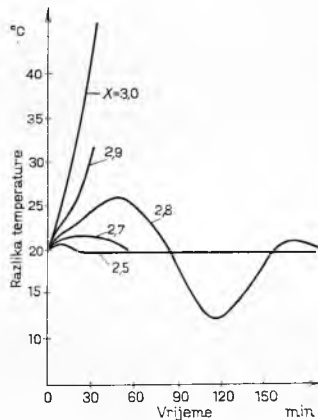
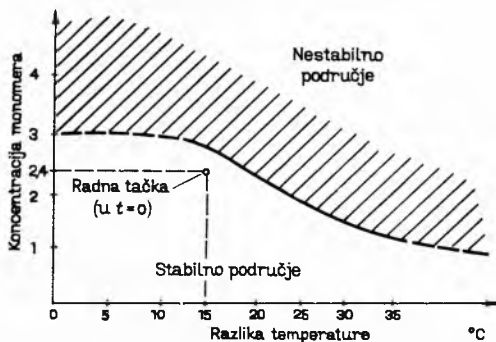


Iz jedn. (83) vidi se da se toplina razvijena reakcijom mijenja s kvadratom koncentracije monomera i eksponencijalno s temperaturom (sl. 27), što ukazuje na vrlo nelinearan proces, koji, prema tome, nije lako regulirati. Budući da brzina prolaza topline s brzinom strujanja rashladne vode ne raste ni približno linearno, nego se kod visokih brzina strujanja vode približava konstantnoj vrijednosti (zbog ograničavajućeg djelovanja koeficijenta prelaza topline na strani reakcijskog prostora), regulacija temperature mijenjanjem samo brzine strujanja rashladne vode ne bi mogla biti djelotvorna, naročito kad se očekuje da će razvijena toplina rasti eksponencijalno s temperaturom. Stoga je izabran način regulacije temperature prikazan u sl. 26, u kojemu je, u stvari, primarna varijabla regulacije temperatura rashladne vode, a sekundarne su varijable koeficijent prolaza topline i protok rashladne vode kroz plašt reaktora. Zbog velike nelinearnosti sustava izabran je regulator koji ima proporcionalno, diferencijalno i integralno regulacijsko djelovanje (v. *Regulacija*). Da se ni takvim regulatorom nije mogla postići stabilnost sustava, morala bi se primijeniti kaskada od više regulatora i osjetila. Da bi se među sobom uskladili režim rada i namještene vrijednosti regulatora, potrebno je onim trima jednadžbama koje opisuju dinamiku procesa dodati još tri jednadžbe koje predstavljaju prijelazne funkcije mjernog osjetila temperature, regulatora i izvršne sprave (regulacijskih ventila), pa na osnovi tih 6 jednadžbi promatrati dinamičko vladanje cijelog sustava. To je gotovo nemoguće bez primjene računala; simuliranjem opisanog sustava analognim računalom, pak, mogu se razmjerno jednostavno istražiti djelovanje promjena parametara i utjecaji poremećaja na rad procesa i odrediti namještene vrijednosti regulatora. Postupak simuliranja ovdje se ne može dati, nego se daju samo neki njegovi rezultati. Sl. 28 prikazuje

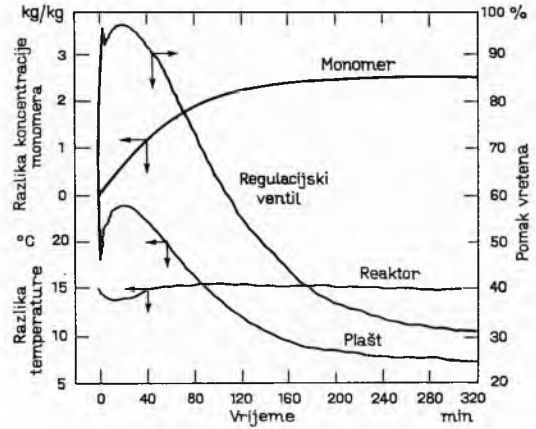


Sl. 28

utjecaj promjene koncentracije monomera na konstantnoj temperaturi reaktora. Vidi se da pri povišenju razlike koncentracije (prema nekoj referentnoj) od 2,8 na 2,9 kg/kg, proces postaje nestabilan. Krivulja koja prikazuje tu zavisnost dijeli ravninu koncentracija i temperatura na stabilno i nestabilno područje (sl. 29). Na temelju rezultata dobivenih analognim računalom utvrđen je režim reaktora i postavljene su namještene vrijednosti regulatora.



Sl. 29



Sl. 30

Vladanje se reaktora u potpunosti slagalo s izračunanim, regulator je automatski doveo temperaturu na željenu vrijednost i u tako ekstremno prelaznom stanju kao što je stavljanje u pogon (sl. 30) i održao ju je za cijelo vrijeme rada reaktora, a da se namještene vrijednosti nisu morale nijedanput mijenjati.

LIT.: D. P. Campbell, Process dynamics, New York 1958. — G. D. Shilling, Process dynamics and control, New York 1963. — P. S. Buckley, Techniques of process control, New York 1964. — B. M. Ордынецев, Математическое описание объектов автоматизации, Москва 1965. *J. Božičević*

DOBIVANJE (RUDARSKO) BEZ UPOTREBE EKSPLOZIVA.

Dobivanjem naziva se u rudarstvu skup radova kojima se odvajaju delovi stena iz prirodne zajednice pri otkopavanju mineralne sirovine, a i pri izradi pripremnih i pomoćnih rudničkih objekata radi tog otkopavanja. Razlikuje se dobivanje bez upotrebe eksploziva (kopanje, zasecanje i podsecanje, glodanje i struganje, a u novije vreme i bušenje) i dobivanje uz upotrebu eksploziva (bušenje minskih bušotina i miniranje). Dobivanje uz upotrebu eksploziva obrađeno je u člancima *Miniranje* i *Otkopne metode*, u nastavku opisano je dobivanje bez upotrebe eksploziva.

Podesnost radne sredine za dobivanje bez primene eksploziva. Izbor opreme i izvođenje radova pri dobivanju zavisi od fizičko-mehaničkih i tehničkih osobina stena u kojima se radi. Dok fizičko-mehaničke osobine zavise samo od vrste stene, tehničke osobine (otpor prema bušenju, otpor prema rezanju itd.) zavise i od vrste mašinske opreme i režima rada. Pored toga, stene mogu biti jedre (kompaktne), slojevite, raspucane itd., i te strukturne osobine radne sredine takođe imaju znatan uticaj na njezine tehničke osobine. Budući da se mnogostruki utjecaji na tehničke osobine radne sredine ne mogu obuhvatiti kvantitativnim karakteristikama, kao osnova za klasifikaciju stena s gledišta dobivanja služe neke njihove mehaničke osobine, naročito čvrstoća i tvrdoća.

Tabela 1
KLASIFIKACIJA RADNE SREDINE U RUDARSTVU po Protodjakonovu st.

Kategorija	Naziv	Koeficijent f	Kategorija	Naziv	Koeficijent f
I	Vanredno čvrste stene	20	VI	Meke stene	2...1,5
II	Vrlo čvrste stene	15	VII	Vrlo meke stene	1,0
III	Čvrste stene	10	VIII	Zemljaste stene	0,6
IV	Umereno čvrste stene	6...5	IX	Rastresite stene	0,5
V		4...3			

U tehničkoj klasifikaciji radne sredine po M. M. Protodjakonovu st. stene se dele u deset kategorija prema vrednosti njihova koeficijenta čvrstoće (tabela 1). Koeficijent čvrstoće f je prosečno stoti deo jednoaksijalne pritisne čvrstoće određene na uzorku stene u laboratoriji: $f = 0,01 \sigma_p$.

Pod čvrstoćom stena Protodjakonov je razumevao opšti otpor što ga materijal pruža spoljnim statičkim i dinamičkim uticajima, pridajući mu šire značenje nego što se obično daje pojmu čvrstoće. Kako se koeficijent čvrstoće, prema kojemu je on izvršio svoju klasifikaciju, odnosi na potpuno svež i neoštećen materijal, ne sme se u slučaju materijala raspucanog ili načetog procesima raspadanja (trošenja) upotrebiti pri korišćenju tabele 2 koeficijent određen u laboratoriji, nego je obavezno upotrebiti koeficijent neke niže kategorije, zavisno od ocene tehničkih osobina materijala.

Na osnovu klasifikacije po Protodjakonovu, radna se sredina u pogledu mogućnosti dobivanja bez primene eksploziva, odn. mogućnosti ili potrebe da se pri dobivanju primenjuje eksploziv, može podeliti u tri grupe, prema tabeli 2.

Tabela 2
PODELA RADNE SREDINE PREMA PODESNOSTI ZA DOBIVANJE
BEZ UPOTREBE EKSPLOZIVA

Klasa	Opis	Kategorija po Protodjakonovu	Koeficijent f
I	Mek materijal koji se može dobiti bez upotrebe eksploziva	IX...V	0,5...4
II	Polutvrd materijal za koji se eksploziv upotrebljava samo u pomoćne svrhe	V...IV	4...6
III	Tvrd materijal podesan za dobivanje obično samo uz primenu eksploziva	IV...I	6...20

U novije je vreme uveden tzv. sklerometrijski postupak za određivanje tvrdoće i, indirektno, pritisne čvrstoće stena neposredno na stenskoj masi (*in situ*). Za ovo služi instrument na principu odskoka, *sklerometar* ili odskočni čekić po Schmidt, pomoću koga se na osnovu korelacije između tvrdoće i čvrstoće može brzo i dovoljno tačno, u orijentacione svrhe, odrediti pritisna čvrstoća i koeficijent čvrstoće.

Za dobivanje bez upotrebe eksploziva dolaze dakle u obzir uglavnom stene i mineralne sirovine manje čvrstoće i manje tvrdoće, kategorije VIII do V, sa koeficijentom čvrstoće $f = 0,6...4$, kao što su uglj, kalijumne soli, kuhinjska so i neke prateće stene (glineni škrljci, laporci itd.). U novije vreme, alati od tvrdih volfram-karbidskih legura (Widia, Coromant i dr.) omogućavaju dobivanje bez primene eksploziva i u slučaju čvršćih i tvrdih stena kategorije IV do III, sa koeficijentom čvrstoće $f = 5...10$ i više, ali to nije uvek dovoljno ekonomično.

Uređaji za dobivanje bez primene eksploziva. U savremenom rudarstvu dobivanje bez eksploziva obavlja se uglavnom mehanizovanim uređajima koji se koriste pneumatskom ili električnom, a ređe hidromehaničkom energijom. Mehanizovan alat i mašine koje rade pomoću zbijenog vazduha (pneumatski uređaji) imaju veliku primenu u rudarstvu zbog svoje jednostavnije i snažnije konstrukcije, i pored nižeg koeficijenta korisnog dejstva (0,12...0,15) u poređenju s električnim uređajima (0,75...0,8). Dobivanje pomoću elektrofizičkih i ultrazvučnih postupaka još je u eksperimentalnoj fazi.

S obzirom na to da su mašine za dobivanje bez primene eksploziva vrlo teške, naročito mašine većih dimenzija, hidraulički sistem pomeranja delova uveden je kao neophodan za njihov rad.

Ručno dobivanje bez eksploziva služi još samo izuzetno, i to u pomoćne svrhe, jer je zamenjeno mehanizovanim dobivanjem kao lakšim, bržim i ekonomičnijim. Važan su stepen razvoja u mehanizaciji opreme za dobivanje bez eksploziva *kombinovane mašine*, koje mogu istovremeno obavljati više od jedne operacije, npr. glodati i tovariti, zasecati i podsecati i tovariti, itd.

Novija istraživanja u oblasti mehanike stena, posebno nauke o rudarsko-tehnološkim osobinama stena i mineralnih sirovina, pokazala su da su pri dobivanju bez primene eksploziva posređi dva procesa: jedan je prodiranje organa mašine (zuba) u materijal, a drugi otkidanje dela zahvaćenog materijala. Pri prodiranju sečiva zuba, npr. u uglj, neposredno ispred sečiva dolazi do drobljenja uglja uz povećanje dodirne površine između zuba i uglja, sve dok se komadić uglja ne otkine. U isto vreme raste otpor prema prodiranju do maksimuma, s kojeg u trenutku otkidanja dela uglja

padne na nulu. Pri tom uz dodirnu površinu sečiva zuba nastaje u uglju zona zbijanja, tako da se uglj uglavnom otkida pod uticajem jedra nastalog zbijanjem materijala ispred sečiva zuba.

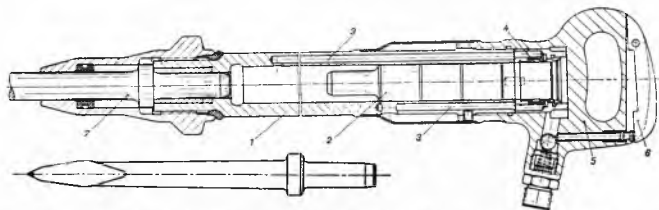
Za izbor vrste i jačine mašina i za rad s njima, naročito s kombinovanim mašinama, važno je da se orijentaciono odredi otpor radne sredine protiv rezanja (glodanja). U novije vreme uvedeni su za to terenski postupci koji se osnivaju na tom da se meri sila Z potrebna da radni element (standardni zub) savlada otpor stene i u nju prodre do merene dubine h (dubine reza); mera za otpor sredine je odnos tih dveju veličina, $A = Z/h$. Izražava se obično u kilopondima na santimetar. Na osnovu terenskih ispitivanja određena je zavisnost između otpora prema rezanju (A) i specifične potrošnje energije za datu mašinu i materijal (energija po jedinici volumena dobijene mineralne sirovine, kWh/m³).

Radni elementi mehanizovanih uređaja za dobivanje bez eksploziva, tj. zubi, obično su smešteni određenim redom u grupama na beskrajnim lancima ili rotorima različite konstrukcije. Sečiva zuba za rad u mekšem materijalu su od kaljenog čelika, a za tvrdi materijal sadrže umetnute pločice od tvrde legure za sečivo. Pri radu najviše se troši tzv. slobodna površina i čeona površina zuba.

Pri radu ovih mašina proizvodi se mnogo prašine koja smanjuje vidljivost i štetna je po zdravlje osoblja, pa je mašinska oprema snabdevena različitim sistemima prskalica i orosivača radi obaranja nastale prašine.

Mehaničko kopanje. Ručno kopanje ašovom u mekom, zemljastom materijalu i pijukom u budakom u umereno tvrdom materijalu zamenjuje je mehanizovanim alatima i mašinama.

Otkopni čekić (ili mehanički pijuk) mehanizovan je alat za kopanje srazmerno krtoq materijala, uglavnom mrkog i kamenog



Sl. 1. Otkopni čekić. 1 Cilindar, 2 klip, 3 kanali za razvođenje vazduha, 4 klizni ventil, 5 držač, 6 pušać, 7 otkopno dleto

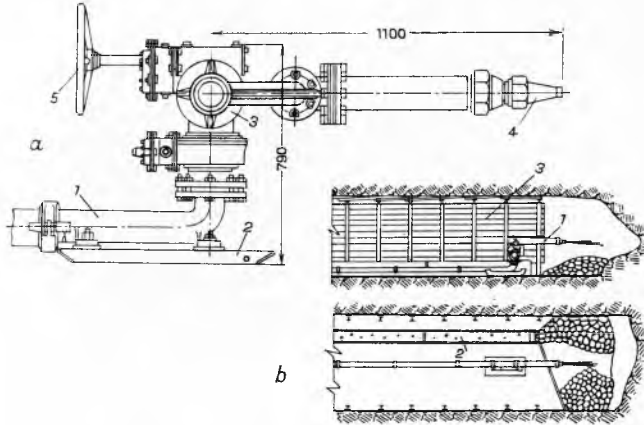
uglja (sl. 1). Sastoji se od cilindričnog dela sa držačem i izmenljivog otkopnog dleta sa vrhom u obliku četvorostane prizme. U cilindru je klip koji se pod dejstvom zbijenog vazduha kreće napred i natrag i nanosi do 1600 udara na minutu temenu otkopnog dleta. Za naizmenično razvođenje zbijenog vazduha iza i ispred klipa služi najčešće cilindrični klizni ventil različite konstrukcije. U zavisnosti od težine, otkopni čekići mogu biti laki do teški (6,5...12,5 kg), pri čemu se teže konstrukcije upotrebljavaju samo za rad naniže.

Pneumatski ašov slične je konstrukcije kao otkopni čekić, samo što umesto otkopnog dleta ima ašov. Namenjen je kopanju mekog, zemljastog materijala.

Kopanje mehanizovanim ručnim alatom obavlja se tako da se element za kopanje pod dejstvom klipa zarije u materijal koji se kopa pa se zahvaćeni materijal odvali prema slobodnoj površini. Kad god je moguće, radi se odozgo naniže da bi se olakšao rad iskorišćavanjem sopstvene težine alata, naročito pri upotrebi težih konstrukcija. Pored toga, otkopni čekić često služi i u pomoćne svrhe (za kopanje udubljenja za podgradne drvene stupce, odvajanje razlabavljenih komada, itd.).

Hidromehaničko kopanje izvodi se pomoću *hidromonitora*, uređaja pomoću kojeg se iskorištava udarna snaga vodenog mlaza pod jakim pritiskom (50...70 at i više). Hidromonitor se uglavnom sastoji od cevi s mlaznicom (otvor 15...32 mm prečnika za rad pod zemljom) koja se pomoću zgloba može pomerati u horizontalnom i vertikalnom smeru. Radi lakšeg premeštanja celokupni uređaj postavljen je na saonama. Primenjuje se za rad u mekšem uglju pri izradi pripremnih prostorija i otkopavanju, ali mnogo više na površini pri raskrivanju i otkopavanju zlatonosnih i drugih nanosa.

Dobivanje hidromehaničkim kopanjem počinje uvek izradom podseka pri podu radnog čela, pa se podsek proširuje naviše. Voda iskorišćena za kopanje služi istodobno za odnošenje dobijenog materijala jarkom iskopanim u tu svrhu. Po otkopavanju predviđenog dela materijala hidromonitor se primakne radnom čelu i postupak se ponavlja (sl. 2). Najpovoljnije hidromehaničko dejstvo postiže se kad je rastojanje od mlaznice do radnog čela $L = 200 d$, gdje je d prečnik mlaznice, ali obično je $L = 300 \dots 500 d$. Potrošnja vode iznosi $70 \dots 150 \text{ m}^3/\text{h}$ i više. Pri dobivanju

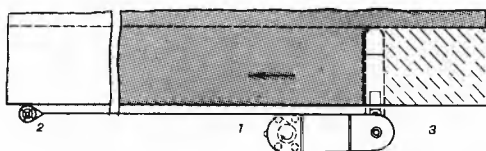


Sl. 2. Hidromehaničko dobivanje. a Hidromonitor: 1 dovodna cev za vodu, 2 saonica, 3 pomična glava, 4 mlaznica, 5 regulator; b rad sa hidromonitorom pri izradi hodnika u uglju: 1 hidromonitor, 2 odvodni jarak za vodu, 3 lučna čelična podgrada

tvrdre vrste uglja ovim postupkom, ugljene se mase prethodno rastresaju eksplozivom.

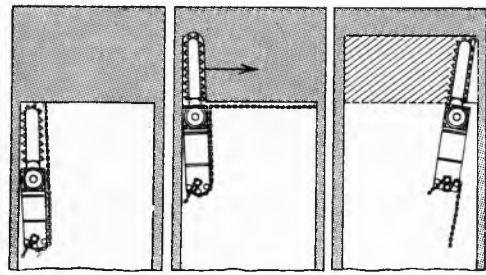
Zasecanje i podsecanje. Radi lakšeg dobivanja mineralne sirovine pomoću otkopnih čekića, miniranjem ili katkad samo pod dejstvom sopstvene težine podsećene mase, izrađuje se vertikalni zasek ili horizontalan podsek. U savremenom rudarstvu u tu svrhu gotovo isključivo služe mašine *sekačice* sa beskrajinim lancem na kojem su izmenljivi zubi u određenom broju i poretku. Univerzalne sekačice mogu da izrađuju i zaseke i podseke. Dubina zaseka i podseka obično je do 180 cm, širina do 12 cm. Zasecanje i podsecanje kao pomoćna operacija primenjuje se u prvom redu pri dobivanju uglja, a pored toga i pri dobivanju drugih sirovina male čvrstoće i tvrdoće (kuhinske soli, kalijumnih soli itd.).

Pri radu u srazmerno krutom kamenom i mrkom uglju dovoljno je samo izraditi podsek odgovarajućom mašinom (lučnom podsekačicom za hodnike, podsekačicom za usko otkopno čelo, podsekačicom za široko otkopno čelo). Katkad je potrebno zasecati i pri podu i pri krovu ugljenog sloja primenom podsekačice sa dvostrukim ozubljenim lancem. Podsek na širokom otkopnom čelu izrađuje se tako (sl. 3) da se najpre ozubljeni lanac podsekačice lučnim pomeranjem useče u čelo sloja radi uspostavljanja pravilnog položaja prema mašini (85°), pa se slobodni kraj vučnog užeta mašine pričvrsti za podgradni stupac pored otkopnog čela (na udaljenosti ~ 25 m). Istovremenim radom ozubljenog lanca i vitla za vučno užo mašina se pomera duž otkopnog čela po podu otkopa ili preko oklopljenog transportera u pravcu stupca i pod-



Sl. 3. Izrada podseka na otkopu širokog čela. 1 Podsekačica, 2 stubac za vučno užo, 3 podsećena ugljena masa

seca sloj. Posle podsecanja ovog dela čela, stubac se premesti na jednaku udaljenost i postupak se ponavlja. Obično je moguće da se u radnoj smeni podseče $200 \dots 300 \text{ m}^2$. Pri izradi podseka podsekačicom za usko otkopno čelo (metoda komora i stubova), mašina se najpre postavi u jedan kut komore sa slobodnim krajem

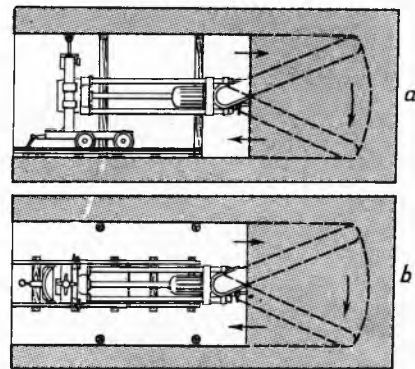


Sl. 4. Izrada podseka na uskom otkopnom čelu (faze rada)

vučnog lanca učvršćenim ispred otkopnog čela, da bi se ozubljeni lanac urezao (sl. 4). Kretanje mašine duž otkopnog čela koje ona podseca postiže se tako da se slobodni kraj vučnog lanca učvrsti u suprotnom uglu komore.

Pri radu u lignitu, zbog njegove znatne žilavosti, potrebno je izraditi i podsek i zasek. Pri izradi hodnika lakom univerzalnom sekačicom, mašina se postavi najpre uz jedan bok hodnika s nosačem lanca postavljenim u krovnom uglu. Pomeranjem lanca u tom položaju izradi se gornji deo zaseka, lučnim pomeranjem lanca srednji deo zaseka, a vraćanjem lanca prema mašini, preostali deo (sl. 5). Postupak se ponovi pri izradi drugog bočnog zaseka i pri izradi podseka preko sredine čela hodnika, pošto se nosač lanca prethodno postavi u horizontalan položaj.

Kružno zasecanje (opsecanje) pomoću naročite sekačice s ozubljenim lancem primenjuje se katkad za izradu hodnika kružnog poprečnog preseka u uglju, pri čemu se središnji cilindrični deo opsečenog materijala odvoji otkopnim čekićem ili miniranjem.

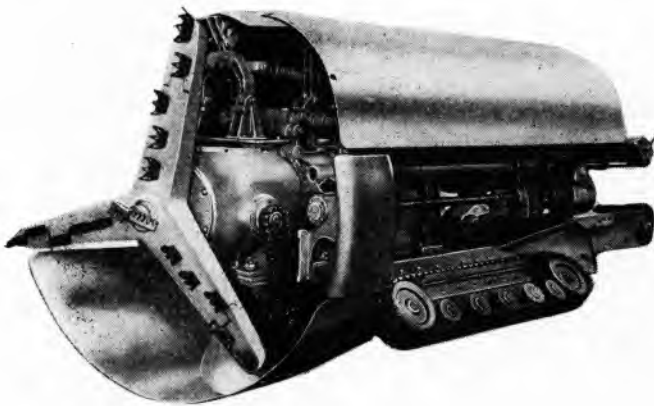


Sl. 5. Izrada hodnika u lignitu univerzalnom sekačicom. a Izrada zaseka, b izrada podseka

Dobivanje jamskim kombinovanim mašinama (kombajnima). Za dobivanje bez eksploziva od naročitog su značenja kombinovane jamske mašine. One služe za izradu pripremnih podzemnih prostorija i uglavnom za otkopavanje uglja. U novije vreme konstruisane su kombinovane mašine podesne za izradu hodnika i u srednjtvrdom do tvrdom materijalu. Kombinovane mašine mogu da pri dobivanju izvede više od jedne operacije time što istovremeno otkidaju materijal, zgrću otkinute delove i tovare ih na otpremne uređaje u rudniku (transportere, vagoni, itd.). Radni organ ovih mašina ima različite sisteme zuba kojima se materijal glode. Zbog toga što ove mašine materijal otkopavaju glodanjem i posle toga utovaraju, za njih je uveden opšti naziv *glodalice utovaračice*. Mogu biti za usko ili široko radno čelo, a prema obliku radnog organa razlikuju se rotorne, lančane, rotorno-lučne, lančano-lučne i valjčane. Organ za zgrtanje i utovar dobivenog materijala najčešće je u obliku ruku, grabulja ili vijka.

Kombinovane mašine za rad na uskom čelu u uglju i mekšim stinama jesu rotorne glodalice utovaračice s jednim ili više rotora i lančane glodalice utovaračice.

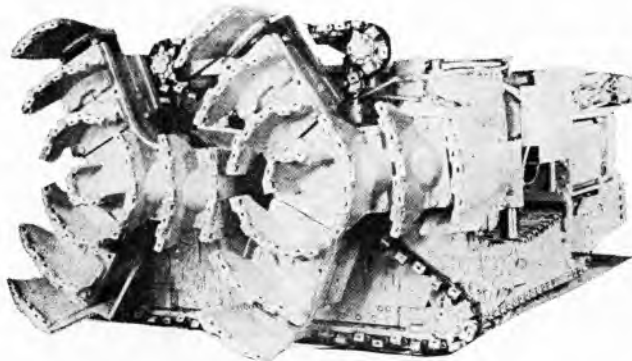
Rotorna glodalica utovaračica za hodnike kružnog i potkovičastog poprečnog preseka u uglju i mekšim pratećim stinama ima ozubljen rotor za obradu cele površine čela hodnika (sl. 6). Pri radu, rotor mašine se pomera do kraja hoda potiskivanjem ($\sim 0,7$ m), našto se mašina privuče do čela radišta



Sl. 6. Rotorna glodalica utovaračica

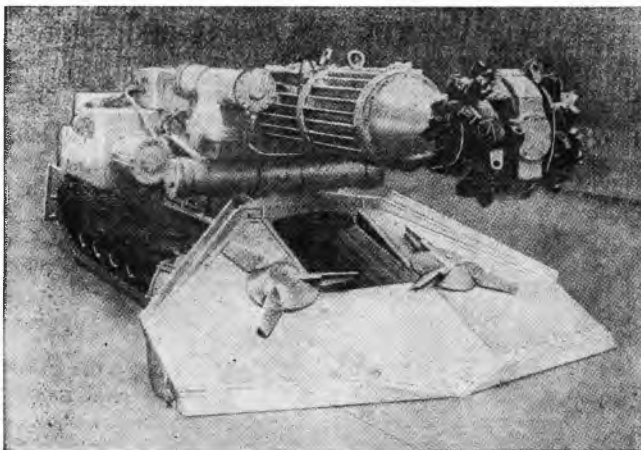
i postupak se ponavlja. Dobiveni uglj padna na sabirnu ploču pod rotorom, sa koje je rotor diže do grabuljastog transportera u sredini mašine i dostavlja do vagoneta pozadi mašine radi otpreme.

Dvrotorna glodalica utovaračica (Marietta i dr.) namenjena je izradi širokih hodnika trapezastog preseka; snabdevena je i periferijskim ozubljenim lancem, radi postizanja predviđenog oblika hodnika (sl. 7).



Sl. 7. Dvrotorna glodalica utovaračica za izradu hodnika

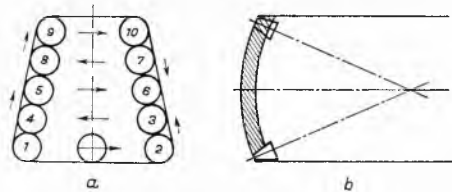
Za razliku od ovih mašina, glodalice utovaračice rotorno-lučnog tipa namenjene izradi hodnika trapezastog poprečnog preseka imaju kao radni organ mali rotor u obliku konusa ili dvaju polusfera sa spiralno postavljenim zubima (sl. 8). Takav rotor (prečnika do 70 cm) smešten je na vratilu koje se pri obradi čela hodnika može postaviti u svaki položaj. Mašina radi tako da se rotor zarije u čelo hodnika, pa se pristupa glodanju čela pomeranjem rotora lučno s jedne strane na drugu u granicama predviđenog profila (sl. 9). Izglodana ugljena sitnež i prašina



Sl. 8. Rotorno-lučna glodalica utovaračica

skuplja se na sabirnoj ploči, odakle se jednim od uređaja za zgrtanje navlači na transporter i tovari pozadi mašine.

Lančano-lučni tip glodalice utovaračice za izradu hodnika trapezastog preseka (Joyov »neprekidni kopač« i dr.) ima radni element sastavljen od skupa kratkih paralelnih beskrajinih ozubljenih lanaca (sl. 10). Na početku rada ova lančana glava postavi se bočno pri podu hodnika i obrtanjem lanca zarije se u uglj, pa se čelo hodnika počne obrađivati odozdo naviše u više poteza. Posebna je odlika ove mašine da lančana glava pri radu istovremeno zadaje niz udara, i to brzinom većom od brzine obrtanja lanaca, tako da se dobijaju i krupni komadi uglja. Ovako dobijeni uglj lanci glave prebacuju na ugrađeni grabuljasti transporter



Sl. 9. Shema rada rotorno-lučne glodalice utovaračice. a) Čelo hodnika s položajem rotora, b) uzdužni presek sa zariženim rotorom

mašine, radi utovara. Po obradi celog čela hodnika mašina se primakne čelu za otkopanu dubinu i radni ciklus se ponavlja. Usled velikog kapaciteta ove mašine (do 2 t/min) dobijena količina materijala može se savladati samo naročitim prevoznim kolima (do 6 t zapremine) koja se kreću bez koloseka i služe samo za vezu između radilišta i glavnog otpremnog hodnika. Radi bržeg istovara u podu kolâ ugrađen je grabuljasti transporter.

Kombinovane glodalice utovaračice za srednjetrovd do tvrd materijal uvedene su u novije vreme i predstavljaju važan napredak u mehanizaciji izrade hodnika. Mašine su konstruisane sa stepenastim rotorima i na već pomenutom principu glodanja i odlamanja. Kombinovana mašina konstruisana na ovom novom principu rada (Goodman, Robbins i dr.) ima rotor koji se sastoji od dva rotaciona elementa: unutrašnji se okreće sleva nadesno,

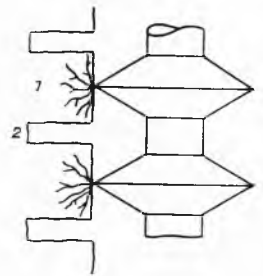


Sl. 10. »Neprekidni kopač« Joy

a spoljašnji u suprotnom smeru. Oba su elementa opremljena zubima za izradu koncentričnih žlebova i konusnim valjcima za odvajanje rebara među žlebovima (sl. 11). Spoljni element služi istovremeno za zgrtanje i utovar dobivenog materijala; pomoću lopatice na unutrašnjoj njegovoj strani zahvaćeni se materijal prebacuje na grabuljasti transporter mašine.

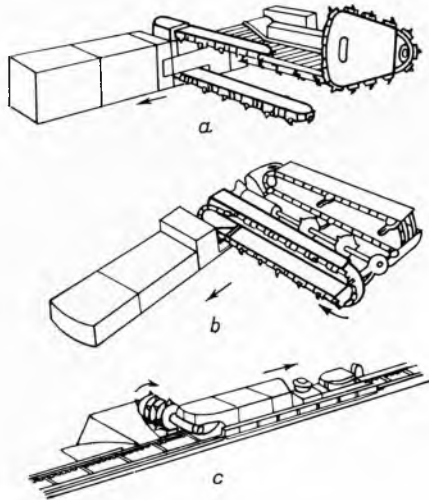
Kombinovane mašine za dobivanje uglja metodom širokog čela mogu se prema konstrukciji podeliti na lančane, rotorne i rotorno-valjčaste.

Lančane glodalice utovaračice (Meco-Moore, Donbas, Eickhoff i dr.) i valjčaste glodalice utovaračice (Anderson, Westfalia i dr.) kreću se duž otkopnog čela pomoću vučnog užeta ili vučnog lanca kao podsekačice (sl. 12 a-c). Istovremenim zasecanjem i podsecanjem ugljena masa se u čelu otkopa razdvaja na krupne komade, koje



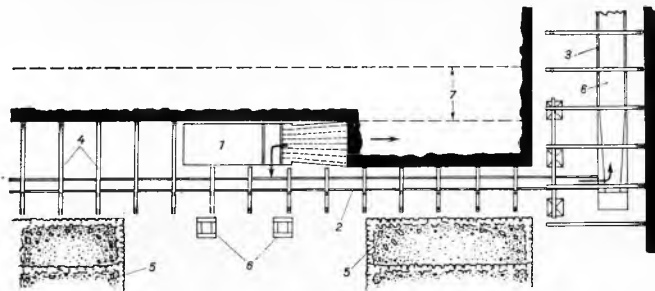
Sl. 11. Detalj konusnih valjaka mašine Robbins. 1) zaostalno rebro, 2) koncentrični žleb

mašina zgrče i tovari na otkopni transporter pod sobom ili pored sebe. Valjčaste glodalice utovaračice mogu imati ozubljeni valjak spiralne konstrukcije, a pored toga neke su valjčaste glodalice utovaračice snabdene podsekačicom s povijanim lancem za rad u slučajevima kad se podsečeni sloj teško odvaja od krovine.



Sl. 12. Tipovi jamskih kombinovanih mašina (kombajna) za otkopavanje uglja na širokom čelu. a) Sekačica utovaračica Meco-Moore, b) sekačica utovaračica Donbas, c) valjčasta glodalica utovaračica Eickhoff

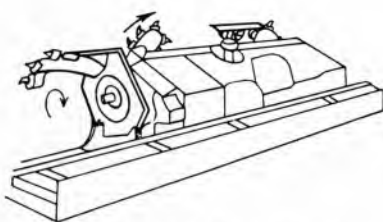
Lančana lučna glodalica utovaračica za rad na širokom čelu (sistem Joy, Dosco i dr.) razlikuje se od »neprekidnih kopača« za hodnike u tome što se lančana glava može pokretati samo u vertikalnoj ravni da bi otkopavala ugljalj sa boka otkopa širokog čela (sl. 13). Otkopani ugljalj se tovari pomoću kratkog poprečnog



Sl. 13. Dobivanje uglja »neprekidnim kopačem« za otkopavanje uglja na širokom čelu. 1) Neprekidni kopač, 2) pomoćni transporter, 3) glavni transporter, 4) metalna podgrada, 5) delimični zasip otkopanog prostora, 6) unakrsni podgradni slog, 7) dubina otkopavanja

transportera na transporter duž otkopa. Po svakom obavljenom lučnom potezu odozdo naviše mašina se pomeri napred za otkopanu dubinu i radni ciklus se ponavlja.

Dalji stepen u razvoju kombinovanih mašina za otkopavanje uglja na širokom čelu predstavljaju obrtne glodalice utovaračice i kombinovane mašine različite konstrukcije za otkopavanje uglja u tankim slojevima. Obrtna glodalica utovaračica (Anderson-Boyes) za rad u srednjetankim slojevima uglja ima dvokraki ozubljeni obrtni okvir koji ugljalj glode samo periferijski, a središnji deo u obliku jezgra (~ 90 cm \varnothing) ostavlja da ga konusni deo među krakovima okvira razlomi na krupne komade (sl. 14). Za žilavije



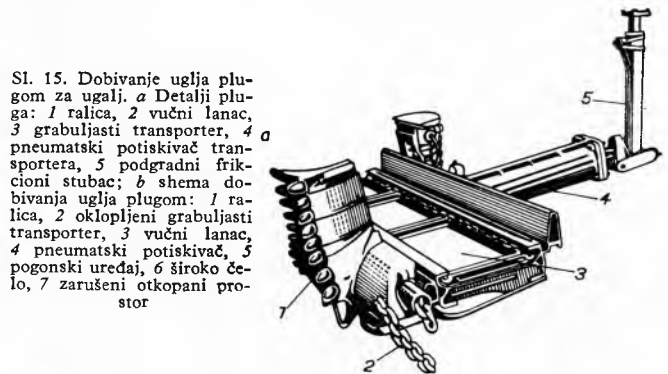
Sl. 14. Obrtna glodalica utovaračica

vrste uglja mašina može biti opremljena pomoćnim zasekačicama i podsekačicama. Mašina se kreće duž otkopnog čela pomoću vučnog lanca. Kombinovane mašine za dobijanje uglja iz uskih horizontalnih i kosih slojeva dejstvuju na principu glodanja, a konstrukcija im je prilagođena specifičnim rudarsko-geološkim uslovima.

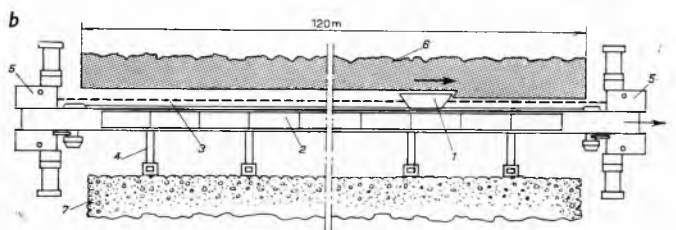
Nominalni radni učinak kombinovanih mašina za izradu hodnika, pri snazi od 70...110 kW, iznosi 4...10 m/h, a kombinovanih mašina za široko čelo, pri snazi od 65...160 kW), 60...150 m/h uglja, u zavisnosti od vrste mašine, osobina radne sredine i drugih uslova.

Dobivanje plugovima i otkopnim skreperima. Upotreba pluga za otkopavanja uglja na širokom čelu i skrepera prilagođenih u tu svrhu postupak je koji služi za dobivanje bez primene eksploziva pod odgovarajućim rudarsko-geološkim uslovima.

Plug za ugljalj (sl. 15) je uređaj koji se sastoji od dvostruke ralice raznovrsne konstrukcije, s izmenljivim zubima, i mehanizovanog uređaja s lancem za vuču ralice uz široko otkopno čelo preko oklopljenog grabuljastog transportera. Kad se povlači plug, ralica zahvata ugljalj na maloj dubini (5...15 cm) pri podu otkopa i podrezani ugljalj se ruši na transporter. Posle svakog završenog poteza pluga transporter zajedno s plugom primakne se uz otkopno čelo pomoću pneumatskih potiskivača duž transportera, i radni ciklus se ponavlja. Najnovije konstrukcije (*autoperkusivni plug*) imaju perkusivno (udarno) dejstvo ralice kad pri vuči naiđe na pojačani otpor. Za rad u strmim tankim slojevima uvedene su naročito podešene konstrukcije plugova (sistem Neustenburg i dr.) koji se pri radu povlače pomoću uređaja s beskrajnim lancem i rade bez transportera. Rad s *otkopnim skreperima* unekoliko je sličan: preko tračnica postavljenih duž otkopa skreper se vuče sistemom užadi i lanaca, da bi zubima otkopavao ugljalj, pri čemu skreper istovremeno služi za otkidanje uglja, za transport i za utovar dobijenog uglja na glavni otpremni transporter otkopa.

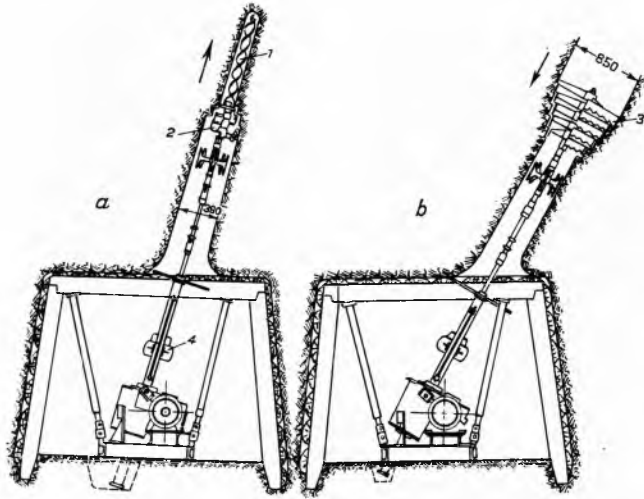


Sl. 15. Dobivanje uglja plugom za ugljalj. a) Detalji pluga: 1) ralica, 2) vučni lanac, 3) grabuljasti transporter, 4) pneumatski potiskivač transportera, 5) podgradni frikcionni stubac; b) shema dobivanja uglja plugom: 1) ralica, 2) oklopljeni grabuljasti transporter, 3) vučni lanac, 4) pneumatski potiskivač, 5) pogonski uređaj, 6) široko čelo, 7) zarušeni otkopani prostor



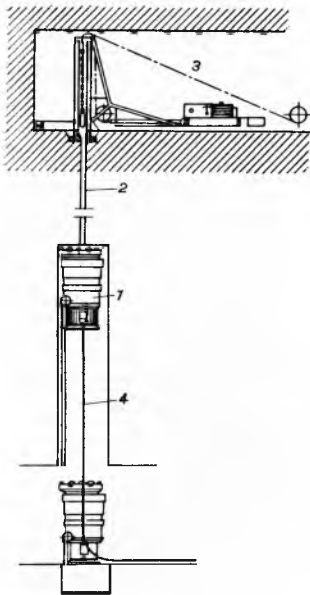
Dobivanje bušenjem. Bušenje se u svrhu dobivanja bez primene eksploziva katkad upotrebljava u mekom i srednjetvrdom materijalu pri izradi pripremnih prostorija i pri otkopavanju. U ovu svrhu služe naročite mašine bušilice za rad u horizontalnom pravcu i pod uglom.

Probojne bušilice obuhvataju više sličnih konstrukcija mašina za probijanje kosih i vertikalnih bušotina velikog prečnika (do 150 cm \varnothing) između dvaju podzemnih hodnika koji služe za provetranje, kretanje osoblja i transport dobijenog materijala sa višeg horizonta na niži. Dužina bušotina iznosi 150...250 m. Za rad u ugljenim rudnicima ovakve mašine obično su snabdene glavom sa spiralno postavljenim zubima za bušenje odozdo naviše i sa stepenastim rasporedom zuba pri bušenju odozgo naniže radi proširenja bušotina (sl. 16). Za tvrdi materijal u rudnicima



Sl. 16. Rad probojnom bušilicom. a Bušenje naviše; b proširivanje bušotine bušenjem naniže: 1 prethodno svrdlo, 2 normalno svrdlo, 3 proširno svrdlo, 4 pri- tezna glava za bušaču šipku

kamene soli i kalijumskih soli razvijene su viseće probojne bušilice koje rade tako da se prethodno u pravcu bušenja između donjeg i gornjeg horizonta izbuši tzv. vodeća bušotina malog prečnika

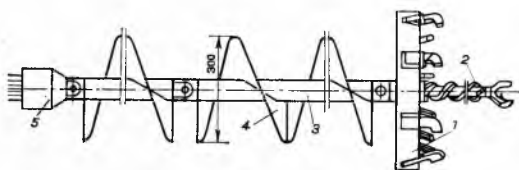


za noseće uže kojim se mašina vuče naviše i kojim se održava potrebni pritisak organa za bušenje. Ovoj grupi mašina pripada viseća probojna mašina s ozubljenim valjcima (sistem Bade i dr.) i viseća probojna mašina za jezgrovanje. U oba slučaja za vuču užeta služi mašinsko vitlo na višem horizontu (sl. 17).

Otkopne bušilice (Cardox-Hardsocq, Joy, i dr.) imaju glave sa tako raspoređenim zubima da periferijski zubi služe za isecanje prstenastog prostora, a središnji za drobljenje jezgra na krupne komade, koji se zajedno s izglođanom sitneži iz-

Sl. 17. Izrada proboja u kalijumskoj soli između dva horizonta probojnom bušilicom. 1 Bušilica sa ozubljenom glavom, 2 vodeća bušotina, 3 vučno uže, 4 električni kabel

nose iz bušotine posebnom spiralom (sl. 18). Postupak se primenjuje za selektivno otkopavanje uglja, delimično vadenje sigurnosnih stubova pri napuštanju rudnika i pri parcijalnom otkopavanju kad zarušavanje površine nije dopušteno.



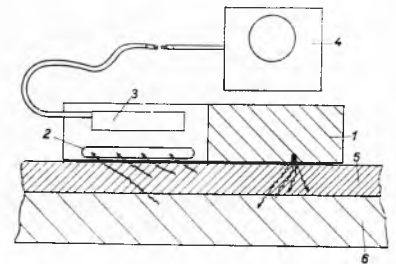
Sl. 18. Detalj otkopne bušilice. 1 Rotor, 2 prethodno svrdlo, 3 vratilo, 4 spirala, 5 spoj s motorom

Automatizacija dobivanja bez eksploziva. Dobivanje materijala male čvrstoće i male tvrdoće u znaku je sve veće mehanizacije, pri čemu se uvođenjem kombinovanih mašina pruža mogućnost automatizacije procesa dobivanja, i to automatskom regulacijom operacija mašine, redosleda radnih ciklusa, režima rada mašine i kretanja u zadatom pravcu. Izvesni uspesi već su posti-

gnuti konstruisanjem odgovarajućih uređaja za daljinsku kontrolu i automatizaciju otkopavanja.

Uređaj za automatsko održavanje pravca kretanja glodalice utovaračice za tanke slojeve uglja (sistem M. R. E.) zasniava se na iskorišćenju osobina gama-zraka da je apsorpcija njihove radijacije približno obrnuto proporcionalna gustini sredine kroz koju prolaze. Uređaj se uglavnom sastoji od izvora gama-zraka, Geigerovih brojača, izvora energije za pogon brojača i baždarenog kontrolnog instrumenta. Kablom je spojen sa pogonskim uređajem kombinovane mašine (sl. 19). Gama-zrake koje emitira radioaktivni izotop (talijum-170), smešten na donjem prednjem delu kombinovane mašine, apsorbuju se najvećim delom u okolnom materijalu, ali jedan deo se vraća i stiže do Geigerovih brojača, pri čemu se iz uglja uvek vraća više nego iz sloja prateće stene pod ugljenim slojem. Ukoliko dođe do promene u debljini uglja između radioaktivnog izvora i sloja prateće stene u podini otkopa, položaj igle na kontrolnom instrumentu promeni se za odgovarajuću vrednost. Kontrolni instrument je kalibrisan u odnosu na debljinu sloja uglja pod mašinom, i to na ~75 mm, koliko se pokazalo najpodesnije pri primeni upotrebljenog radioaktivnog izotopa. Tako je obezbeđeno konstantno kretanje mašine u uglju

Sl. 19. Shema uređaja za automatsko održavanje pravca kretanja glodalice utovaračice u tankom sloju uglja tipa M. R. E. 1 Radioaktivni izvor, 2 Geigerov brojač, 3 energijski snabdevač brojača, 3 kontrolni instrument, 5 ugali, 6 sloj prateće stene

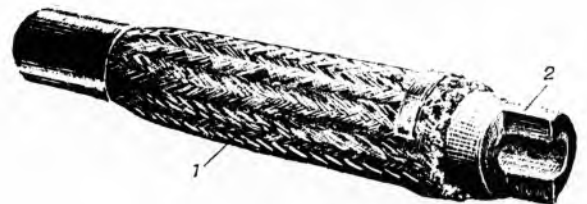


na ovom odstojanju od podinskog sloja. Obično se upotrebljavaju najmanje dva ovakva uređaja za automatizaciju kretanja mašine, po jedan sa svake strane mašine.

Automatizacija regulacije opterećenja elektromotora kombinovane mašine može se postići uređajima sa termokorektorom na elektrohidrauličnom, elektromehaničkom ili nekom drugom principu.

U novije vreme se takođe koristi televizija za daljinsku kontrolu rada rudničkih uređaja, uključujući i kombinovane jamske mašine. U tu svrhu služe industrijski televizijski odašiljači pod zemljom i prijemnici na površini, ali je njihova primena još vrlo ograničena.

Dobivanje razbijanjem bez eksploziva. U slučajevima kad dobivanje mineralne sirovine miniranjem nije poželjno, npr. zbog prisustva metana i zapaljive ugljene prašine, upotrebljavaju se hidraulični uređaji i uređaji s ekspanzijom gasova i zbijenog vazduha pod velikim pritiskom. U oba slučaja, slično kao pri miniranju, u otkopnom čelu treba izbušiti bušotine određenih dimenzija za smeštaj ovih uređaja, koji se mogu upotrebiti više puta.

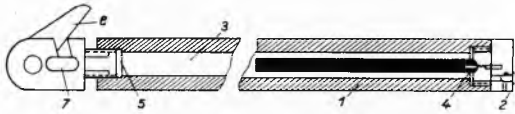


Sl. 20. Hidraulični razbijač za ugali. 1 Elastični armirani cilindar, 2 priključak za dovod vode pod pritiskom

Hidraulični razbijači povezani su za zajedničku pumpu da bi se pod vodenim pritiskom u bušotini raširili i izazvali razbijanje uglja. Postoji više sličnih konstrukcija (sl. 20).

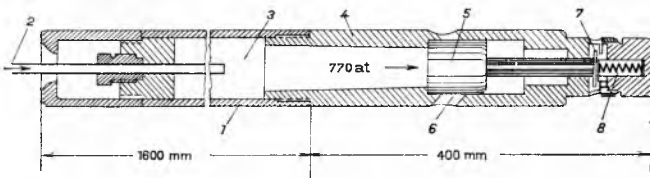
Znatno širu primenu u istom cilju imaju postupci *na principu nagle ekspanzije gasova* (Cardox, Hydrox, Chemecol) i nagle ekspanzije vazduha zbijenog pod velikim pritiskom (Airdox i Armstrong). Ugalj se dobiva, kao u prethodnom slučaju, uz prethodnu izradu bušotina u uglju za smeštaj čeličnih čahura odgovarajućeg prečnika (45-65 mm) i dužine (do 2,4 m), koje se mogu upotrebiti više puta.

Kod Cardox-postupka čahure se pune ugljen-dioksidom pod pritiskom od 50 at u površinskom postrojenju i prenose pod zemlju. Zbijeni tečni ugljen-dioksid prevede se u gasovito stanje time što se električni upaljač u glavi čahure pali električnom mašinom kao kod miniranja (sl. 21). Prednost je usavršenog Hydrox-postupka i novog Chemecol-postupka da se čahure na samom radilištu pre upotrebe pune patronom odgovarajućeg hemijskog sastava. Sastojci patrone prevede se u gasovito stanje pod



Sl. 21. Dobivanje uglja gasom pod pritiskom (Cardox-postupak). 1 Čahura, 2 glava sa kontaktima za električno paljenje, 3 prostor za sabijeni ugljeni dioksid, 4 električni upaljač, 5 kontrolna pločica, 6 savitljiva kanđa za uglavljanje čahure, 7 otvor za gas pod pritiskom

pritiskom električnim paljenjem. Nasuprot tome, u Airdox-postupku (i njegovoj varijanti Armstrong-postupku) čahure se pod zemljom pune zbijenim vazduhom pod velikim pritiskom (700-840 at), pomoću višestepenog kompresora postavljenog nedaleko od otkopa, i to tek pošto se čahure smeste u bušotine u uglju (sl. 22).



Sl. 22. Čahura za razbijanje uglja zbijenim vazduhom (Airdox-postupak). 1 Čahura, 2 dovod vazduha pod visokim pritiskom, 3 komora za vazduh, 4 glava čahure, 5 zaptivni klip, 6 otvori za izlaz vazduha, 7 kontrolna pločica, 8 opruga

Pritisak vazduha u čahuri povećava se sve dok kontrolna pločica u prednjem delu čahure naglo ne popusti i ispusti vazduh u bušotinu. Od navedenih postupaka postupci Airdox i Armstrong potpuno su sigurni i u najopasnijoj metanskoj sredini, jer kod njih nema električnog paljenja. Pored povećane bezbednosti rada u sredini opasnoj usled prisustva metana i zapaljive ugljene prašine, svi navedeni postupci imaju prednost da se pomoću njih dobija uglj krupnije granulacije nego miniranjem.

Tečan vazduh (95% kiseonika) u zajednici s poroznim sagorljivim materijalom (čadi, mlevenom plutom itd.) koristi se katkad umesto eksploziva, i to samo u nemetanskoj sredini. U tu svrhu, neposredno pred upotrebu, patrone od poroznog sagorljivog materijala natope se tečnim vazduhom i pale se u bušotinama električnim putem ili pomoću eksplozivne kapice i sporogorećeg štapina. Ovaj postupak zahteva postrojenje za proizvodnju tečnog vazduha u blizini mesta upotrebe pod zemljom ili na površini.

LIT.: C. H. Fritzsche, Lehrbuch der Bergbaukunde, Berlin 1962. — M. Antunović Kobliska, Oprašni rudarski radovi, Beograd 1963. — Горное дело, энциклопедический справочник, Москва 1965. — S. D. Woodruff, Methods of working coal and metal mines, London 1966. M. Antunović Kobliska

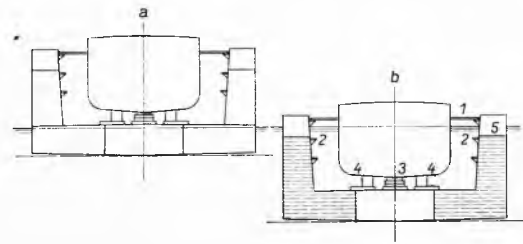
DOK, uređaj kojim se brodovi dižu iz vode ili stavljaju na suho (dokuju) radi popravaka ili periodskog čišćenja i bojadisanja podvodnog dijela njihova trupa; u novije vrijeme se u doku i grade brodovi. (Dokovima se nazivaju i zatvorljivi bazeni u lukama s velikim razlikama vodostaja za plime i oseke. O dokovima u tom smislu neće u ovom članku biti riječi.)

Prema tome da li se brod stavlja na suho tako da se s pomoću doka dignu iz vode ili tako da se iz bazena u koji je brod uplovio pumpanja iscrpe voda, dijele se dokovi na plutajuće i suhe.

PLUTAJUĆI DOKOVI

Plutajući dok je plovni objekt pogodnog oblika koji se naplavlivanjem svojih tankova može toliko spustiti u vodu da povrh njegove platforme stane brod, a onda se crpenjem vode iz tankova zajedno s brodom dignu toliko koliko je potrebno da brod sasvim izađe iz vode (sl. 1).

Po obliku njihova poprečnog presjeka mogu se svi plutajući dokovi svrstati u dvije grupe: U-dokove i L-dokove.

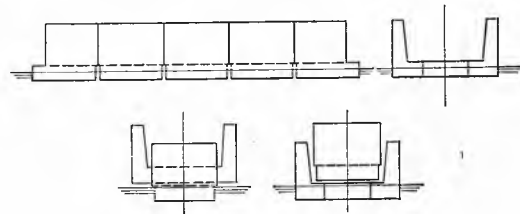


Sl. 1. U-dok. a Izonjen, b uronjen; 1 potporne grede, 2 stelaže, 3 centralne potklade, 4 bočne potklade, 5 sigurnosna paluba

U-dok je najuobičajeniji tip plutajućeg doka. Njegov poprečni presjek ima oblik slova U (v. sl. 1). On se sastoji od jednoga horizontalnog kesona, *pontona*, na koji brod legne kad se dokuje, i od dva vertikalna kesona, tzv. *tornja*. Glavna je svrha vertikalnih kesona da održavaju potreban stabilitet pri uronjavanju i izronjavanju i da se o njih bočno podupre brod. Unutrašnjost doka može se napuniti vodom, čime se on spušta do potrebne razine.

Da bi se mogli na podvodnom dijelu doka vršiti povremeni radovi čišćenja, bojadisanja i eventualni popravci, razvile su se različite konstrukcije dokova koje omogućavaju da se jedan dio doka odijeli i zatim dokuje u preostalom dijelu (*samodokujući dokovi*). Takvih je konstrukcija izvedeno vrlo mnogo, ali najpoznatije su: sekcijski tip, tip sa sekcijskim pontonima (tipovi Havana i Rennie) i tip Clark & Stanfield.

Sekcijski dok (sl. 2) je poprečnim ravninama uzdužno podijeljen u toliko sekcija koliko je potrebno da dužina jedne sekcije bude nešto manja od unutarnje širine doka. Na taj način može se jedna sekcija odvojiti od ostalih, okrenuti u uzdužni smjer, uvući u preostali dio doka i dignuti iz vode. Pojedine sekcije spojene su stičnicama, i to samo nad vodom.



Sl. 2. Sekcijski U-dok

Uzdužna je čvrstoća takva doka dovoljna, ali rastavljanje nije jednostavno, jer sve sekcije nisu nikad jednako opterećene, te je pri raskivanju potreban naročit oprez da ne bi došlo do nezgoda. Obično se stvar svršava tako da se takav dok nikad ne raskiva, nego se konzervira na druge načine (dokovanjem u većim dokovima ili nagibanjem).

Posebna su vrsta sekcijskih dokova oni kojima sekcije uopće nisu kruto spojene. Kad se diže brod u takvu doku, uzgon pojedinih sekcija regulira se količinom vode u sekciji, a vizirnim napravama se kontrolira da ne dođe do deformacije broda.

Havana-dok (sl. 3) razlikuje se od sekcijskog u tome što je struktura tornjeva uzdužno kontinuirana. Tornjevi sežu do dna pontona. Ponton je uzdužno podijeljen u više dijelova vezanih uz tornjeve vijcima, tako da se pojedini pontoni mogu izdvojiti i dokovati u preostalom dijelu doka.



Sl. 3. Havana-dok



Sl. 4. Rennie-dok

Havana-dok ima veću uzdužnu čvrstoću nego sekcijski, ali pored nedostatka sekcijskog doka — riskantnost operacije demontiranja pontona — ima još i taj da treba pri rastavljanju pontona raditi pod vodom, a tornjeve treba konzervirati nagibanjem doka.