

prije se utiskuju obložne cijevi i onda se pod njihovom zaštitom ugrađuju perforirane cijevi.

### Zaštita vode u bunaru

Voda u bunaru može da se zagadi ne samo na mjestu zahvata nego i u vodonosnom sloju. Stoga je potrebno projektom predvidjeti ne samo adekvatno oblikovanje trupa i glave bunara nego i određene mjere zaštite u području koje gravitira zahvatu. Da se isključe — ili što je moguće više smanje — uticaji zagađivanja koje dolazi s površine, određuje se oko bunara zaštitna zona, koja se sastoji od više pojasa — obično se predviđaju tri pojasa sa različitim režimom u svakom od njih. Za pravilno utvrđivanje elemenata zaštitne zone potrebno je poznavati hidrogeološke i sanitarne prilike područja.

LIT.: M. Muskat, The flow of homogeneous fluids through porous media, Michigan 1946. — H. H. Гениев, Н. Н. Абрамов, В. Н. Павлов, Водоснабжение, Москва 1950. — E. Bieske, Bohrbrunnen, München 1953. — H. E. Babbitt, J. J. Doland, Water supply engineering, New York 1955. — П. К. Киселев, Справочник по гидравлическим расчетам, Москва 1957. — Н. Ф. Федоров, Справочник по водоснабжению и канализации, Москва 1959. — J. Brix, H. Heyd, E. Gerlach, Die Wasserversorgung, München 1963.

A. Trumić

**BUŠAČI ČEKIČI**, stapni strojni alati na komprimirani zrak za izradu minerskih bušotina u stijenama. Bušotine su okrugle rupe malog promjera i relativno male dubine: promjer bušotina u rudarskom podzemnom radu obično ne prelazi 65 mm a dubina 5 m, dok na površinskim kopovima promjeri i dubine mogu biti nekoliko puta veći.

Sve do druge polovine XIX st. rupe za miniranje izradivale su se pretežno ručno, čekićem i dlijetom, a tek tada počinje šira primjena strojnog bušenja, i to kao posljedica izgradnje mnogih željezničkih tunela kao i potrebe korišćenja i siromašnih rudnih ležišta. Presudno je poboljšanje rada strojnih bušaćih čekića pronašao J. G. Leyner 1897 konstrukcijom uređaja za automatsku rotaciju svrdla. Otada se bušaći čekić u biti nije izmijenio, ali je došlo do tehnološkog poboljšanja materijala, izrade, povećanja koeficijenta korisnog učinka, povećanja broja udara i smanjenja potroška zraka. Tako danas, uz dobro rukovanje i njegu, trajnost čekića iznosi do 20 000 izbušenih metara.

Bušaći čekići rade na principu udara stapa na usadnik svrdla. Kinetička energija svakog udara prenosi se preko svrdla na dlijeto koje se pri tom svojim klinastim oštricama usijeca u materijal. Nakon svakog udara dlijeto se zaokrene za određeni kut da se ne bi zaklinilo. Prvobitni su čekići imali stap spojen sa svrdlom; ovakvi se čekići i danas upotrebljavaju u specijalnim slučajevima, npr. za podvodna bušenja. Moderni čekići imaju stap sa stapajicom koji se slobodno kreće u cilindru čekića i periodički udara po usadniku svrdla. Broj udara inosi 1500–3400/min i ovisi o dužini stapaja i vrsti razvodnika; broj okretaja svrdla varira između 100 i 200/min. Što je abrazivnija stijena to broj okretaja mora biti manji. Potrebni je natpritisak komprimiranog zraka od 4 do 7 at. Napredak bušenja proporcionalan je povećanju pritiska,

dužine cilindra čekića. Razvodnik komprimiranog zraka smješten je ili u cilindru ili na njemu, a može biti ventilni ili klizni. Brzoudarni čekići kratkog stapaja obično imaju ventilne razvodnike u obliku kuglica (jedne ili dviju), pločice, sočiva ili prstena. Sporoudarni teški čekići s dugim stapajem ( $> 2'$ ) obično imaju klizne razvodnike (stapne, cijevne i dr.). Klizni su razvodnici bolji.

Radni alat svakog čekića je *svrdlo*, čelična šipka s dlijetom na jednom a usadnikom na drugom kraju. Svrdla se izrađuju od ugljičnog ili legiranog čelika, s kružnim, šesterokutnim ili osmerokutnim presjekom od 22 do 32 mm. Danas se najviše upotrebljavaju dvije vrste svrdala: šuplja s odvojomom krunom i svrdla od jednog komada s pločicama metalnih karbida uložnim u dlijeto (monoblok-svrdla). I odvojiva kruna ima uloške metalnih karbida, a spaja se sa šipkom bilo konusnim produžetkom bilo vijčanom navojem. Promjeri oštrica kruna variraju od 28 do 70 mm, a kut oštrica od 80 do 120°. Dlijeta najčešće imaju jednostruku ili dvostruku oštricu ili su križnog oblika.

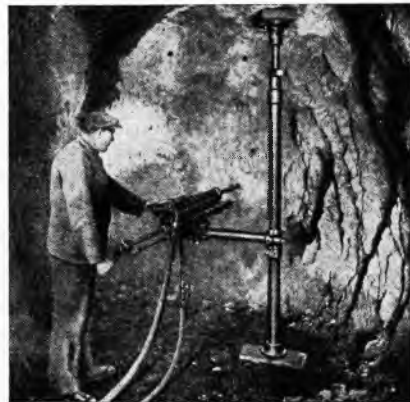
Bušaći se čekići dijele na ručne, stupne i teleskopske.

*Ručni bušaći čekići* teški su 12–30 kg i upotrebljavaju se za izradu bušotina usmjerenih naniže ili približno horizontalno. U potonjem slučaju čekić se oslanja na pneumatsku potpornu nogu koja se zglobno spaja sa čekićem. Sl. 1 prikazuje takav čekić sa potpornom nogom i svrdlom s odvojomom krunom odnosno dlijetom. Teleskopski cilindar noge dobiva komprimirani zrak iz pneumatske mreže preko regulacionog ventila; cilindar se može izvlačiti 90 do 150 cm.

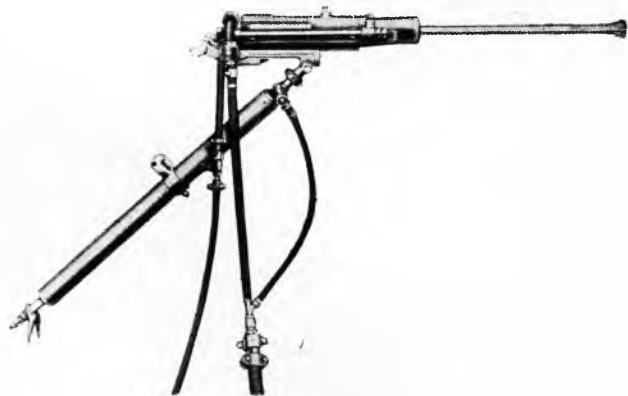
*Stupni bušaći čekići*, teški 30–90 kg, postavljaju se ispred radilišta na vertikalnom čeličnom stupu i služe za izradu uglavnom horizontalnih bušotina (sl. 2). Iz jednog položaja može se izbušiti više rupa, jer se konzola na kojoj je montirana vodilica čekića može vertikalno pomicati. Čekić prikazan na sl. 2 potiskuje se manuelno pomoću vijčanog vretena i matice pričvršćene za čekić. Na jamskim radilištima većeg profila upotrebljavaju se bušaća kolica (*jumbo*) na koja se montira i do 12 čekića; jumbo-kolicima postiže se potpuna mehanizacija bušenja. Za bušenja na površini upotrebljava se teški tronog ili vozilo na tri gumena točka (*wagon drill*; sl. 3).

*Teleskopski bušaći čekići* teški su 37–55 kg i predviđeni su za vertikalna i strma bušenja naviše. Sastoje se od čekića i pneumatskog cilindra koji drži i automatski potiskuje čekić (sl. 4). Svrdlo se okreće manuelno ručicom ili automatski. Obično je između stapajice i usadnika uložena nakovanj.

Način rada svih tipova bušaćih čekića

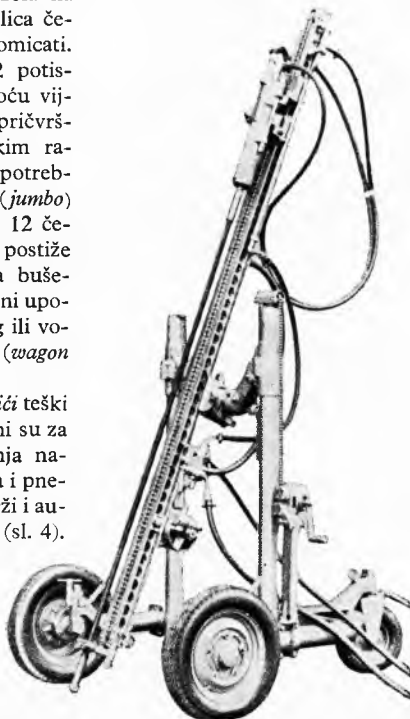


Sl. 2. Stupni bušaći čekić



Sl. 1. Ručni bušaći čekić s potpornom nogom

ali pri povećanju pritiska treba povećati i silu potiska na čekić, i to za  $\sim 20$  kp/at. Veličina potiska na čekić varira između 35 i 150 kp i ravna se prema težini i tipu čekića. Potrebna se sila potiska postiže ručno, mehanički ili preko posebnog pogona ili stapa. Čekić se pušta u rad preko upusne slavine na koju se privije gumena cijev dužine oko 10 m i unutrašnjeg promjera 16, 19, 25 ili 32 mm, već prema veličini čekića. Ova je slavina najčešće smještena blizu ručke čekića, a ispušna se slavina nalazi otprilike na sredini



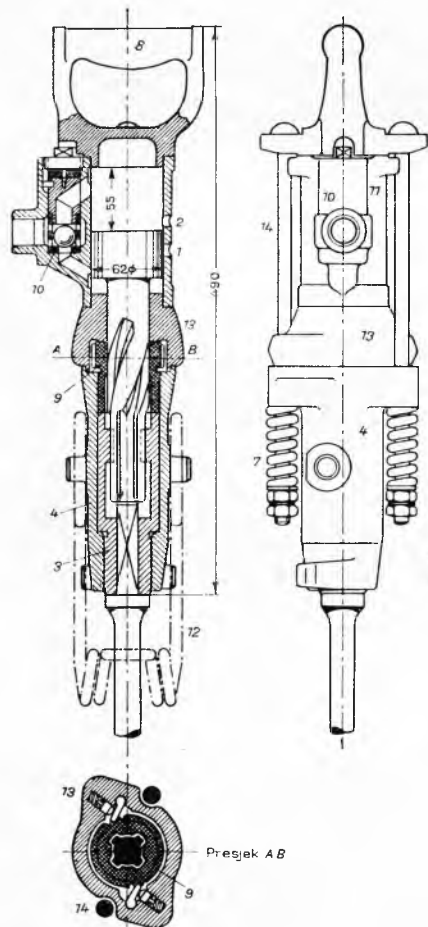
Sl. 3. Stupni bušaći čekić tipa "wagon drill"

jednak je i bit će objašnjen pomoću sl. 5, koja prikazuje ručni bušači čekić.

Pojedini su dijelovi čekića među sobom spojeni sa dva svornjaka 14 i oprugama 7 za elastično odbijanje eventualnih udara stapa koji bi mogli oštetiti čekić. Stapajica ima četiri utora, ravna na prednjem i skošena na srednjem dijelu stapajice, u koje zahvataju zupci tuljca usadnika. Čekić radi kako je opisano u nastavku. Kad se kuglica razvodnika nalazi na svom donjem sjedištu, komprimirani će zrak po kanalu ulaziti u cilindar i ubrzavati stap naprijed. Zrak ispred stapa izlazić će kroz rupicu 1 sve dotle dok je prednji rub stapa ne zatvori, a zatim će početi komprimiranje preostalog zraka. U trenutku kad zadnji rub stapa otvori rupicu 2, dolazi do ispuha iza stapa, do prebacivanja kuglice u drugi (gornji) položaj uslijed kompresije s donje strane i do udara stapa na usadnik svrdla. Po završetku udarnog (radnog) hoda stapa počinje povratni, i sada zrak ulazi u cilindar s druge strane stapa ubrzavajući ga prema poklopcu. Proces je analogan prethodnom, samo se odvija u obrnutom smjeru, jer nakon što zadnji rub stapa zatvori rupicu 2



Sl. 4. Teleskopski bušači čekić



Sl. 5. Presjek ručnog bušačeg čekića. 1 donji ispuh, 2 gornji ispuh, 3 tuljac usadnika, 4 prednji dio cilindra, 7 opruga, 8 ručka s poklopcem, 9 zaporna matica, 10 kuglični razvodnik, 11 cilindar, 12 opruga za zadržavanje i izvlačenje dlijeta, 13 zaporno kućište, 14 vijak

počinje u dijelu cilindra do poklopca komprimiranje zraka, a kad prednji rub stapa otvori rupicu 1, dolazi do ispuha zraka iz prednjeg dijela cilindra i do prebacivanja kuglice u niži (radni) položaj. Uslijed kompresije dolazi i do zaustavljanja stapa ispred poklopca čekića.

U prvim se bušačim čekićima svrdlo zaokretalo ručno, u današnjim ono rotira automatski, i to na ovaj način: pri radnom hodu stapa zaporna naprava dozvoljava zapornom točku da ga stapajica svojim kosim utorima slobodno zaokrene a da se pri tom stap ne zaokrene. Pri povratnom hodu stapa zapinjače zaporne naprave ne dozvoljavaju zaokret točka u prvotni položaj, pa se stapajica prisilno zaokreće za kut određen strminom utora i dužinom stapaja. Stapajica prenosi svoje okretanje preko ravnog dijela utora na tuljac pa na usadnik svrdla, i tako na samo svrdlo.

Za bušenje u mekšim stijenama, ugljenu i soli primjenjuju se *rotacione bušilice*, koje rade na drugom principu, a u posljednje se vrijeme u svim stijenama uspješno radi rotaciono-udarnim bušenjem s potiskom 10-20 puta većim nego pri udarnom.

LIT.: A. Poljanšek, *Mehanizacija radova u steni*, Beograd 1949. — W. G. Lundstrum, ed., *Drillers' Handbook*, Cleveland, O. 1953. — G. Lathan, *Bohr- und Schießarbeiten im Bergbau*, Leipzig 1960. — M. Antunović-Kobliška, *Opšti rudarski radovi*, Beograd 1963. I. 4.1.

**BUŠENJE NA VELIKU DUBINU (dubinsko bušenje)**, tehnika izrade dubokih bušotina, prvenstveno za pronalaženje i eksploataciju nafte i plina, ali i za druge svrhe. U načelu nema bitnih razlika između »plitkih« bušotina (otprilike do 200 m) i bušotina veće dubine, ali se zbog kompliciranijih, obimnijih i skupljih instalacija dubinsko bušenje obično izdvaja iz opće tehnologije bušenja kao posebna disciplina. Kao posljedica velikog značenja nafte u savremenoj civilizaciji, tehnika bušenja na ovu mineralnu sirovinu najbolje je razvijena, pa prikaz dubokog bušenja na naftu (koji će se dati u ovom članku) obuhvaća ovu tehničku disciplinu u cijelosti.

Nafta je bila poznata već u starom vijeku; u prvim stoljećima n. e. bila je cijenjena kao glavni sastojak »gričke vatre«, značajnog ratnog sredstva Bizanta, a upotrebljavala se i kao gorivo za svjetiljke (»sicilsko ulje«). U to se prvo doba primjene dobivala skupljanjem s površine naftonosnih kaljuža i asfaltnih jezera, npr. kraj Mrtvog mora u Palestini. Kada je potrošnja prerasla mogućnosti ovakve ograničene proizvodnje, pojave nafte počele su se istraživati i eksploatirati rudarskim metodama, tj. kopanjem jaraka i bunara. Zatim se kopaju i dublja okna, a iz njih se izrađuju hodnici. Razvija se rudarski način dobivanja nafte, primjenljiv samo za ležišta u razmjerno malim dubinama, gdje se nafta nalazila bez svog gotovo redovnog pratioca, plina, tj. u tzv. otplinjenim ležištima bez pritiska.

Tehnika izrade okana i jamskih prostorija, podgrađivanja i vjetrotna u razdoblju »rudarenja na naftu« jednaka je tehnici kopanja čvrstih mineralnih sirovina. Razlika je u tome što se stijena nosilac nafte ne otkopava i ne odnosi na površinu, već se izrađuju jamske prostorije u krovinskim naslagama a iz njih do naftonosnih slojeva plitka okanca u koja se nafta cijedi i iz kojih se prikuplja. Dobivanje nafte rudarskim načinom nije moglo postići širu primjenu jer se pokazalo kao neekonomično. Tehniku dobivanja trebalo je prilagoditi osnovnim karakteristikama sirovine, tj. tekućine koja se javlja uglavnom na većim dubinama. Po tim karakteristikama nafta je slična vodi, a na području pronalaženja i korišćenja pike i slane vode postojalo je gotovo uvijek veliko iskustvo. Prema nekim podacima, Kinezi su još prije 2000 godina primjenjivali neku vrstu udarnog bušenja, koristeći se pri tom dlijetom od 100 do 200 kg, obješenim za ručno ispleteno bambusovo užje i pokretanim drvenim njihalom. Oni su, navodno, već tada izrađivali bušotine promjera 150 mm do dubine od 1200 m. Arteške bunare i do 300 m dubine imali su već i Egipćani, a u Evropi su se takvi bunari bušili u francuskoj grofoviji Artois još u XII st. (Prema imenu te grofovije su takvi bunari i nazvani.) Razumljivo je da se tehnika bušenja bunara počela primjenjivati i u bušenju na naftu kad je to postalo ekonomski potrebno.

Nafta se je prvi put pojavila iz bušotine specijalno namijenjene njezinu dobivanju 27. VIII 1859, i to u blizini mjesta Titusville u Pensilvaniji (USA). Bušotinu je izbušio E. L. Drake postupkom udaranja dlijeta obješenog za užje, postigavši konačnu dubinu od ~ 21 m (69,5 stopa). Ovaj se datum uzima kao početak razvoja naftne industrije.

Dubine bušotina danas daleko prelaze dubinu Drakeove bušotine. Dosad najveća dubina od 7723,63 m postignuta je u Teksasu, ali je bila negativna. Da bi se nadopunile zalihe, koje su, usporedene s količinama iscrpjenim 1963, pokazivale odnos od 34,5 : 1, sve više bušotina prelazi dubine od 6000 m. Dosada najdublje raskriveno ležište nafte nalazi se na dubini od 21 465 stopa (6542,5 m) u USA.

Prema poznatim podacima, prva bušenja na naftu na području Jugoslavije izvršena su oko 1800. U vremenu od 1884 do 1885 izradene su u Peklenici (Međimurje) 3 bušotine, od kojih jedna do 350 m, a u nedalekoj Selnici 4 bušotine kojih su dubine iznosile 52, 231, 274 i 280 m. Prvo značajnije ležište plina raskriveno je u Bujavici i predano iskorištavanju 1917, a prve industrijske količine nafte dobivene su sa područja Gojla 1941. Dosada najdublje ležište nafte u našoj zemlji raskriveno je u dubini od 2260-2277 m, a najdublje ležište plina u dubini od 2234-2262 m. Tragajući za ležištima nafte u području krša izradene su i u nas četiri bušotine dublje od 4000 m, od toga Rovinj 1 do dubine od 4136 m, Buljarica 3 do dubine od 4444 m, Ravni kotari 1 do dubine od 4535,5 m i Možura 1 do dubine od 4550,1 m.

**Postrojenja za bušenje** već i po instaliranoj snazi predstavljaju često složena industrijska postrojenja kojih je nabavna cijena razmjerno velika. Sasvim grubo, može se iznijeti da se današnje cijene takvih uređaja kreću oko 200 000-800 000 US \$, zavisno od kapaciteta postrojenja, ne računajući vrijednost alatki i zaštit-