materijala upotrebljavaju se i u rudarstvu (v. *Automobilna vozila*, TE 1, str. 453). U rudarstvu se upotrebljavaju različiti tipovi kamiona (sl. 53). Za transport ruda izgrađen je i do sada najveći kamion nosivosti 350 t s pogonskim motorom snage ~2240 kW (sl. 54).

LHD-vozila kombinacija su utovarača i kamiona, a naziv im dolazi od engleskoga load-haul-dump (utovariti-prevesti-is-

tresti). Postoje dvije varijante: vozilo s posebnim uredajem za punjenje tovarnog sanduka (sl. 55) i vozilo s tovarnim sandukom koji ima ujedno i utovarnu funkciju (sl. 56). Taj drugi tip danas prevladava u rudarstvu, a karakteristika mu je što ima utovarnu žlicu tolikog obujma da služi i kao tovarni sanduk. Rasporedom masa i konstrukcijom vozila s tovarnom žlicom na jednom, a pogonskom i prijenosnom grupom na drugom kraju postiglo se da ta vozila imaju relativno veliku nosivost u odnosu na vlastitu masu.

LHD-vozila mnogo se upotrebljavaju u podzemnoj eksploataciji metalnih i nemetalnih ruda (boksit, sol i sl.) gdje nepravilne i teške trase otežavaju rentabilnu primjenu bilo koje druge transportne mehanizacije.

Autoskreperi su varijanta *LHD-vozila*, a služe za plitki otkop sipkog materijala, te utovar i prijevoz. U rudarstvu se upotrebljavaju za rad na otkrivicima. O *autoskreperima* v. *Bagerovanje*, TE 1, str. 645.

Buldozeri (dozeri) su strojevi za izradu plitkih rezova, pa se samo uvjetno mogu smatrati transportnim sredstvom za male udaljenosti (v. *Bagerovanje*, TE 1, str. 644). U rudarstvu se upotrebljavaju na površinskim kopovima kao pomoćna mehanizacija za planiranje i čišćenje etaža, prirđtanje materijala bageru, čišćenje snijega, uklanjanje obraslog i humusnog sloja na otkrivicima i sl.

Užetni skreperi (kabelni bageri) sredstva su s vanjskim pogonom koja služe za kopanje i za transport (v. *Bagerovanje*, TE 1, str. 644). Uredaj se sastoji od skreperske posude koja se čeličnim užetom povlači prema naprijed pri punjenju i transportu materijala, a prema natrag kad se vraća prazna (sl. 57). Upotrebljavaju se u šljunčarama za iskop i izvlačenje šljunka i pijeska, a u jamskom radu za navlačenje rude ispod komora do sipki za utovar u vagone, dakle samo kao transportno sredstvo.

Sredstva za kontinuirani transport

Od različitih sredstava za kontinuirani transport prije su se u rudarstvu upotrebljavale *stresaljke*, a njih su danas gotovo potpuno zamijenili *transporteri s beskonačnom trakom*, *grabuljasti transporteri* te *pneumatski i hidraulički transporteri*.



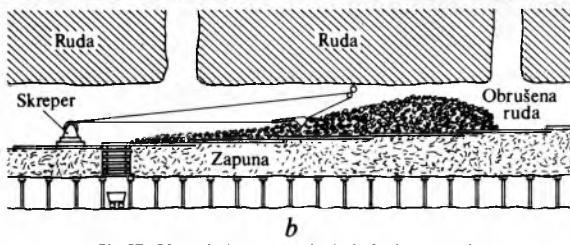
Sl. 54. Kamion Terex 33-19 nosivosti 350 tona



Sl. 55. LHD-vozilo s utovarnim uredajem



Sl. 56. LHD-vozilo bez posebnog utovarnog uredaja

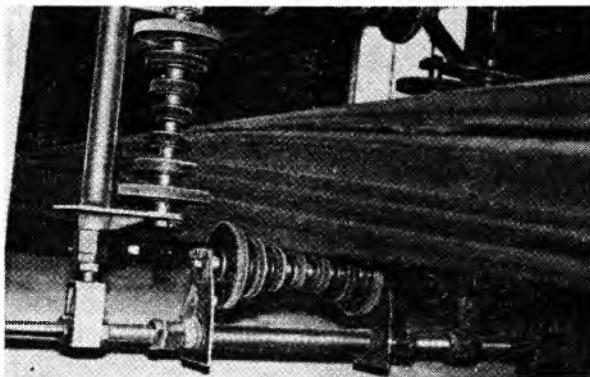


Sl. 57. Užetni skreper. a izgled, b shema rada

Stresaljke djeluju na principu oscilacijskog gibanja podloge gdje se sipki ili komadni materijal s podlogom pomije na mahove naprijed. O tim transporterima v. *Prenosila i dizala*, poglavlje *Tresivi transporteri*.

Transporteri s beskonačnom trakom najvažnija su sredstva transporta u rudarstvu. O njima v. *Prenosila i dizala*, poglavlje *Trakasti transporteri*.

Transporter s beskonačnom trakom tipično je jednosmerno transportno sredstvo, ali u rudarstvu služi i kao dvosmjerno, za istodobni odvoz ugljena iz jame i dovoz zasipa u jamu (najčešća kombinacija). Zasip se prevozi na donjoj, tj. povratnoj i inače neiskorištenoj grani trake. Na početku trase posebni uređaj obrće donju granu trake, a na kraju trase vraća je natrag u normalni položaj (sl. 58), tako da strana



Sl. 58. Okretanje donje grane beskonačne trake za istodobni dvosmjerni transport

trake što naliježe na pogonske valjke ostaje stalno čista, jer se ugljen i zasip prevoze na suprotnoj, prljavoj strani trake.

Uz posebne konstruktivne i sigurnosne mjere mogu se u rudničkim jamama prevoziti na transporteru s beskonačnom trakom i ljudi (sl. 59). Na mjestu ukrcanja i iskrcaja osoblja nalaze se rampe za siguran pristup, a na dovoljnom razmaku od mesta iskrcaja postavljene su uočljive oznake upozorenja. Ljudi se na traci voze ležeći potrbuške, s glavom u smjeru vožnje, udaljeni jedan od drugog po nekoliko metara, tj. toliko da je osigurano pouzdano penjanje i silaženje.



Sl. 59. Prijevoz ljudi transporterom s beskonačnom trakom

Lančani transporteri grade se u različitim izvedbama, a osnovna im je karakteristika da imaju jedan ili više lanaca kao vučne, odnosno kao vučne i nosive elemente. Za rudarstvo su tipični *lančani transporteri sa strugalima* ili *grabuljari* (v. *Prenosila i dizala*, poglavlje *Transporteri sa strugalima*).

Grabuljari (sl. 60) osobito su prikladni za odvoz ugljena na dugačkom ugljenom otkopu (širokom čelu) jer su robustni i otporni na teške uvjete rada, lako se postavljaju, premještaju i prilagodavaju neravninama širokog čela, zauzimaju malo prostora i male su visine.

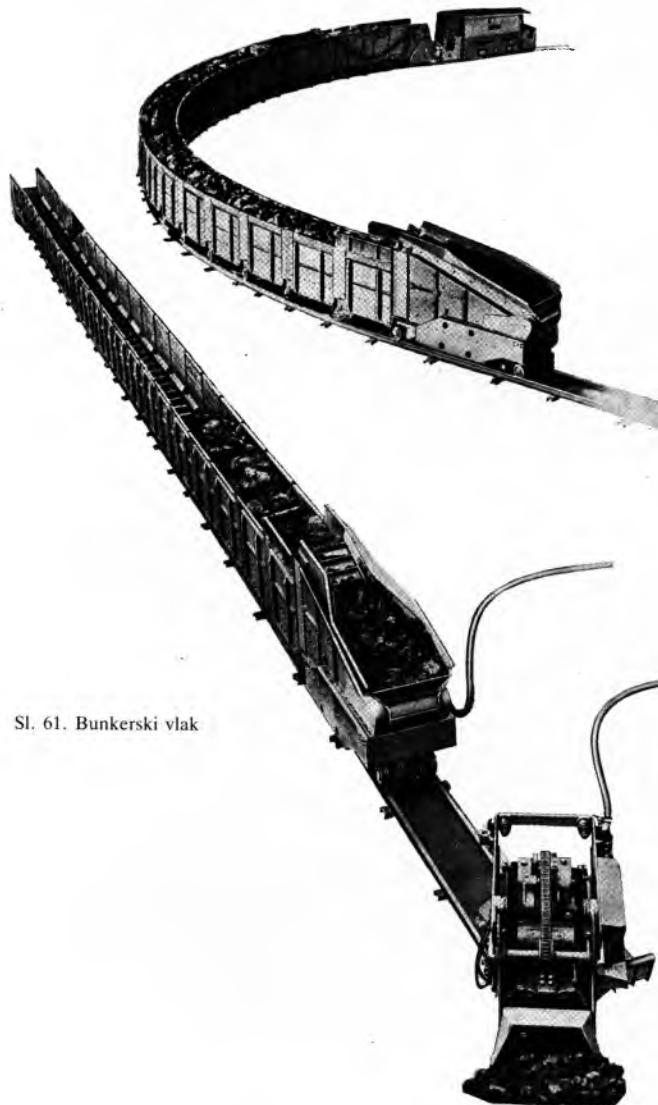
Lakši grabuljari su jednolančani, a ježi, otkopni, dvolančani. Za posebno teške uvjete rada, velike kapacitete transporta i za specijalne zadatke grabuljari se grade sa tri i više lanaca.

U modernim ugljenokopima grabuljasti transporter služi i kao staza po kojoj se kreće otkopni stroj i kao oslonac



Sl. 60. Lančani transporter sa strugalima (grabuljar)

vodilica ugljenog struga, te kao oslonac hidrauličke samohodne pregrade. U utovaračima (sl. 61) i uskozahvatnim kombajnima za izradu hodnika (sl. 38) grabuljar služi za otpremu iskopanog materijala. Grabuljari se ugrađuju kao pomično dno i u sekcijske specijalnih bunkerskih vlakova i vozila. Vozilo se puni na jednom kraju, a grabuljar se



Sl. 61. Bunkerski vlak

polaganom krećem i pomiče utovarenim materijalom do drugog kraja, sve dok se vozilo ne napuni (sl. 61). Napunjeno vozilo se prazni stavljanjem grabuljara u pogon.

Transport cjevovodima. Za transport rasutog materijala kroz cjevovode postoje dva sustava: *pneumatski* i *hidraulički*. Oba se sustava primjenjuju i u rudarstvu (v. *Prenosila i dizala*, poglavlja *Pneumatska prenosila* i *Hidraulička prenosila*).

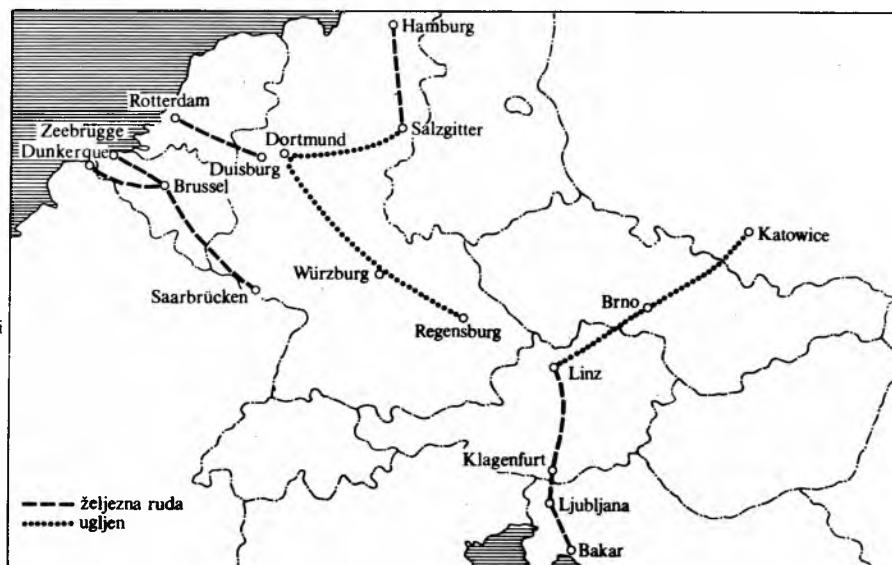
Pneumatski transport cjevovodom odavno se upotrebljava u rudarskoj tehnologiji *otkopavanja sa zasipanjem*, tj. kad se otkopani prostori moraju zapuniti nekim jalovim materijalom da se spriječi rušenje ili slijeganje krovine. Zasipni se materijal dobiva na površini ili u jami, a na mjesto zasipanja doprema se cjevovodom uz pomoć komprimiranog zraka. Ako bi zasipni materijal mogao začepiti cijev, kao npr. pri vertikalnom spuštanju materijala kad se na dnu cijevi čestice materijala sedimentiraju, transportni se sustavi obično kombiniraju. Zasip se s površine doprema nekim konvencionalnim transportnim sredstvom što bliže otkopu, a tek ga odatle preuzima pneumatski cjevovod.

Hidraulički transport cjevovodom mnogo je povoljniji od pneumatskoga zbog veće gustoće tekućine (vode) kao nosivog medija. U rudarstvu se smjesa materijala i vode (tzv. pulpa) obično transportira kroz cijevi pod tlakom što ga proizvodi pumpa, a rijetko prirodnim padom, tj. gravitacijski, zbog nagiba cijevi ili otvorenog kanala.

Primijenjen u jamskom radu hidraulički transport ima specifičnih prednosti prema mehaničkom i pneumatskom transportu: manji je broj ozljeda radnika, smanjena je opasnost od požara i eksplozije ugljene prasmine, jamska atmosfera se manje onečišćava itd. Na površini u okviru rudnika hidraulički se transport sve više upotrebljava za transport na udaljenostima do 20 km, uglavnom od rudničkog skladišta do postrojenja za oplemenjivanje ili od tih postrojenja do jalovišta.

U rudarstvu se hidraulički transport uspješno primjenjuje i za vrlo velike udaljenosti. Najdulji hidraulički cjevovod je u SAD i ima 440 km, a planira se cjevovod dug čak 2250 km. U Brazilu se cjevovodom dugim 396 km transportira flotacijski željezni koncentrat od rudnika kraj grada Belo Horizonte do luke Espírito Santo na Atlantiku.

Na sl. 62 prikazani su postojeći i planirani cjevovodi za hidraulički transport ugljena i željezne rude u Evropi. Zanimljiv je planirani cjevovod od Katowica do Linza, dug 770 km, kojim bi se godišnje hidraulički transportiralo $5 \cdot 10^9$ t ugljena. Računa se da bi taj hidraulički transport bio 5...10 puta jeftiniji od željezničkoga, koji bi za istu količinu ugljena trebao 16 vlakova na dan. Radi dopreme željezne rudače, Linz bi se drugim hidrauličkim cjevovodom spojio s obalom sjevernog Jadrana, a jedna od mogućih varijanata trase prolazi Jugoslavijom i završava u Bakarskom zaljevu.

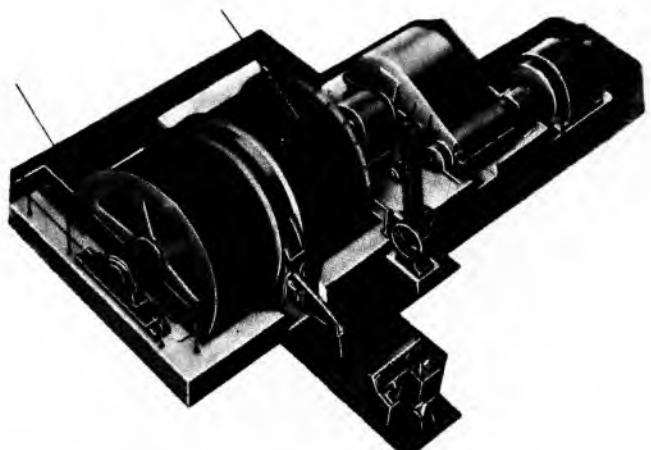


Sl. 62. Postojeći i planirani cjevovodi za hidraulički transport ugljena i željezne rude u Evropi

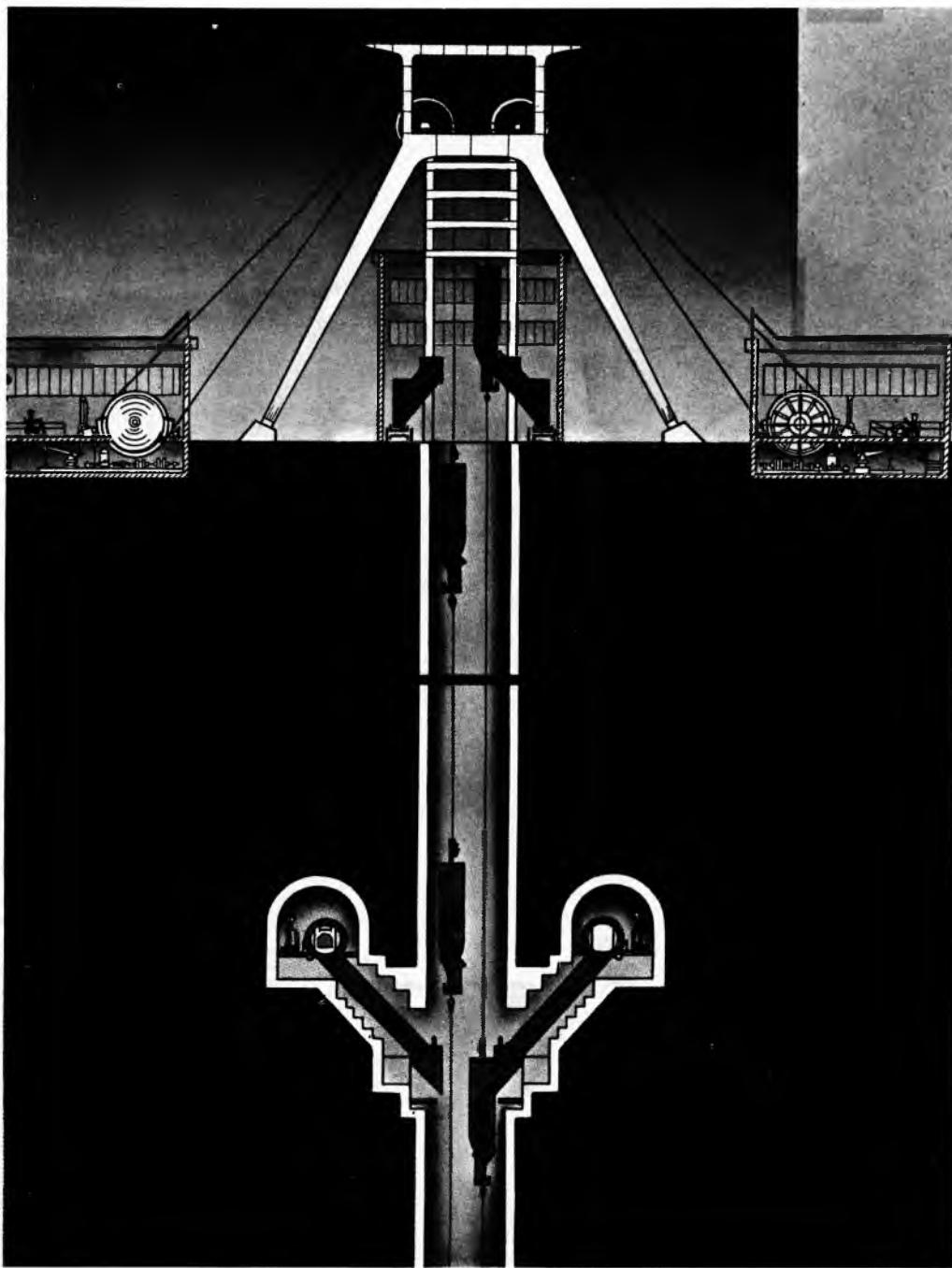
IZVOZNICE

Izvoznice, poseban tip dizala kojim se u jamu spuštaju ljudi i materijal, a na površinu podižu mineralna sirovina, jalovina i ljudi. Razlikuju se izvoznice s koševima za prijevoz ljudi i svih vrsta tereta, izvoznice sa skipovima kojima se izvlači samo iskopina i kombinirane izvoznice s tzv. skipokoshevima. Izvoznice najčešće imaju dvije izvozne posude i rade ciklički: dok se jedna posuda puni, druga se prazni, pa se puna izvlači, a prazna spušta. Rjeda je izvoznica sa samo jednom izvoznom posudom, kad drugu posudu zamjenjuje protuteg (kao kod dizala u zgradama). Nedostatak je takva rješenja manji kapacitet, a prednost manji promjer okna.

Izvoznica (sl. 63) se sastoji od izvoznog stroja, tornja, izvoznih posuda, užeta i navozišta u jami (onoliko navozišta koliko je izvoznih horizontata) i odvozišta na površini. Pogonsku snagu daje izvozni stroj (sl. 64) koji se sastoji od pogonskog elektromotora, reduktora, bubenjeva ili tarnih kotača, kočnog mehanizma, uređaja za kontrolu, upravljanje



Sl. 64. Izvozni stroj



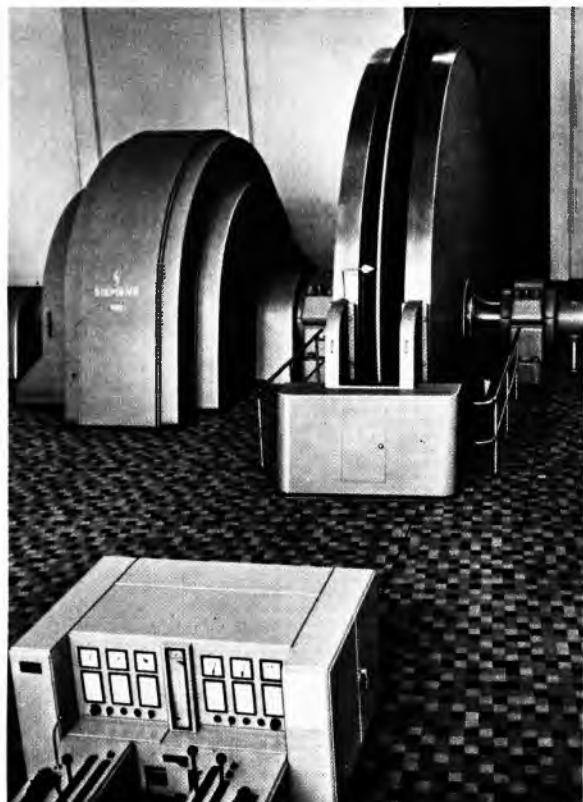
Sl. 63. Izvozno postrojenje

i regulaciju izvoznice te (eventualno) ispravljačke grupe. Kao pogonski motor može se upotrijebiti istosmjerni ili izmjenični elektromotor. Za veće izvoznice najčešće se upotrebljava istosmjerni elektromotor zbog povoljnijih svojstava u upravljanju i regulaciji. Velika se brzina vrtnje elektromotora smanjuje reduktorom. Za izvoznice se upotrebljavaju i elektromotori s mnogo parova polova koji imaju dovoljno malu brzinu vrtnje da je moguće eliminirati reduktor. Zbog niže cijene i lakše zamjenljivosti novije izvoznice imaju elektromotore veće brzine vrtnje s reduktorom.

Pogonska se sila prenosi na uže bubenjem ili tarnim kotačem. Kad se prenosi bubenjem, uže se na bubenj namotava, pa se izvozna posuda podiže, ili pak odmotava, pa se tada posuda spušta. Prema tome, svakoj posudi pripada jedno uže i jedan bubenj. Bubnjevi moraju biti dvije nezavisne cjeline da bi se naknadno mogle regulirati duljine užeta, ili mijenjati horizonti s kojih se izvozi. U prvom slučaju, puna posuda koja se podiže treba stići do površine u momentu kad prazna koja se spušta stigne do određene razine u jami. Slično je i pri promjeni izvoznih horizontata.

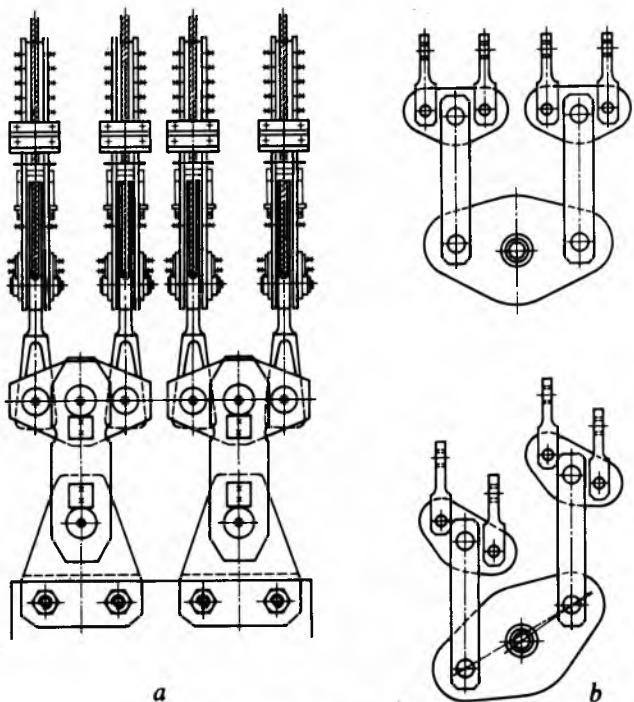
Uže se učvršćuje u unutrašnjosti bubenja i namata najčešće na drvetom obloženu, užlijebljenu, cilindričnu površinu u jednom sloju. Ono se smješta na bubenj tako da se pri rotaciji bubenja istovremeno jedno uže namata, a drugo odmatava. Dimenzije bubenja određene su duljinom užeta koje se mora namotati i njegovim promjerom.

Tarni kotač ili (prema izumitelju) Koepeov kotač (sl. 65) služi za prijenos sile od pogonskog motora na izvozno uže samo pomoću trenja između kotača i užeta prebačena preko njega. Takva izvozna ima samo jedno uže, otrprilike dvostruko dulje nego izvozna s bubenjevima. Uže se ne može skraćivati (osim odsijecanjem) i ne mogu se mijenjati izvozni horizonti. Tarni je kotač mnogo jednostavniji, laksi i jeftiniji nego bubenjevi za jednaku izvoznicu. Upravo zbog manje težine vrlo se često cijeli izvozni stroj zajedno s Koepeovim kotačem smješta na vrh izvoznog tornja, što ima mnoge prednosti. Najveća je da se umjesto jednoga debljeg može uzeti više tanjih užeta, što daje veću sigurnost, manji promjer kotača i omogućuje veće dubine izvoza. Tada, međutim, pojedina užeta bježe, zbog čega su nejednoliko opterećena.



Sl. 65. Izvozni stroj s tarnim kotačem (Koepeov kotač)

To *bježanje* nastaje zbog i najmanjih razlika u promjerima pojedinih tarnih kotača. Ako, npr., promjeri kotača iznose 5000 i 5002 mm, opseg kotača ili put užeta za jedan okretaj iznosi 15 708,0 i 15 714,3 mm, pa ta razlika od 6,3 mm za dubinu od 800 m iznosi već 321 mm. To je dovoljno da sav teret izvozne posude ostane na jednom užetu. Stoga se spoj više užeta i posude izvodi ili pomoću balansira različitim izvedbama (sl. 66a i b), ili pomoću krutog zavjesa (sl. 66c), ali s dinamometrom i uz mogućnost podešavanja.

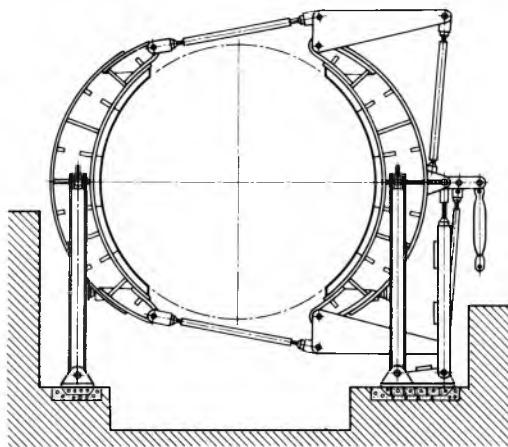


Sl. 66. Ujednačivanje opterećenja užeta izvozne posude
a i b pomoću balansira, c prilagodavanjem duljine užeta i kontrolom pomoću dinamometra



Kočnice su element regulacije i sigurnosti, pa svaka izvozna mora imati dvije nezavisne kočnice: manevarsku (ili radnu) i sigurnosnu. Radnom se kočnicom usporava gibanje posuda pri kraju izvoznog puta i drži sustav u zakočenom položaju za vrijeme punjenja odnosno pražnjenja posuda; njome se upravlja ručno ili automatski prema zadanim programom. Sigurnosna kočnica djeluje samo automatski kad se izvozna posuda ne zaustavi na krajnjim točkama izvoznog puta, kad brzina postane veća od dopuštene i kad nestane pogonske energije. Radna se kočnica aktivira pneumatski (čeljusna kočnica) ili hidraulički (disk-kočnica), dok se

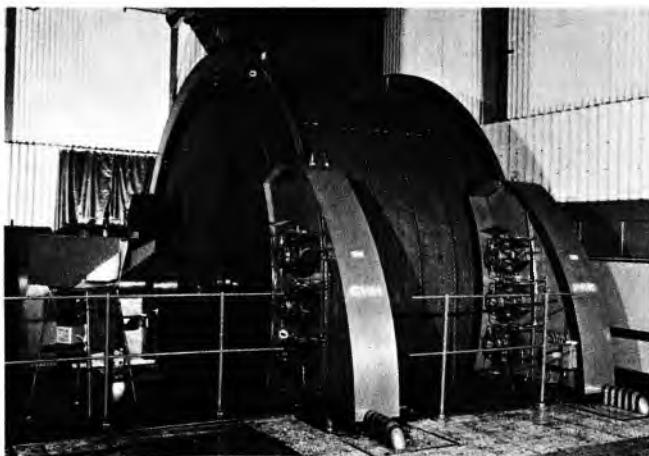
sigurnosna aktivira samo mehanički: utegom (čeljusna) ili oprugama (disk). Svaki bubanj ima zasebni izvršni organ sigurnosnih kočnica.



Sl. 67. Čeljusna kočnica

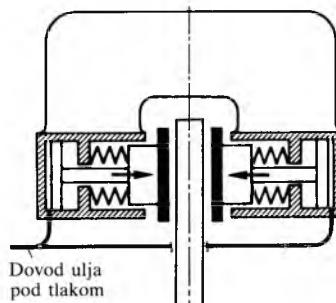
Konvencionalna čeljusna kočnica (sl. 67) sastoji se od kočnog vijenca, kočnih čeljusti, kočničkog polužja, kočničkih cilindara (radnog i sigurnosnog), te utega ili opruga. Radna i sigurnosna kočnica imaju isti izvršni organ (vijence i čeljusti), isto polužje, a samo različite izvore sila za aktiviranje. Pneumatski cilindar radne kočnice direktno proizvodi silu koja će, povećana omjerom krakova kočničkih poluga, proizvesti potrebnu silu na kočnim vijencima bubnja ili tarnog kotača. Isti takav pneumatski cilindar drži uteg sigurnosne kočnice podignut ili oprugu zategnutu, odnosno kočnicu neaktiviranu. Ako iz jednog od predviđenih razloga nestane tlaka u cilindru, uteg će se spustiti i povući poluge proizvodeći istim izvršnim organom jednak učinak kao i radna kočnica; opruga će to isto učiniti oslobadajući istezanjem svoju akumulirano energiju. Zbog inertnosti pokretnih masa kočnog sustava, zračnosti, elastičnosti i trošenja, čeljusne kočnice se u modernim izvoznicama zamjenjuju disk-kočnicama (sl. 68). Kočni vijenac na bubenju ili kotaču zamijenjen je diskom, a čeljusti kliještim ili štipaljkama. Da bi se postigla dovoljna kočna sila, po obodu se diska smješta više jednakih kliješta ili kočnih jedinica. Kočna se sila ostvaruje oprugom (sl. 69), a regulira hidrauličkim cilindrom koji djeluje nasuprot opruzi: smanjivanjem tlaka pojačava se kočenje i obratno. Zbog mnogo viših tlakova te kočnice imaju manje dimenzije. Takva je kočnica ujedno i sigurnosna: nestankom tlaka dolazi do kočenja, odnosno zaustavljanja izvoznice. Zbog toga što je kočna sila zbroj kočnih sila više pojedinačnih, nezavisnih kočnih jedinica, takve su kočnice veoma pouzdane.

Izvozni stroj opremljen je pokazivačem dubine što ga preko lanca ili posebne osovine pokreće pogonska osovina, a služi za kontrolu položaja izvoznih posuda u oknu. Istim



Sl. 68. Disk-kočnica

putem pogonjeni su regulator brzine, brzinomjer (tahometar) i tahograf koji registrira stanje izvoznice u svakom trenutku.



Sl. 69. Shema disk-kočnice

Izvozni toranj (sl. 70). Zavještenje užeta mora omogućiti dovodenje izvozne posude njenim donjim dijelom bar na razinu površine, a često i dosta više od toga. Izvozni je toranj nastavak puta gibanja posude, pa su u njemu predviđeni uredaji za prisilno i pouzdano zaustavljanje posude ako ona prijeđe dopuštenu granicu. U tornju su, već prema tipu izvoznice, bunker za mineralnu sirovinu, galerije za ubrzani ukrcaj i iskrcaj ljudi, krivine za pražnjenje skipova, ispravljački i komandni uredaj. Tornjevi mogu biti rešetkasti ili zidani (tada je izvozni stroj u njima). Kad je izvozni stroj na



Sl. 70. Rešetkasti izvozni toranj

tu pored okna, na toranj djeluje koso usmjerena sila zatezanja izvoznih užeta, pa se toranj podupire nogarima ili kosnikom. Zatvoreni, zidani tornjevi izoliraju izvozno uže od atmosferskih utjecaja, što veoma povoljno utječe na stanje i vijek trajanja užeta.

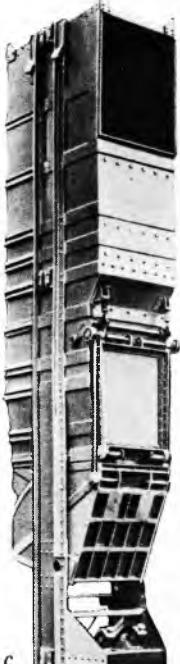
Izvozne posude. Kao izvozne posude služe koševi za prijevoz vagona i ljudi (sl. 71a i b) ili skipovi za rinfuznu sirovину (sl. 71c).

Da bi se povećala nosivost po površini presjeka okna i da bi se smanjila mrvta težina za udio vagona, koševi se najčešće izrađuju s više etaža, za jedan veći ili dva manja vagona po etaži. Koševi su čelične rešetkaste konstrukcije sa zatvorenim perforiranim ili mrežastim bočnim i punim, jakim podnim i stropnim stranicama; na čelnim su stranama otvoreni kad se prevoze vagoni, a zatvoreni vratima (koja se otvaraju prema unutra) ili mrežom (koja se može podići) kad se prevoze ljudi.

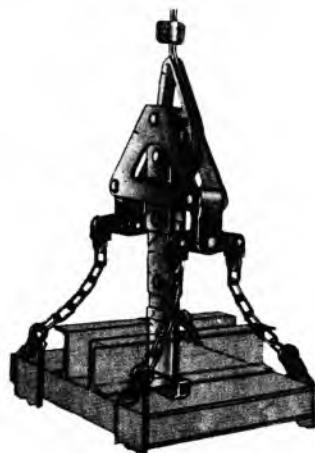
Skipovi su potpuno zatvorene prizmatične čelične posude s otvorom za punjenje na gornjem i otvorom s odgovarajućim zatvaračem na donjem dijelu. Budući da nema balasta (vagon, kolica) i da je volumen bolje iskorišten, skipovi imaju veću nosivost, a izvoznice sa skipovima veliki kapacitet. Ugradnjom skipova najjednostavnije se povećava kapacitet izvoza. Koševi se pune i prazne po etažama, pa ih treba premještati, što produžuje operaciju, dok se skip puni iz bunkera odjednom, točno doziranom količinom mineralne sirovine. Upotrebom

skipova omogućuje se potpuna automatizacija izvoza, što pridonosi povećanju izvoznog kapaciteta.

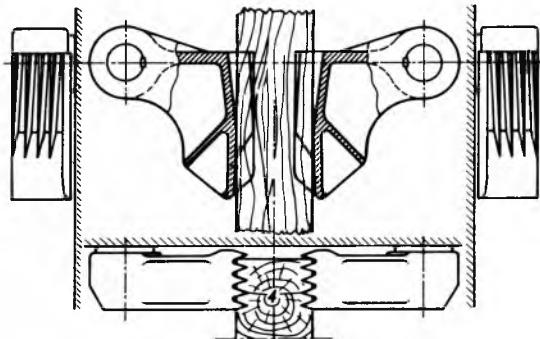
Izvozne posude imaju s gornje strane uređaj za zavješanje na izvozno uže ili spojni pribor (sl. 72). Uredaj se sastoji od centralne motke, dvaju zglobova što omogućuju njihanje posude, eventualno balansirnog uređaja i užetne kopče. Središnja je motka elastično učvršćena za posudu uređajem za hvananje (sl. 73). Glavni je sastavni element tog uređaja par šape ili pandži sa svake strane posude. Te su šape razmaknute dok posuda visi na užetu; ako se posuda otkine, opruga se oslobođi i raširi, te preko polužja pritisne šape uz vodilicu, pa se posuda uspori i zaustavi. Za vođenje uzduž vodilica u oknu posude su opremljene krutim ušicama ili elastično pričvršćenim kotačima (sl. 74).



Sl. 71. Izvozne posude: a jednoetažni koš, b troetažni koš, c skip



Sl. 72. Spojni pribor izvoznih posuda



Sl. 73. Hvataljka za zaustavljanje izvozne posude



Sl. 74. Elastično vođenje izvozne posude uz metalnu krutu vodilicu

Izvozna užeta sastavljena su najčešće od 6 pramenova ili strukova usukanih čeličnih okruglih žica i obavijenih (usukanih) oko jezgre od prirodnih (sisal, manila) ili sintetskih dugovlatnih niti. Jezgra se natopi mazivom pa je ona rezervoar maziva za vrijeme esploatacije užeta. Žice su od čelika, vlačne čvrstoće 1570 ili 1770 N/mm², i visoke su elastičnosti. Za vlažna okna upotrebljavaju se užeta od pocićanih žica, koje su otpornije na rđanje. Užeta se smiju upotrebljavati samo ograničeno vrijeme (2...3 godine), neovisno o tome da li je izvoznica radila ili stajala, te se tijekom tog vremena moraju redovno i rigorozno kontrolirati i ispitivati.

Oprema okna. Za vodenje izvoznih posuda uzduž okna služe krute drvene, metalne ili elastične užetne vodilice. Drvene se (bor, ariš, hrast, jasen) češće upotrebljavaju, osobito za manje brzine, s krutim ušicama za vodenje na posudama. Vodilice se pričvršćuju u oknu na ugrađene poprečnice. Takva je oprema okna skupa, pa se katkad zamjenjuje elastičnim vodilicama. To su zavješena užeta koja su na dnu okna zategnuta utezima.

Navozište i odvozište. Navozište u jami (sl. 75) i odvozište na površini krajnje su točke izvoznog puta gdje se izvoze pune odnosno prazne posude. Ako se ruda doprema vlakovima, na navozištu mora biti dovoljno kolosijeka za primanje punih i praznih vagona.

Izvozni režim, kinematika i dinamika izvoznice. Izvoz nekog tereta za određeno vrijeme i s određene dubine može se obaviti sporim izvlačenjem velikog tereta ili brzim izvlače-

odnosno gornja isprazni (sl. 77a), počinje podizanje pune i istodobno spuštanje prazne izvozne posude s konstantnim ubrzanjem i, dakako, sa sve većom brzinom (točka a na sl. 76). Podizanje, odnosno spuštanje izvoznih posuda ubrzava se sve dok se ne postigne maksimalna brzina (u točki b na sl. 76), kad se nastavlja gibanje posuda konstantnom brzinom (sl. 77b), a u točki c na sl. 76 počinje usporavanje posuda kako bi se one zaustavile na najvišoj, odnosno najnižoj razini (točka d na sl. 76, sl. 77c). Nakon toga izvozne posude miruju da bi se gornja posuda ispraznila, a donja napunila. Kad se to ostvari, počinje novi ciklus izvoza. Ako se radi o izvozu iz malih dubina, trapezni dijagram prelazi u trokutni, gdje nema razdoblja vožnje s konstantnom brzinom. Maksimalna brzina izvoznog ciklusa ne smije premašiti vrijednost dopuštenu propisima (14 m/s za prijevoz ljudi, 20 m/s za prijevoz materijala).

Potrebna sila tijekom ubrzavanja (sl. 77a, trajanje t_1 na sl. 76) iznosi

$$\begin{aligned} F_1 = G + Q + h_d q + \frac{a}{g} (G + Q + h_d q) - \\ - \left[G + h_s q - \frac{a}{g} (G + h_s q) \right] = Q + (h_d - h_s) q + \\ + \frac{a}{g} [2G + Q + (h_d + h_s) q], \end{aligned} \quad (1)$$

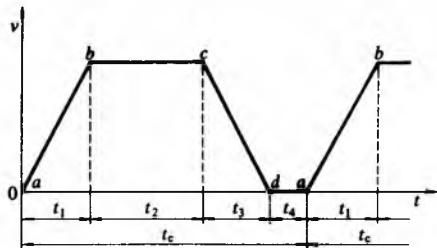
gdje je G težina izvozne posude, Q težina korisnog tereta, q



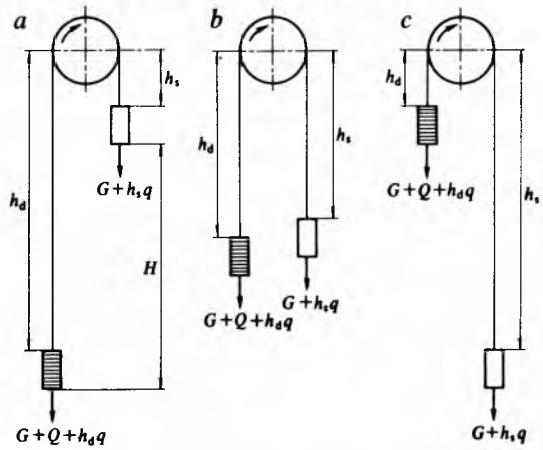
Sl. 75. Navozište u jami

njem malog tereta. Optimalan se omjer tereta i brzine izvoza postiže uz najmanji utrošak energije. Kako su za to potrebne detaljne analize i usporedbe niza mogućih omjera, za praktične se svrhe upotrebljavaju empirijske formule.

Najčešće se izvozi s brzinama koje odgovaraju trapeznom dijagramu (sl. 76). Nakon što se donja izvozna posuda napuni,



Sl. 76. Izvozni dijagram brzina-vrijeme. t_1 trajanje ubrzanja, t_2 trajanje vožnje s konstantnom brzinom, t_3 trajanje kočenja, t_4 pauza u radu izvoznice, t_c trajanje izvoznog ciklusa



Sl. 77. Položaj izvoznih posuda za vrijeme izvoznog ciklusa. a početni položaj posuda, b položaj za vrijeme gibanja konstantnom brzinom, c konačni položaj izvoznih posuda

težina jednog metra užeta, a ubrzanje posuda, g ubrzanje Zemljine teže, h_d duljina užeta koje nosi punu posudu, a h_s duljina užeta koje nosi praznu posudu. Sve veličine imaju konstantnu vrijednost osim veličina h_d i h_s , koje su funkcije vremena. Razlika $h_d - h_s$ postaje sve manja, jer se h_d smanjuje, a h_s povećava, dok zbroj $h_d + h_s$ ostaje konstantan, jer se h_d točno koliko smanjuje koliko se h_s povećava. Prema tome, s podizanjem pune posude smanjuje se potrebna sila.

Kad se puna posuda podiže konstantnom brzinom (sl. 77b), trajanje t_2 na sl. 76), potrebna je sila

$$F_2 = G + Q + h_d q - (G + h_s q) = Q + (h_d - h_s) q. \quad (2)$$

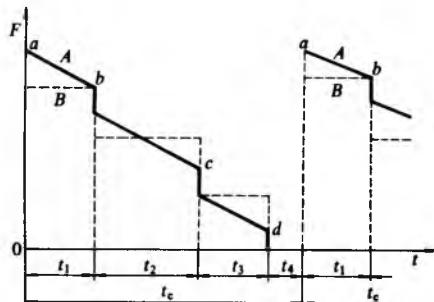
Tada na potrebnu silu utječe težina pune posude, a razlika $h_d - h_s$ postaje sve manja što se puna posuda više diže. Kad su posude na jednakoj visini, postaje $h_d = h_s$, pa s daljim podizanjem pune posude ta razlika dobiva sve veću negativnu vrijednost. To znači da se s podizanjem pune posude potrebna sila sve više smanjuje.

Za vrijeme usporavanja (sl. 77c, trajanje t_3 na sl. 76), potrebna sila iznosi

$$\begin{aligned} F_3 &= G + Q + h_d q - \frac{a}{g}(G + Q + h_d q) - \\ &- \left[G + h_s q + \frac{a}{g}(G + h_s q) \right] = Q + (h_d - h_s) q - \\ &- \frac{a}{g}[2G + Q + (h_d + h_s) q]. \end{aligned} \quad (3)$$

To znači da se potrebna sila stalno smanjuje, jer je razlika $h_d - h_s < 0$ i jer je zbroj $h_d + h_s$ konstantan.

Promjena potrebne sile za vrijeme cijelog ciklusa vidi se na sl. 78 (krivulja A). Potrebna sila stalno se mijenja, pa je izvozni sustav neuravnotežen.



Sl. 78. Izvozni dijagram sila-vrijeme. A neuravnoteženi izvozni sustav, B statički uravnoteženi sustav (ostale označke kao na sl. 76)

Najjednostavnije je sustav uravnotežiti pomoću donjeg užeta koje je obješeno o dno izvoznih posuda, pa su jednake duljine užeta koje djeluju na obje strane. Tada je $h_d = h_s = H$, gdje je H visina dizanja (sl. 77), pa izrazi (1) do (3) imaju oblik:

$$F_1 = Q + 2\frac{a}{g}(Q + H_q) \quad (4)$$

$$F_2 = Q \quad (5)$$

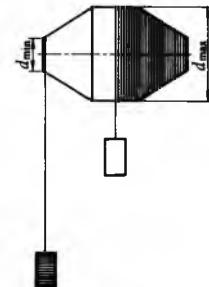
$$F_3 = Q - 2\frac{a}{g}(Q + H_q). \quad (6)$$

Tada su potrebne sile tijekom svih tri perioda dizanja (t_1, t_2 i t_3) konstantne (krivulja B na sl. 78), što znači da je izvozni sustav uravnotežen. Takvo se uravnoteženje naziva statičkim.

Donje uže povećava zavješeni teret, pa se za veoma duboke jame upotrebljavaju izvoznice s dinamičkim uravnoteženjem. To se može ostvariti upotrebom konično-cilindričnih bubnjeva (sl. 79). Na početku dizanja djeluje najveća sila F_{\max} , a na kraju najmanja sila F_{\min} , pa ako se želi da momenti budu jednak, potrebno je da bude $F_{\max}r_{\max} = F_{\min}r_{\min}$, gdje je r_{\max} najveći, a r_{\min} najmanji polumjer bubnja. Odatle se dobiva vrijednost omjera polumjera

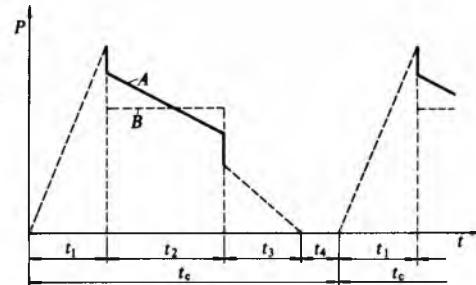
$$\frac{r_{\min}}{r_{\max}} = \frac{F_{\max}}{F_{\min}}. \quad (7)$$

Prema izrazima (3) i (6) može se zaključiti da sila F_3 može postati i negativna. To znači da se sustav giba i bez djelovanja pogonskog stroja, pa se mora dodatno kočiti. To se postiže mehaničkim kočenjem, a ako za pogon služi istosmjerni električni motor, i električnim kočenjem, pa tada motor radi kao generator proizvodeći električnu energiju.



Sl. 79. Konično-cilindrični buben za dinamičko uravnoteženje izvoznog sustava

Množenjem brzina (sl. 76) s pripadnim silama (sl. 77) dobiva se dijagram potrebne snage tijekom izvoznog ciklusa (sl. 80). Na kraju perioda ubrzanja potrebna je najveća snaga, koja se nakon toga smanjuje. Drugo skokovito smanjenje je u početku usporavanja. Da bi se eliminirali takvi skokovi snage, potrebno je tako regulirati brzinu vrtanje pogonskog motora da se pri kraju perioda ubrzanja postupno smanjuje ubrzanje. Analogno tome u početku perioda kočenja treba osigurati postupno kočenje.



Sl. 80. Izvozni dijagram snaga-vrijeme. A neuravnoteženi izvozni sustav, B statički uravnoteženi sustav (ostale označke kao na sl. 76 i 78)

Prilikom izbora snage električnog motora treba voditi računa o tome da će on biti promjenljivo opterećivan, pa to valja uzeti u obzir pri izboru nazine snage motora (v. Elektični strojevi, TE 4, str. 164).

Koepeova izvoznica. Kao što je spomenuto, tarni kotač Koepeove izvoznice služi za prijenos sile pogonskog motora na izvozno uže samo trenjem između kotača i preko njega prebačenog užeta. Ako se sa F_p označi sila koja djeluje na strani punog koša, a sa F_s sila na strani praznog koša, u ravnoteži vrijedi jednakost

$$F_p = F_s \exp(\mu \alpha), \quad (8)$$

gdje je μ koeficijent trenja između kotača i užeta, a α kut obuhvata užeta oko kotača. Izraz (8) može se napisati u obliku

$$F_p - F_s = F_s [\exp(\mu \alpha) - 1]. \quad (9)$$

Lijevi dio izraza predstavlja silu koja uzrokuje klizanje, a desna strana silu koja spriječava klizanje. Da bi se omogućilo dizanje punog koša, mora biti zadovoljena nejednadžba

$$F_p - F_s < F_s [\exp(\mu \alpha) - 1], \quad (10)$$

odnosno omjer desne i lijeve strane mora biti veći od jedan. Taj je omjer sigurnosni faktor koji je određen izrazom

$$s = \frac{F_s [\exp(\mu \alpha) - 1]}{F_p - F_s}. \quad (11)$$

Prema našim propisima mora biti $s \geq 1,2$, i to u najnepovoljnijem trenutku (kočenje radnom kočnicom pri spuštanju

tereta). Računa se s koeficijentom trenja $\mu = 0,25$, iako je stvarna vrijednost toga koeficijenta veća (0,45), i s kutom obuhvata $\alpha = \pi \dots 1,3\pi$. Često se ne može postići traženi sigurnosni faktor, pa treba smanjiti razliku sila F_p i F_s , što se postiže uravnovešenjem izvoznog sustava i smanjenjem usporjenja gibanja izvozne posude.

Najviše Koepeovih izvoznica ima u njemačkim rudnicima, dok su drugdje gotovo nepoznate, a u nas postoje u samo nekoliko rudnika. Sve se više upotrebljavaju u rudnicima velike dubine i velikog proizvodnog kapaciteta. Koepeovu izvoznicu imaju sva dizala u zgradama.

Sigurnosne mjere i propisi. Okno s izvoznicom vrata su podzemnog rudnika prema površini i za svu iskopanu rudu i za zaposlene radnike. Besprijekorno i pouzdano funkcioniranje izvoznice ima dakle prvorazredno ekonomsko i sigurnosno značenje. Propisima se utvrđuju uvjeti i mјere pri projektiranju, montaži i eksploraciji izvoznog postrojenja u cijelini, ali i svih njegovih komponenata. Tri su osnovne opasnosti: pad izvozne posude, pretjerivanje (preveliko podizanje ili spuštanje) posuda i pad predmeta u okno.



Sl. 81. Okno s odjelom za prolaz ljudi

Izvozna će posuda pasti ako se prekine uže ili se posuda otkine od užeta. Prekid se užeta sprečava velikom rezervom sigurnosti užeta (koeficijent sigurnosti 5...9,5), stalnom kontrolom užeta od rudničkog osoblja i periodičnim ispitivanjem od specijalizirane i ovlaštene ustanove, te ograničenim vijekom upotrebe užeta (2...3 godine). Otkidanje posude od užeta sprečava se većim faktorom sigurnosti (faktor sigurnosti 10) svih mehaničkih elemenata zavjesa, ograničenim vijekom upotrebe (10 godina), stalnom kontrolom i, prije svega, konstrukcijom koja isključuje mogućnost otkačivanja posude.

Pretjerivanje je posuda veoma opasno. Posuda koja se spušta može se zabitati u dno okna. Tada ljudima u posudi prijeti, osim mehaničkih ozljeda, i utapanje u vodi koja se obično tamo skuplja. Ako se posuda koja se diže ne zaustavi, udarit će u užetne koture ili u izvozni stroj u tornju, polomit će ih, otkinut će se od užeta i pasti u okno.

Protiv pretjerivanja propisano je sljedeće: a) aktiviranje sigurnosne kočnice kad se prekorači brzina prema zadanim režimu, odnosno ako se izvozna posuda ne zaustavi na krajnjoj točki svog puta; b) prisilno zaustavljanje posude u tornju i na dnu okna pomoću zadebljanja vodilica; c) hvatanje posude, koja je u tornju probila sve te barijere, udarila o odbojne grede i otkinula se od užeta, prije njezina slobodnog pada u okno.

Pad predmeta u okno manje je opasan, odnosno ne predstavlja kolektivnu opasnost. To mogu biti pojedinačni predmeti i ljudi, ali i čitavi vagoni. U starijim, neautomatiziranim izvoznicama to se češće događalo. Da bi se to sprječilo, zatvaraju se i oblažu kanali okna i svi otvori, a na navozištu i odvozištu upotrebljava se posebna mehanizacija i uređaji za punjenje i pražnjenje koševa. Skipovi su sigurniji jer je taj proces automatiziran.

Okno mora u jednom dijelu svog presjeka imati i odjel za prolaz ljudi (sl. 81) u kojem su strmo položene ljestve između odmorišta. To omogućuje vezu jame s površinom i kad izvoznicu ne radi, ali i pristup elementima izvoznicice, za popravke i kontrolu.

LIT.: V. I. Kiseljev, Rudarske mašine. Izd. preduzeće Ministarstva rудarstva FNRJ, Beograd 1950. – I. Arar, Transportna sredstva u rудarstvu. Tehnička knjiga, Zagreb 1962. – M. Simonović, Sredstva železničkog i automobilskog transporta na površinskim otkopima. Građevinska knjiga, Beograd 1972. – M. Antunović Kobiška, Opšti rudarski radovi. Građevinska knjiga, Beograd 1973. – R. Borović, Transportne trake. Savremena administracija, Beograd 1979. – H. K. Church, Excavation Handbook. McGraw-Hill, New York 1981. – H. Arnold, Schachtfördertechnik. Verlag Glückauf, Essen 1981. – B. Stack, Handbook of Mining and Tunnelling Machinery. John Wiley and Sons, New York 1982. – M. Simonović, Mašine za kopanje i transport otkopanog materijala i postrojenja za dubinsko bušenje na površinskim otkopima. Rudarsko-geološki fakultet, Beograd 1982. – R. H. Wöhlbier (Ed.), Bulk Handling in Open Pit Mines and Quarries. Trans Tech. Publications, Clausthal-Zellerfeld 1986. – R. H. Wöhlbier (Ed.), Conveyor Belt Technology. Trans Tech. Publications, Clausthal-Zellerfeld 1987.

B. Morović

RUDARSTVO, VJETRENJE RUDNIKA, održavanje atmosfere u rudnicima pogodne za težak fizički rad razrjeđivanjem zagušljivih, otrovnih i eksplozivnih plinova i prašine njihovim odvodenjem na površinu i dovodenjem svježega, atmosferskog zraka.

JAMSKA ATMOSFERA

U rudničkim podzemnim prostorijama vlada posebna, jamska atmosfera. Nastaje tako što atmosferski zrak koji se u te prostorije dovodi da bi se omogućio boravak i rad ljudi i strojeva, mijenja svoj sastav djelovanjem mnogobrojnih i raznovrsnih procesa, a oni ovise, u prvom redu, o mineralnoj sirovini koja se otkopava. Može se kazati da jamska atmosfera u ugljenokopima ovisi o plinovima, a u rudnicima metala o prašini. Miniranje i mehanizacija (npr. rad motora s unutrašnjim izgaranjem) te neki oksidacijski procesi i disanje radnika djeluju na atmosferu i u ugljenokopima i u rudnicima metala.

Jamski zrak u ugljenokopima

Jamski zrak u ugljenokopima ima karakterističan miris po vlasti. Kad mu je sastav približan atmosferskom, on je *svjež ili dobar*; on je *istrošen, težak ili zagušljiv* kad sadrži manje kisika i plinove nepovoljne za disanje (CO_2 , N_2 , CH_4 , H_2); zrak je *loš, slab ili zatrovan* kad sadrži otrovne plinove (CO , H_2S , NO , NO_2); zrak postaje *eksplozivan* kad sadrži gorive plinove (CH_4 , CO , viši ugljikovodici); na kraju smjesa zraka i metana, CH_4 , tvori eksplozivni *praskavi plin* (v. *Eksplozije u rudnicima*, TE 3, str. 520). Prilikom strujanja kroz jamske prostorije zrak mijenja svoj sastav smanjivanjem udjela kisika