

otkrivene, eksploataбилne, iskoristive) rezerve, a ostalo su izvanbilančne (potencijalne) rezerve nafte. Rezerve nafte različito se kategoriziraju u pojedinim zemljama.

Tako se, kao i rezerve drugih mineralnih sirovina, u Jugoslaviji utvrđene rezerve nafte svrstavaju u kategorije *A* (dokazane rezerve), *B* (vjerovatne rezerve), *C₁* (moguće rezerve); potencijalne rezerve u kategorije *C₂* (perspektivne rezerve), *D₁* i *D₂* (prognose rezerve). Rezerve se razvrstavaju u kategorije prema stupnju poznavanja prostorne rasprostranjenosti kolektora, fizikalnih i kemijskih svojstava njegovih stijena i fluida, tlaka i temperature u njemu, te prema proizvodnim karakteristikama ležišta.

Slično se u SAD rezerve nafte kategoriziraju u dokazane (proved), vjerovatne (probable), moguće (possible) i hipotetske i spekulativne, ali i u dosad neotkrivene (undiscovered resources), a u SSSR u kategorije *A*, *B*, *C₁* (dokazane i iskoristive) i *C₂* (nekomercijalne i potpuno heterogene).

Kao i procjene drugih mineralnih sirovina i procjene rezerva nafte često su subjektivne i sadrže elemente spekulacije, posebice kad se čine za pojedina područja svijeta. Ponekad se prikazuju manjima od stvarnih. Tako su, npr., 1967. god. neki stručnjaci tvrdili da su ukupne rezerve nafte u SAD 23,4 milijarde tona ($170 \cdot 10^9$ barela), a u izvještaju Fordove fundacije za energetske politiku (1974) tvrdilo se da su one 86 milijardi tona ($628 \cdot 10^9$ barela), što se čini točnijim jer se tome približuje više drugih procjena učinjenih u to doba.

Velike razlike u procjenama rezerva nafte postoje i zbog toga što se takvim procjenama bave stručnjaci velikih multinacionalnih petrolejskih kompanija, pa oni u prvom redu misle na komercijalnu vrijednost dokazanih rezervi. Osim toga, neke od tih procjena obuhvaćaju rezerve iskoristive primarnim i sekundarnim, a druge još i rezerve koje će se u budućnosti iskoristiti tercijarnim metodama eksploatacije. Primjena tih tercijarnih metoda tek je u početku razvoja, ali se od nje očekuju znatni efekti.

Zbog toga se mnogo razlikuju i pretpostavljeni iscrpci geoloških rezervi nafte. U svijetu je danas taj iscrpak ~30%. Očekuje se da će se do kraja stoljeća povećati na 40...45%. Veliki napredak u procjenjivanju svjetskih rezervi nafte učinio je Levorsen (1949) kad je u te rezerve uračunao i one koje će se iskoristiti iz podzemskih nalazišta.

Svjetske rezerve nafte, uključivši i već proizvedene količine, iznose vjerovatno ~300 milijardi tona. Tako je anketom u kojoj je sudjelovalo više poznatih stručnjaka za naftu (X svjetska konferencija za energiju, Istanbul 1977) procijenjeno da su te rezerve 250...300 milijardi tona, a prema procjenama J. D. Moodyja i M. T. Halboutyja (X svjetski kongres za naftu,

Bukurešt 1979) te rezerve iznose 304,2 milijarde tona. Do 31. XII 1976. ukupno je proizvedeno 48,4, pa je još preostalo 114,8 milijardi tona dokazanih rezervi (tabl. 38). Ostalo, 141 milijarda tona, trebale bi biti potencijalne rezerve. Ipak, i te, kao i sve druge procjene rezerva mineralnih sirovina, treba uzeti s primjerenom dozom opreznosti, jer procjenitelji često ne uzimaju, a možda ni ne mogu uzeti, u obzir sve činioce od kojih zavisi objektivna procjena.

Prema navedenoj procjeni 47,7% dokazanih svjetskih rezervi nafte koncentrirano je u zemljama Srednjeg istoka, a samo u Saudijskoj Arabiji ~22%. Do danas je u svijetu otkriveno ~30000 naftnih polja, ali u manje od 1% od njih koncentrirano je ~73% svih rezervi. U samo 15 naftnih polja, od kojih svako sadrži rezerve više od 700 milijuna tona, koncentrirana je ~1/3, a u četiri najveća naftna polja (Chawar, Burgan, Côte Bolivar i Prudhoe Bay) više od 20% svjetskih rezervi nafte.

Dokazane svjetske rezerve nafte koje su procijenili Moody i Halbouty omogućuju još 36 godina njene proizvodnje na razini ostvarenoj 1979. godine. Zanimljivo je da su, usprkos manjoj proizvodnji, prognoze trajanja rezerva nafte učinjene u prošlosti na analogan način bile nepovoljnije. Vrijeme do stvarnog iscrpljenja zaliha zavisi će od njenih cijena u budućnosti i njihova utjecaja na ograničenje i racionalizaciju njena iskorišćivanja, te općeg tehničkog razvoja eksploatacije izvora energije. Predviđa se da će se već od 1990. do 1995. smanjiti proizvodnja nafte, ali da će se to kompenzirati razvojem iskorišćivanja nekonvencionalnih izvora energije (npr. uljnih škriljavaca, bituminoznog pijeska, sintetskih goriva, Sunčeve i geotermičke energije) a osobito prirodnog plina, ugljena i nuklearne energije.

Rezerve nafte u Jugoslaviji. Na temelju dosad obavljenih istraživanja rezerve nafte iznose ~100 milijuna tona. One su dovoljne za samo 24 godine proizvodnje na razini ostvarenoj 1979. god., koja je iznosila 4,1 milijun tona.

R. Protić

LIT.: W. U. W. E. Petraschek, Lagerstättenlehre. Springer, Wien 1950. — H. O. Brod, H. A. Еременико, Основы геологии нефти и газа. Госгостехиздат, Москва 1957. — H. S. Bell, American Petroleum Refining. Van Nostrand, Princeton 1959. — Th. C. Frick, Petroleum Production Handbook. McGraw-Hill, New York-Toronto-London 1962. — H. S. Bell, Petroleum Transportation Handbook. McGraw-Hill, New York-Toronto-London 1963. — S. D. Raseev, C. D. Ionescu, Katalytisches Reformieren. VEB Deutscher Verlag der Grundstoffindustrie, Leipzig 1966. — I. A. Levorsen, Geology of Petroleum. Freeman and Co., San Francisco-London 1967. — V. Aksin, Geologija nafte. Naftagas, Novi Sad 1967. — J. E. Germán, Catalytic Conversions of Hydrocarbons. Academic Press, London-New York 1969. — B. Riedinger, Die Verarbeitung des Erdöls. Springer, Berlin 1971. — G. D. Hobson, W. Pohl, Modern Petroleum Technology. Applied Science Publishers, Barking 1973. — N. A. Anstey, The New Seismic Interpreter. International Human Resources Development Corporation, Boston 1974. — M. T. Гусман, Б. Г. Любимов, Г. М. Никитин, И. В. Собкина, В. И. Шумилов, Расчёт, конструирование и эксплуатация турбобуров. Недра, Москва 1976. — В. А. Банчук, Транспорт и хранение нефти, нефтепродуктов и газа. Недра, Москва 1977. — B. P. Tissot, D. H. Welte, Petroleum Formation and Occurrence. Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1978. — M. B. Dobrin, Introduction to Geophysical Prospecting. McGraw-Hill, New York-Toronto-London 1978.

G. Barić S. Đurasek I. Ibrahimpašić K. Jenko
V. Kranjec B. Prohaska R. Protić J. Sečen
Z. Singer M. Zelić

Tablica 38
RASPORED DOKAZANIH REZERVU NAFTE,
UKLJUČIVŠI I NAFTU PROIZVEDENU DO
31. XII 1976.

Područje		Rezerve područja 10 ⁹ t	Ukupno 10 ⁹ t
Zemlje Srednjeg istoka	Saudijska Arabija	35,8	77,4
	Iran	14,1	
	Kuvajt	12,4	
	Irak	7,1	
	Abu Dhabi	6,1	
	Neutralna zona	1,9	
SAD		23,4	76,9
SSSR		17,3	
Meksiko		9,3	
Venezuela		7,3	
Libija		4,3	
Sjeverno more		3,7	
Kina		3,3	
Nigerija		2,2	
Indonezija		2,2	
Kanada		2,2	
Alžir		1,7	
Ostala područja			8,9
Svijet			163,2

NAPRAVE PRI STROJNOJ OBRADBI, pomoćna sredstva koja se primjenjuju pri obradbi izradaka bilo kao samostalan uređaj, bilo u zajednici s nekim alatnim strojem. Zadatak je naprave da prihvati izradak i da ga stegne, čime je određen njegov položaj, što znači da je izradak oslonjen, prislonjen ili smješten na osnovicu, ili centriran. Kad naprava služi za bušenje, ona mora osigurati vođenje alata i njom je određena duljina hoda alata.

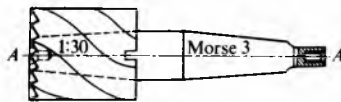
Upotrebom naprava uz pogodno odabrani alat i alatni stroj povećava se proizvodnost i točnost izradbe, a to se postiže a) skraćanjem trajanja izradbe i sniženjem troškova proizvodnje,

b) poboljšanjem kvalitete izratka, c) mogućnošću da priučeni radnik obavlja poslove kvalificiranog radnika, d) smanjenjem fizičkog naprezanja radnika i e) povećanjem iskoristivosti alatnih strojeva.

Naprave, kao pomagala pri obradbi metala i drugih materijala, razvile su se u posljednjih tridesetak godina. Danas se ne može zamisliti ekonomična mehanizirana i automatizirana pojedinačna, serijska i velikoserijska proizvodnja izradaka bez naprava. U našoj stručnoj literaturi i praksi postoji mnogo različitih naziva za naprave, npr. stezne naprave, radne naprave, pomoćne naprave, radni pristroji, tehnološki pribor i dr.

Baza. Konstrukcija, montaža i funkcija strojnog elementa ovisi o međusobnom položaju ploha, koje ga omeđuju, prema nekom koordinatnom sustavu. Zbog toga se obradba elemenata orijentira prema takvu sustavu što ga određuje konstruktor da bi se ispunili svi uvjeti za dobru funkciju strojnog elementa. Da bi se odredio položaj strojnog elementa prema drugim elementima s kojima se dodiruje prilikom montiranja ili položaj elementa prema upotrijebljenom alatu, potrebno je utvrditi baze. Baze su skup geometrijskih elemenata (površine, linije, točke) prema kojima se orijentiraju one plohe strojnog elementa koje se dodiruju ili koje se sparuju u gotovu proizvodu s drugim dijelovima uređaja.

Postoje konstrukcijske, tehnološke, montažne i mjerne baze. Konično držalo s Morseovim stošcem i čelično valjkasto glodalo (sl. 1) neka posluže kao ilustracija vrsta baza. Konstrukcijska je baza geometrijska os $A-A$, jer će se prema njoj sve kotirati. Uvrti za centriranje tehnološka su baza, jer će se od njih odvijati rezanje i učvršćivanje, dok su stožac glodala i oba stošca na trnu montažna baza. Mjerna baza je površina reznog dijela glodala i stožasta ploha za učvršćivanje na stroju. Pri određivanju tehnološkog postupka izradbe mora se utvrditi tehnološka baza, a njezin izbor ovisi o ostalim trima bazama i o njihovom odnosu prema tehnološkoj bazi.



Sl. 1. Stožasto držalo s Morseovim stošcem i čelno valjkasto glodalo

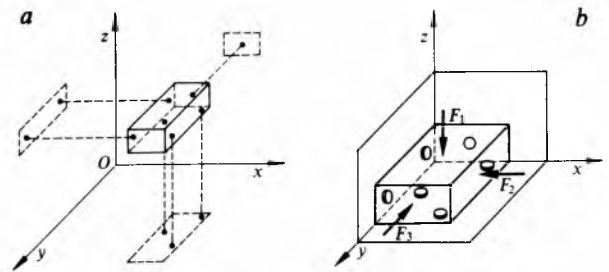
Tehnološke baze mogu se razvrstati na osnovne i pomoćne baze, već prema njihovoj svrsi i značenju za izradak. Osnovne su tehnološke baze one kojih položaj prema obrađivanom plohi ima bitno značenje za funkciju elementa u montiranom stroju. Pomoćne tehnološke baze služe kao osnova za postavljanje i učvršćivanje alata, te za mjerenje tokom obradbe. Položaj pomoćnih tehnoloških baza, međutim, nema neposrednog utjecaja na gotov izradak. Prema upotrebi tokom obradbe razlikuju se: a) glavne ili naslone baze na koje se izradak pri obradbi neposredno naslanja, pa je tako određen položaj obrađivanih površina, b) baze za orijentaciju ili za namještanje prema kojima se pri obradbi namješta stroj, uređaj za stezanje ili alat i c) kontrolne baze prema kojima se provjerava postava izratka na stroju ili alata prema izratku.

Određivanje položaja izratka. Za konstruktora naprave najvažnija je glavna baza koja mora biti tehnološka baza, jer se tada neće pojaviti pogreška u položaju. Za potpuno određivanje položaja izratka u prostoru moraju se oduzeti šest stupnjeva slobode, i to tri mogućnosti pomaka uzduž osi prostornog koordinatnog sustava i tri mogućnosti zakretanja oko tih osi. Pri tom se ne smije zaboraviti da glavnu bazu čine jedna ili više ploha, linija ili točaka, već prema broju stupnjeva slobode koje treba oduzeti tokom obradbe.

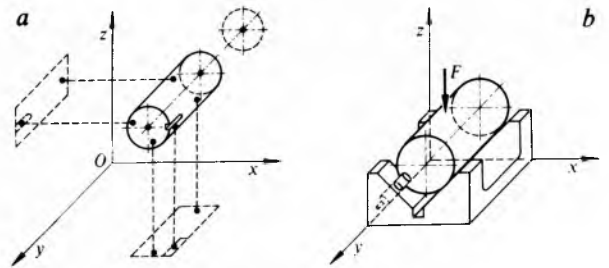
Izradak koji se obrađuje obično ima različite geometrijske definirane plohe (prizmatične, valjkaste, stožaste i sl. plohe). Zbog toga postoji nekoliko osnovnih načina za određivanje položaja izratka.

Prizmatični izradak postavljen u prostorni koordinatni sustav može se kretati uzduž osi x , y i z (sl. 2a) u oba smjera. Da bi se fiksirao njegov položaj, oduzeto mu je šest stupnjeva

slobode, i to tri u ravnini Oxy , dva u ravnini Oyz i jedan u ravnini Oxz . Izradak se tada ne može iz tog položaja pomaknuti djelovanjem sila F_1 , F_2 i F_3 (sl. 2b).



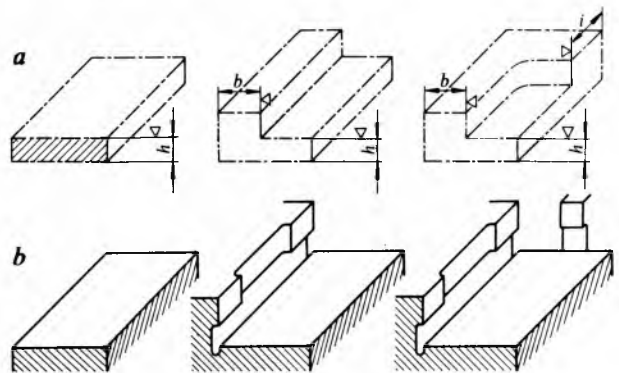
Sl. 2. Određivanje položaja prizmatičnog izratka. a položaj u prostornom koordinatnom sustavu, b djelovanje sila na izradak. Kružići označuju točke dodira (oslonca)



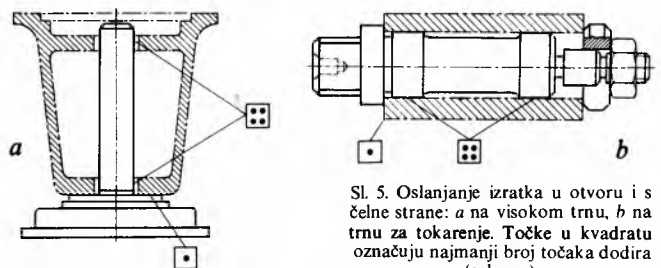
Sl. 3. Određivanje položaja valjkastog izratka. a položaj u prostornom koordinatnom sustavu, b djelovanje sila na izradak

Za postavljanje valjkastog izratka potrebno je odrediti pet stupnjeva slobode, i to po dva u ravninama Oxy i Oyz , a jedan u ravnini Oxz (sl. 3a). Za stezanje izratka dovoljna je sila F (sl. 3b).

Određivanje položaja izratka u napravi ovisi također o smjerovima obradbe, pa se primjenjuju sljedeće vrste oslanjanja: a) oslanjanje izratka na jednu, dvije ili tri plohe (sl. 4), b) oslanjanje po otvoru i s čelne strane (sl. 5a), te na steznom trnu za tokarenje (sl. 5b), c) oslanjanje s čelne strane i u otvoru na dugom trnu nije dobro jer je oslonac na četiri točke (sl. 6a), dok je oslonac na kratki trn povoljan jer kratki trn

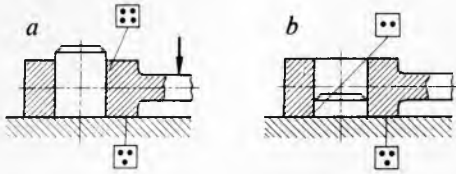


Sl. 4. Određivanje položaja izratka pomoću jedne, dvije i tri ravnine. a izradak, b ravnine oslanjanja

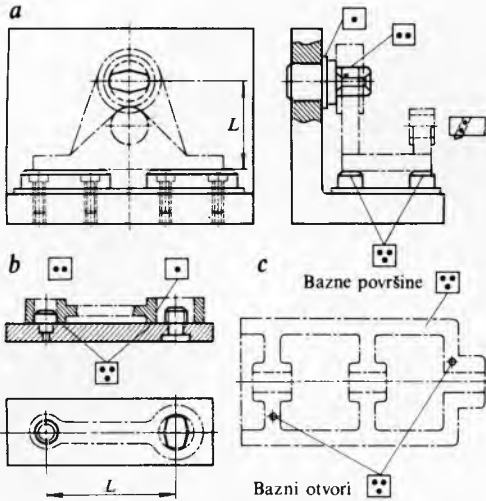


Sl. 5. Oslanjanje izratka u otvoru i s čelne strane: a na visokom trnu, b na trnu za tokarenje. Točke u kvadratu označuju najmanji broj točaka dodira (oslonca)

daje oslonac na dvije točke (sl. 6b), i d) oslanjanje na ravnu plohu i u otvorima (sl. 7).



Sl. 6. Oslanjanje izratka s čelne strane i u otvoru: a nepovoljno na visokom trnu, b povoljno na kratkom trnu



Sl. 7. Primjeri oslanjanja na ravnoj plohi i u otvorima

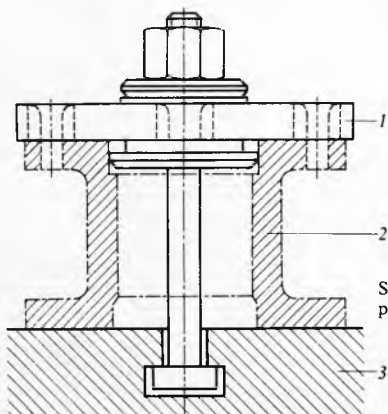
PROJEKTIRANJE I KONSTRUKCIJA NAPRAVA

Ispravno oblikovanje naprava prema utvrđenim načelima dovodi do tipizacije i standardizacije naprava (tabl. 1). Svakako da je opravdano upotrebljavati što više standardiziranih elemenata, a danas je moguće u gradnji naprava primijeniti najmanje 40-50% standardnih elemenata.

Pri projektiranju naprava treba uzeti u obzir broj izradaka u seriji, zahtijevanu točnost izradbe, troškove proizvodnje naprave i sl.

Nacrt i tehnološki postupak izradbe osnova su za konstrukciju naprave. Na tom se temelji izradba idejne skice, konstrukcija i radionički crteži sa svim pojedinostima.

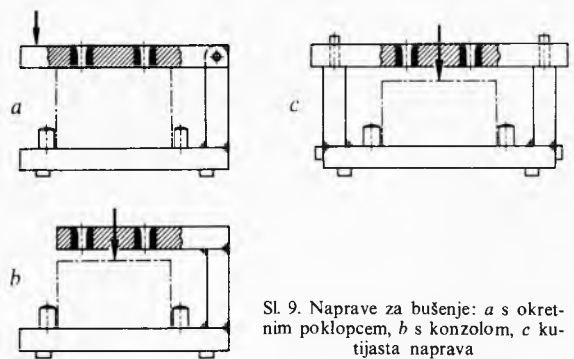
S obzirom na projektiranje naprave se mogu svrstati u dvije glavne skupine: stezne naprave i specijalne naprave. Prva vrsta naprava proizvodi se serijski kao pribor za alatne strojeve (npr. stezne čahure, strojni škripci, okrugli stolovi i sl.), a druga se vrsta naprava izrađuje samo za određeni izradak i za određeni redoslijed operacija (npr. bušenje, montaža, zavarivanje, mjerenje i sl.). Naprave za bušenje (sl. 8 i 9) najveća su skupina



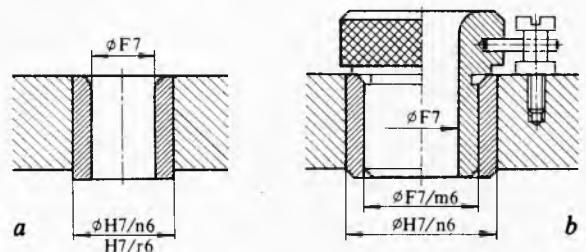
Sl. 8. Šablona za bušenje. 1 bušna ploča, 2 izradak, 3 stol bušilice

Tablica 1
STANDARDNI ELEMENTI NAPRAVA

Naziv	Standard	Skica
Narečkana podložna pločica s izrezom	JUS K.G3.070	
Kukasta podložna pločica	JUS K.G3.072	
Krilasti vijak za naprave	JUS K.G3.100 DIN 6301	
Narečkani vijak za naprave	JUS K.G3.105 DIN 6308	
Vijak s ručicom za naprave	JUS K.G3.110 DIN 6308	
Vijak s čvrstom polugom za naprave	JUS K.G3.115 DIN 6304	
Vijak sa slobodnom polugom za naprave	JUS K.G3.120 DIN 6306	
Vijak s pločicama za naprave	JUS K.G3.125 DIN 6309	
Viličasti vijak	JUS K.G3.130	



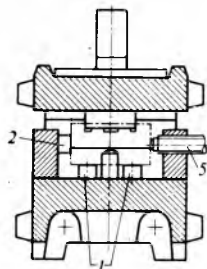
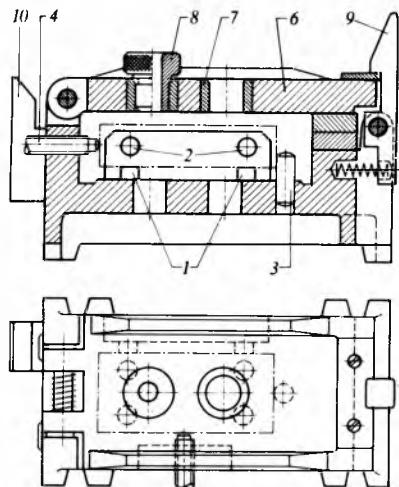
Sl. 9. Naprave za bušenje: a s okretnim poklopcem, b s konzolom, c kutijasta naprava



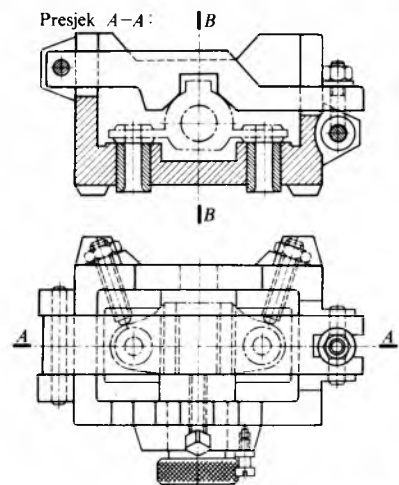
Sl. 10. Čahure ili vitke za vođenje svrdla: a čvrsta čahura, b izmjenjiva čahura sa zatikom i vijkom

naprava. U tim se napravama centrira i steže izradak, te se njima vodi svrdlo pomoću čvrstih (sl. 10a) ili izmjenljivih čahura (sl. 10b). Osim za bušenje, one se mogu upotrijebiti za proširivanje, razvrtavanje i narezivanje navoja. Vrlo se često izrađuju naprave s poklopcem za tipizirane izratke (sl. 11) koje se, kad su dovršene, spremaju u skladište. U njih se prije upotrebe ugrađuju elementi za centriranje.

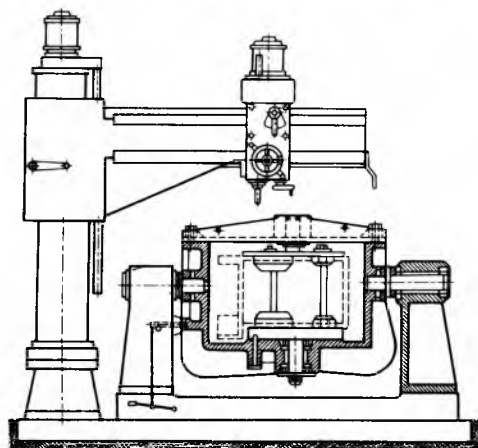
U okretnim napravama za bušenje (sl. 12) izradak se neposredno steže poklopcem, dok se za bušenje velikih i teških izradaka upotrebljavaju okretne naprave koje se postavljaju na stol radialne bušilice (sl. 13).



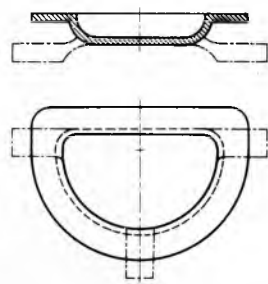
Sl. 11. Naprava za bušenje s poklopcem za tipizirane izratke različitih veličina. 1 i 2 oslonci, 3 graničnik, 4 i 5 stezni vijci, 6 poklopec, 7 osnovna vitka, 8 izmjenljiva vitka, 9 zatvarač, 10 graničnik poklopca



Sl. 12. Obrtjiva naprava za bušenje



Sl. 13. Okretna naprava za bušenje

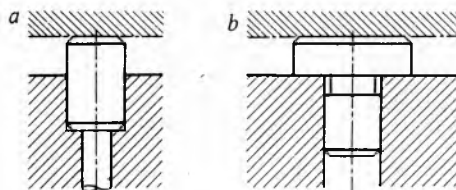


Sl. 14. Poklopec kućišta s dodatnim nožicama za stezanje

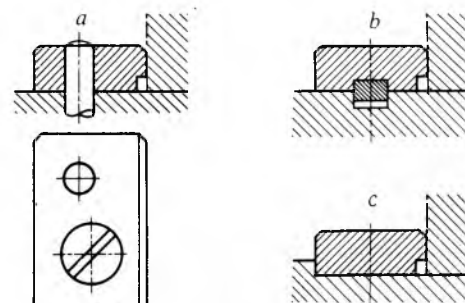
Konstruktor izratka mora posebnu pažnju posvetiti jednostavnosti obradbe. Često se, naime, može izradba ubrzati i pojednostavniti uz male promjene izratka ili njegova dijela. Primjer za pojednostavnjenje obradbe jest izradba poklopca (sl. 14). Tada se, naime, dodatkom nožica, koje se nakon obradbe uklanjaju, izradak može jednostavnije stegnuti pri obradbi.

Osnovni elementi za konstrukciju naprava. Zadatak je elementarna naprave utvrđivanje položaja i stezanje izratka. Izradak mora biti učvršćen i stegnut da bi obradba izratka bila točna i da bi se trajanje obradbe, osobito priprema, što više skratilo.

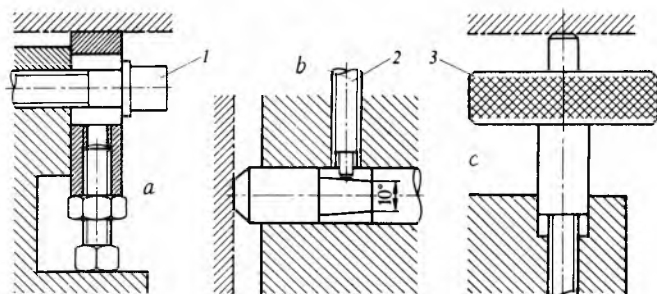
Elementi za određivanje položaja jesu oslonci i prislonci na koje se izradak u napravi oslanja i prislanja. Pri tom, međutim, položaj izratka u napravi nije još potpuno određen (sl. 15) ako se oslonci i prislonci ne nalaze u tri međusobno okomite ravnine. Oni moraju biti otporni prema trošenju, pa se zbog toga izrađuju od legiranih čelika. Oslonci i prislonci toplinski se obrađuju i bruse, a u napravama moraju biti tako ugrađeni da se mogu lako mijenjati i naknadno obrađivati. Postoje čvrsti oslonci i prislonci (sl. 16), ali i takvi kojih se položaj može prilagoditi potrebama (prilagodljivi oslonci i prislonci, sl. 17. i



Sl. 15. Oslonci. a zatik kao oslonac, b svornjak kao oslonac

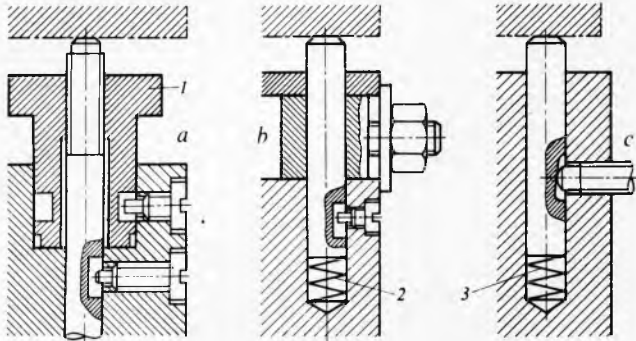


Sl. 16. Osiguranje prislonca: a sa dva zatika, b klinom, c prema potrebi

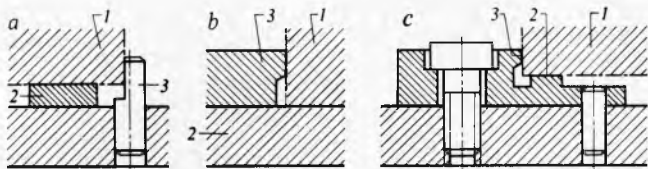


Sl. 17. Primjeri prilagodljivih oslonaca: a s vijkom 1, b s vijkom 2, c s vijkom 3

18). Kombinirani čvrsti oslonci i prislonci (sl. 19) osiguravaju se protiv prevrtanja, jer se mora osigurati međusobna okomitost ploha. Za grube neobrađene plohe upotrebljavaju se prilagodljivi oslonci.



Sl. 18. Razičite izvedbe prilagodljivih oslonaca: a s maticom 1, b s oprugom 2, c s oprugom 3

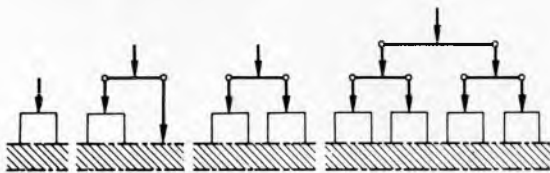


Sl. 19. Kombinirani oslonci i prislonci: 1 izradak, 2 oslonac, 3 prislonac

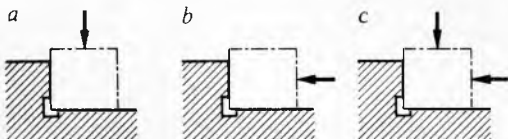
Elementi za stezanje služe za čvrsto spajanje izratka s napravom da bi se spriječilo pomicanje zbog djelovanja sila rezanja i obradbe. Izradak se može stegnuti neposredno ili preko raspodjeljivača pritiska na više izradaka (sl. 20). Da bi se spriječio pomak izratka u dva smjera, sila stezanja može biti usmjerena prema osloncu, prema prisloncu ili u oba smjera (sl. 21). Centrično stezanje prema osi izratka postiže se pomoću dviju ili više steznih čeljusti (sl. 22).

Na stezanje se postavljaju sljedeći zahtjevi: sigurnost, malo steznih mjesta, mala sila stezanja i kratki putovi stezanja i posluživanja.

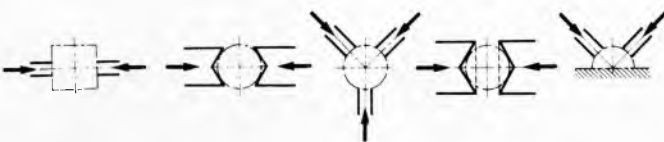
Stezanje snagom mišića ostvaruje se a) klinom, b) vijkom, c) steznom krivuljom i ekscentrom te d) steznom polugom. Primjena klina za stezanje vrlo je česta jer se stezanje osigurava samokočenjem, a postiže se pomoću jednostranog i dvostranog



Sl. 20. Jednostrano stezanje, neposredno ili preko raspodjeljivača

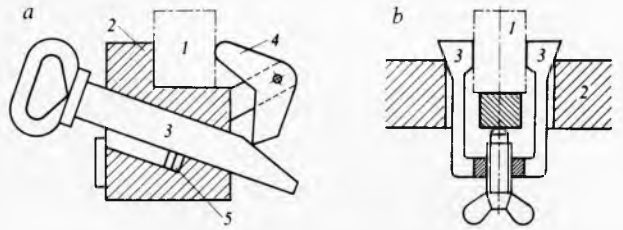


Sl. 21. Djelovanje sile stezanja: a prema osloncu, b prema prisloncu, c u oba smjera

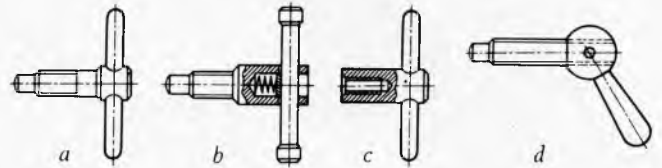


Sl. 22. Primjeri stezanja prema središtu

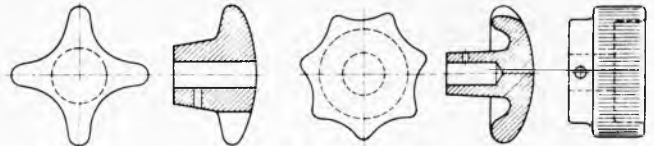
klina (sl. 23). Stezanje vijcima vrlo se često upotrebljava u napravama, jer djeluje sigurno i jednostavno. Umjesto običnih vijaka mogu se upotrijebiti vijci (sl. 24) i matice s ručicama (sl. 25) koje su standardizirane.



Sl. 23. Stezne naprave s klinom: a jednostrani ručni klin, b dvostrani klin s dodatnim vijkom; 1 izradak, 2 tijelo naprave, 3 klin, 4 stezna poluga, 5 zatik

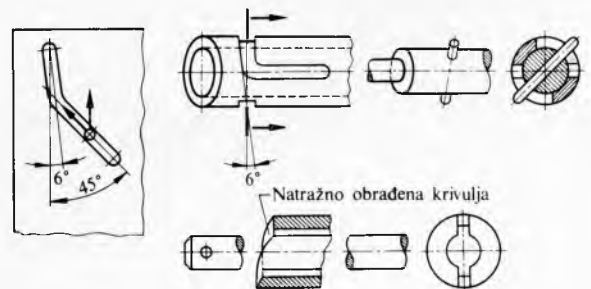


Sl. 24. Vijci i matice za stezanje

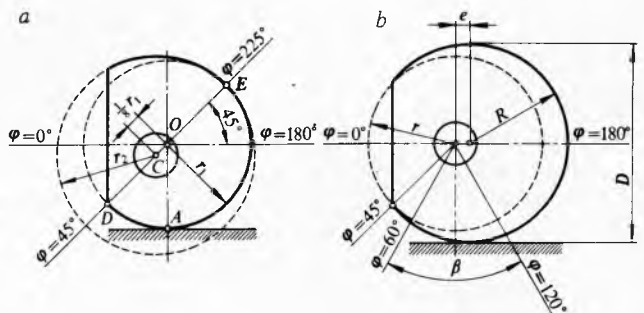


Sl. 25. Ručice za stezanje

Stezne krivulje i ekscentri vrlo su prikladni jer brzo stežu. Krivulja stezanja (sl. 26) gradi se prema potrebnom putu stezanja, a njezin kut ne smije biti veći od 6° ako se želi osigurati samokočnost. Prema načinu djelovanja ekscentri su stezne krivulje; njima se ostvaruje velika stezna sila na kratkom putu. Oni moraju djelovati samokočno u svim položajima. Upotrebljavaju se spiralni i kružni ekscentri. Spiralni ekscentri imaju kao osnovu logaritamsku ili Arhimedovu spiralu, ali se obično, da bi se pojednostavnila izradba, upotrebljavaju približne spirale.

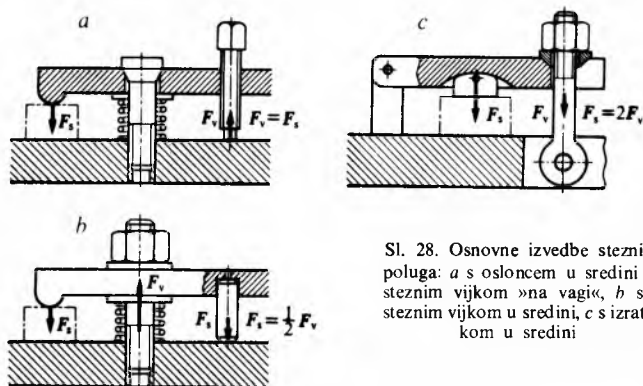


Sl. 26. Primjeri krivulja za stezanje



Sl. 27. Konstrukcije ekscentra: a praktična približna konstrukcija spiralnog ekscentra, b konstrukcija kružnog ekscentra

Iz točke O (sl. 27a) kao središta nacrti se kružnica s polumjerom $r_1 = AO$, pa se kroz točku O povuče pravac pod kutom od 45° , na koji se nanese duljina $r_1/8$ i tako se dobiva točka C iz koje se kao središta nacrti nova kružnica s polumjerom $r_2 = r_1 + r_1/8$. Krivulja je stezanja krivulja DAE s okretištem u točki C . Komplikirana izradba spiralnog ekscentra izbjegava se upotrebom kružnog ekscentra (sl. 27b). On ima okretište pomaknuto za ekscentričnost e . Taj ekscentar steže samo u području do kuta $\varphi = 180^\circ$, dok se za veće vrijednosti kuta ekscentrom smanjuje stezanje. Kad je omjer između polu-



Sl. 28. Osnovne izvedbe steznih poluga: a s osloncem u sredini i steznim vijkom »na vagi«, b sa steznim vijkom u sredini, c s izratkom u sredini

mjera R i ekscentričnosti e veći od 10, ekscentar djeluje samo-kočno u svim položajima do kuta $\varphi = 180^\circ$. Kružni ekscentri izrađuju se kao tlačni i natezni, a standardizirani su za promjere $D = 32 \dots 70$ mm i ekscentričnosti $e = 1,7 \dots 3,5$ mm.

Stezne poluge služe za stezanje izratka u napravi ili na stolu alatnog stroja (sl. 28).

Ostali konstrukcijski elementi. Za gradnju naprava potrebni su neki specifični elementi, i to: a) diobeni elementi, b) elementi za fiksiranje, c) vođice za vođenje alata, d) mjerila za namještanje reznog alata, e) elementi za sastavljanje dijelova, f) kučište naprave i g) nožice, zatvarala, izbacivala i sl.

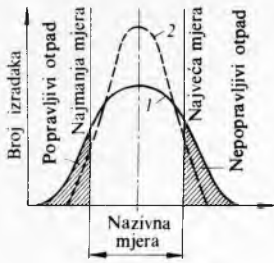
Neki od tih dijelova standardizirani su standardima JUS, a većina standardima DIN, GOST i dr.

Točnost izradbe naprava. Serijska proizvodnja zahtijeva zamjenljivost dijelova. Taj zahtjev pokazuje na značenje i vrijednost naprave. Ako se proizvodi više izradaka, moći će se odrediti raspodjela izradaka prema odstupanju od točne mjere (sl. 29). Najčešće najviše izradaka imaju odstupanja u području nazivne mjere, ali ima izradaka koji imaju manju, odnosno veću mjeru od nazivne. Izraci koji imaju manju mjeru spadaju u nepopravljivi otpad, a oni s većom mjerom u popravljivi otpad. Zadatak je naprave da otpad bude što manji i da tolerancije mjerâ proizvoda odgovaraju užoj krivulji na sl. 29. Najčešće netočnosti nastaju zbog netočnosti elemenata za određivanje položaja i za stezanje. S obzirom na to da se pogreške zbrajaju,

Tablica 2

VODIČ ZA SISTEMATSKO PROJEKTIRANJE I KONSTRUIRANJE NAPRAVA (prema sl. 35)

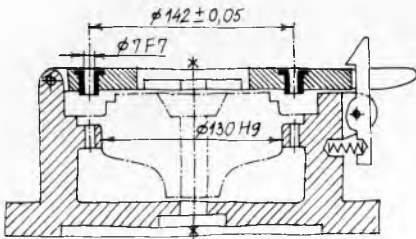
Izradak: Ploča zupčanika (sl. 31)	Plan rada: Bušenje i razvrtavanje dviju rupa $\phi 12$ H7			Materijal: SL 15		Broj komada godišnje: 500
Operacije i faze	izratka	alata	Stvarni odnosi između naprave i držala stroja i mjerjenja			čovjeka
1 Ulaganje izratka	Za lakše umetanje predviđena je podložna letva (5)	×	×	×	×	Može se slobodno umetnuti sa strane
2 Određivanje položaja izratka	Određiti u tri ravnine	Izmjenljiva vitka (10) u osnovnoj vitki (9)	×	×	×	×
3 Oslanjanje izratka	na letvu (5)	×	×	×	×	×
4 Stezanje izratka	s dvije strane: izradak ne smije biti prestegnuto	×	×	×	×	Dio 7 steže izradak na oslonce (8), a dio 2 steže ga uz graničnik (4)
5 Obradivanje izratka	×	Svrđlo $\phi 11,7$; razvrtalo $\phi 12$ H7	Brzoizmjenljiva ili glava za bušenje	dvovretena bušilica	Mjerni trn	×
6 Otpuštanje izratka	×	×	×	×	×	Otpuste se vijci 2 i 6 i zakrene stezalo 7
7 Vadenje izratka	×	×	×	×	×	Vadi se slobodno sa strane. Utor u letvi (5) služi da izradak ne zapne srhom nastalim od bušenja
8 Hlađenje	×	×	×	×	×	×
9 Odvođenje strugotine	×	Razmak $h = 0,5d$ omogućuje odvođenje strugotine	×	×	×	Odvodi se sa tri strane. Pri umetanju izradak potiskuje strugotinu niz kosinu podložne letve (5)
10 Zaštita od nezgoda	×	×	×	×	×	Učvrstiti napravo protiv zakretanja i podizanja pomoću graničnika
11 Zaštita od oštećenja	Zakaliti bočne i donje oslonce i podloge	Osigurati izmjenljive vitke protiv okretanja i podizanja JUS K.G3.342	×	Učvršćenje naprave	×	×
12 Utjecaj umora	×	×	×	×	×	×
13 Ekonomičnost (broj komada, tolerancije)	Uzeti u obzir osnovni proračun	×	×	×	×	×



Sl. 29. Prikaz točnosti izratka pomoću Gaussove krivulje raspodjele

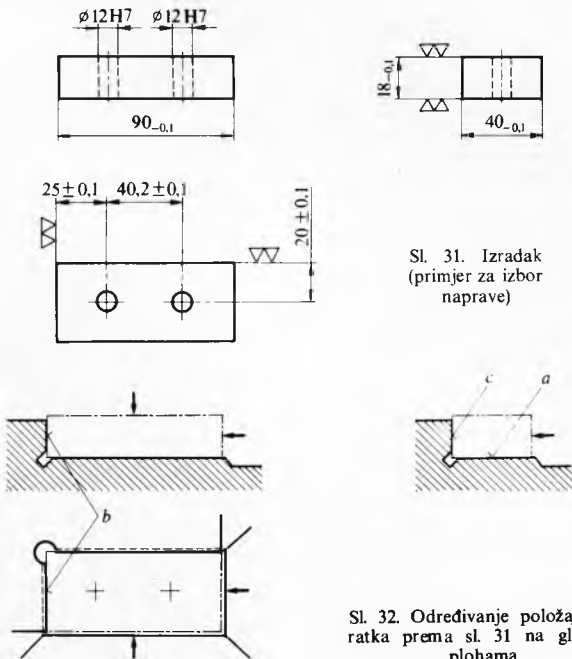
može se postaviti opće pravilo da točnost izradbe elemenata, koji se dodiruju u montiranoj napravi i koji utječu na točnost obradbe izradaka, treba da bude takva da dopuštene tolerancije budu upola manje.

Konstrukcija naprave. Na osnovi definiranog tehnološkog postupka za izradbu proizvoda izrađuje se idejna skica naprave (sl. 30) koja se crta prostoručno. Na obradbu izratka u napravi utječe više činilaca koji djeluju na oblikovanje naprave. Među te činioce mogu se ubrojiti: alat, držalo alata, alatni stroj, mjerna sredstva i, konačno, čovjek koji posluhuje napravo. Pri projektiranju naprave treba uzeti u obzir umetanje izratka, mogućnost određivanja položaja, oslanjanje, stezanje, obrađivanje itd. U tabl. 2 navedene su smjernice za projektiranje i konstruiranje naprava.



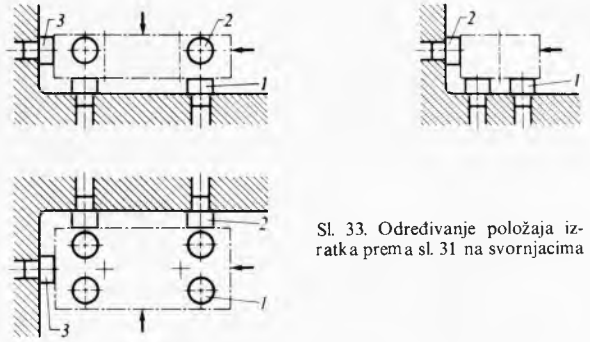
Sl. 30. Idejna skica naprave

Primjer je projektiranja naprave za proizvodnju izratka na sl. 31, na kojemu treba izbušiti dva provrta i pri tom održati točnost označenu na crtežu. U projektu treba u prvom redu odrediti položaj izratka u napravi. To se može osigurati trima glatkim ploham (a, b i c na sl. 32), ali je povoljnije predvidjeti oslanjanje na svornjake jer se tada odmah može ustanoviti da li smeta neka strugotina i da li se izradak točno oslonio (sl. 33). Na izbor mjesta za stezanje utječe smjer sile za stezanje i smjer umetanja izratka. Predviđeno je stezanje dvama steznim



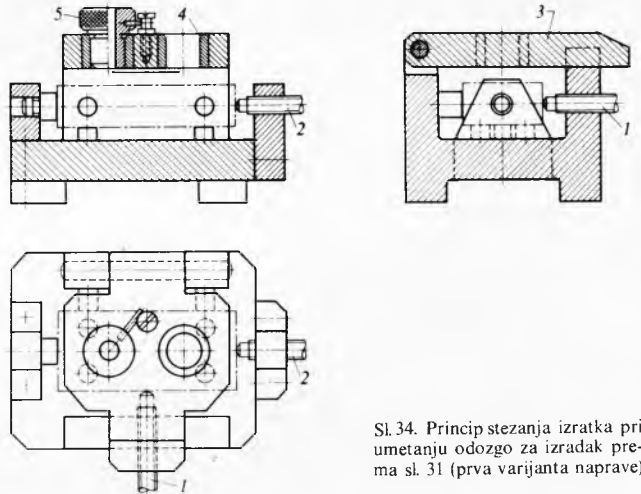
Sl. 31. Izradak (primjer za izbor naprave)

Sl. 32. Određivanje položaja izratka prema sl. 31 na glatkim ploham

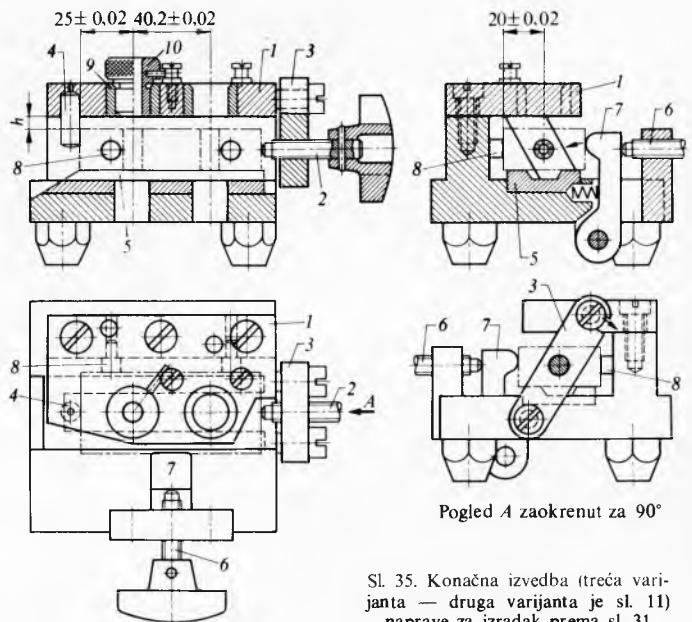


Sl. 33. Određivanje položaja izratka prema sl. 31 na svornjacima

vijcima (sl. 34). Za vođenje svrdla ugrađene su osnovna i izmjenljiva vitka. Kao druga varijanta razmatrana je mogućnost upotrebe standardnog ormarića za bušenje (sl. 11), ali je ustanovljeno da ne zadovoljava svim zahtjevima. Zbog toga je razrađena i treća, poboljšana varijanta naprave (sl. 35). U tu napravo izradak se umeće sa strane, a dio za vođenje alata (1) pričvršćen je vijcima i osiguran. Stezni vijak (2) nalazi se na mosnom zatvaraču (3). Izradak se oslanja na letvu (5) s utorom, da ne bi srh na provrtu ometao vađenje izratka. Granični zatik (4) postavljen je u napravi odozgo, što osigurava jednostavnije odvođenje strugotine. Stezni vijak (6) steže preko stezala (7) uz oslonce (8).



Sl. 34. Princip stezanja izratka pri umetanju odozgo za izradak prema sl. 31 (prva varijanta naprave)



Sl. 35. Konačna izvedba (treća varijanta — druga varijanta je sl. 11) naprave za izradak prema sl. 31

Nakon što je izrađen projekt naprave, konstruira se sastavni crtež. Crtež naprave (radionički crtež) izrađuje se oko ucrtanog izratka obično u mjerilu 1 : 1, pa se prema funkciji sistematičnim redom crtaju dijelovi naprave u nekoliko razvojnih stupnjeva da bi se konačno nacrtala cjelokupna naprava.

Primjer takva postupka za konstrukciju naprave za bušenje i obradbu rupa prikazan je na sl. 36. Naprava treba poslužiti da se na izratku (ručka, sl. 36 a) obrade rupe od $\phi 14$, $\phi 20$, $\phi 20 H7$ i M 12, dok je rupa $\phi 32 H7$ već obrađena u prethodnoj operaciji.

U prvom stupnju konstrukcije naprave (sl. 36 b) ucrtane su na užem kraju izratka: a) vitka (16) za bušenje otvora $\phi 14$, b) osnovna vitka (14) za izmjenjive vitke (9, 10 i 11) koje služe za bušenje otvora $\phi 14$, za proširivanje tog otvora na $\phi 19,8$ i za razvrtavanje na $\phi 20 H7$. Na širem kraju izratka ucrtana je osnovna vitka (15) za izmjenjive vitke (12 i 13) za bušenje otvora $\phi 10$ i $\phi 20$.

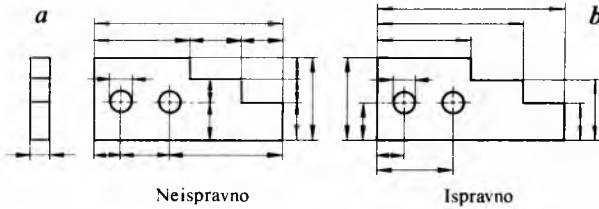
U drugom stupnju konstrukcije naprave (sl. 36 c) ucrtani su elementi za centriranje i fiksiranje izratka. Na širem je kraju izratka trn (2) koji dosjedja u rupu $\phi 32 H7$, gdje je pritegnut maticama (23), a uži se kraj izratka podupire podesivim osloncem (3) i sa strane prislanja na vijak (18).

U trećem stupnju konstrukcije naprave (sl. 36 d) dodana je na užem kraju izratka stezna poluga (4) koja se može zakretati oko vijka (5). Stezna poluga fiksira uži kraj izratka, a kad se ta poluga popusti i zakrene, izradak se može zakrenuti oko trna (2) i izvaditi, odnosno umetnuti u napravo.

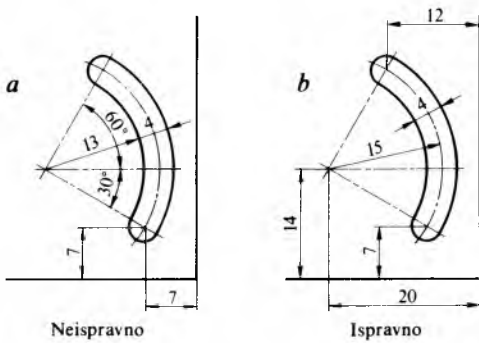
U četvrtom, posljednjem stupnju konstrukcije naprave (sl. 36 e) svi se ucrtani elementi međusobno povežu kucištem u jednu cjelinu.

Kotiranje radioničkih crteža. Kotiranjem na crtežu označuju se mjere prikazanog predmeta. Sve mjere moraju biti na crtežu, a svaku mjeru treba samo jednom unijeti. Tim se, naime, izbjegava mogućnost da se pri eventualnoj izmjeni zaboravi izmjena nekih dimenzija. U crtež ne treba unositi mjere koje nije moguće mjeriti, odnosno koje nije moguće prilikom izradbe neposredno utvrditi. Kotiranje mora biti takvo da radnik može obraditi predmet brzo i jednostavno, te da postoji mogućnost mjerenja svega onoga što je prema crtežu izrađeno, radi kontrole svoga rada. Radnik ne smije kontrolirati svoj rad izračunavanjem

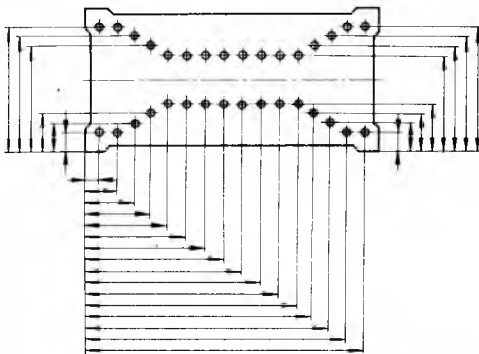
kota. Kote moraju biti postavljene bez ponavljanja (sl. 37), a moraju biti izračunate prema koordinatnim osima (sl. 38). Izratke s mnogo provrta treba kotirati prema načelu koordinatnog sustava (sl. 39).



Sl. 37. Primjer kotiranja crteža: a loše (16 kота), b dobro (10 kота)

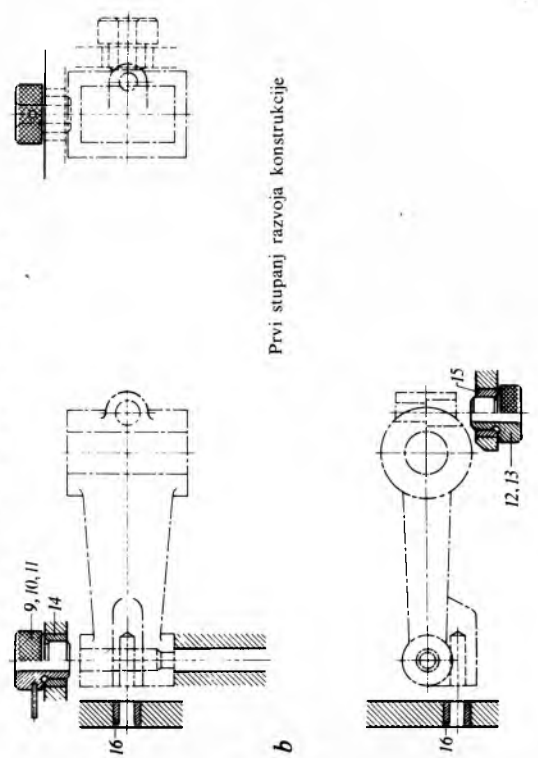


Sl. 38. Primjer kotiranja crteža: a loše, b dobro



Sl. 39. Kotiranje bušne ploče

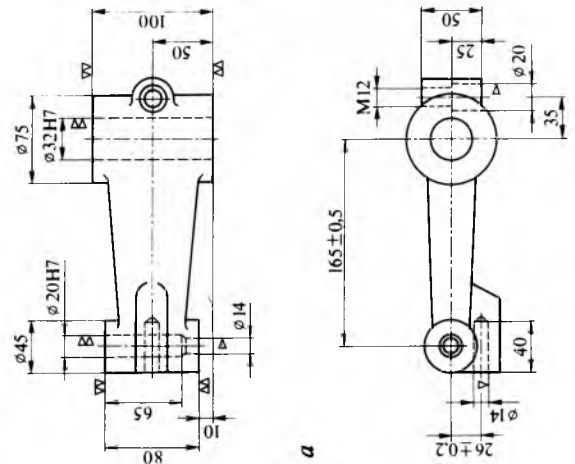
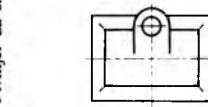
Sl. 36. Primjer za sistematski razvoj konstrukcije ormarica za bušenje i obradbu rupa od $\phi 14$, $\phi 20$, $\phi 20 H7$ i M 12



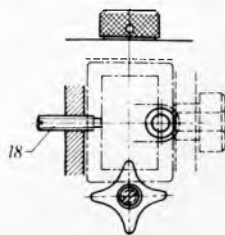
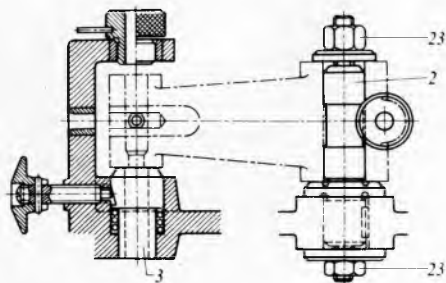
Prvi stupanj razvoja konstrukcije

b

Izradak

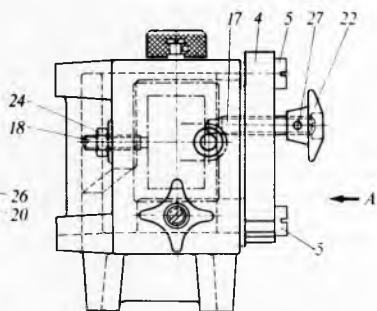
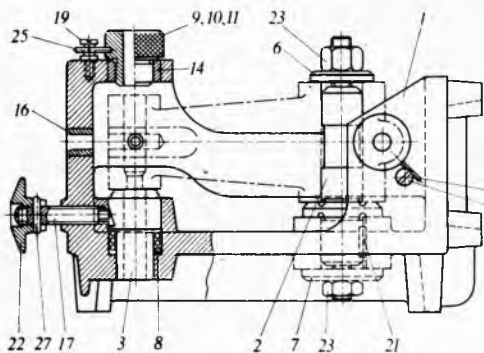
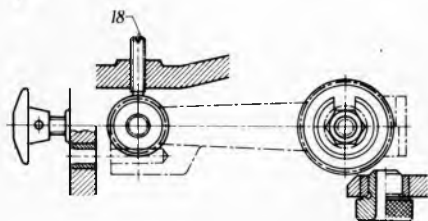


a

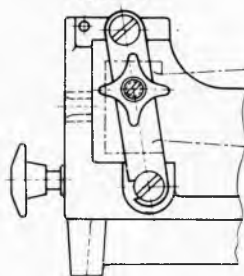
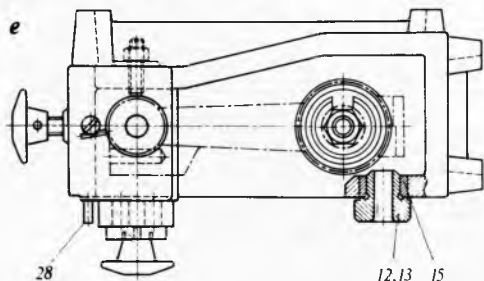


c

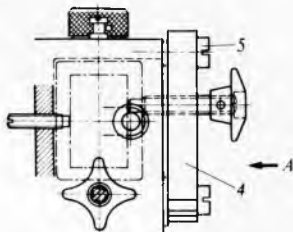
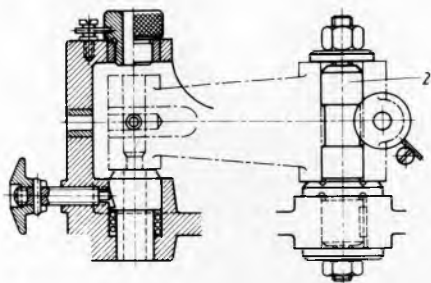
Drugi stupanj razvoja konstrukcije



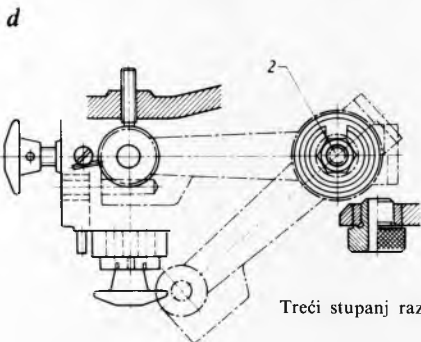
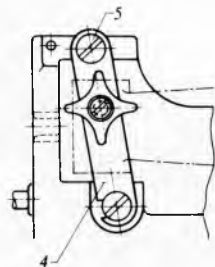
Pogled A:



Konačna konstrukcija



Pogled A :



Treći stupanj razvoja konstrukcije

Kom.	Naziv	Poz.	Materijal	Primjedba
1	Kučičte	1	Sivi lijev SL 15	
1	Trn	2	Č.1220	cementirano
1	Podesivi oslonac	3	Č.1220	cementirano
1	Stezna poluga	4	Č.0645	
2	Vijak s cilindričnom glavom	5	Č.0645	
1	Sigurnosna podložna pločica	6	Č.1220	cementirano
1	Podložna pločica	7	Č.0645	JUS M.B2.011
1	Opruga	8	čelik za opruge	
1	Izmjenljiva vitka	9	Č.1220	JUS K.G3.342
1	Izmjenljiva vitka	10	Č.1220	JUS K.G3.342
1	Izmjenljiva vitka	11	Č.1220	JUS K.G3.342
1	Izmjenljiva vitka	12	Č.1220	JUS K.G3.342
1	Izmjenljiva vitka	13	Č.1220	JUS K.G3.342
1	Osnovna vitka	14	Č.1220	JUS K.G3.340
1	Osnovna vitka	15	Č.1220	JUS K.G3.340
1	Osnovna vitka	16	Č.1220	JUS K.G3.340
2	Uvrtni vijak za stege	17		JUS M.B1.292
1	Uvrtni vijak za stege	18		JUS M.B1.292
1	Vijak s vijencem	19		JUS K.G3.342
1	Vijak s vijencem	20		JUS K.G3.342
1	Pero (klin bez nagiba)	21		JUS M.C2.060
2	Križna ručica	22		JUS K.G3.251
2	Šesterostrana matica	23		JUS M.B1.605
1	Šesterostrana matica	24		JUS M.B1.601
1	Cilindrični zatik	25		JUS M.C2.204
1	Cilindrični zatik	26		JUS M.C2.204
2	Cilindrični zatik	27		JUS M.C2.204
1	Cilindrični zatik	28		JUS M.C2.204

cementirano, brušeno izvana i iznutra

A 19,7 × 30
A 20 × 30
A 14 × 30
A 20 × 30
A 10 × 20
30 × 20
30 × 20
14 × 16

6 m6 × 24
6 m6 × 20

Sile u napravama. Potrebne sile stezanja u napravama ovise o silama rezanja i trenja, te o zakretnim momentima koji djeluju u napravi. Radi sigurnosti treba izračunati sile povećati koeficijentom sigurnosti ($m = 1,5 \dots 2,5$), pa s tako povećanim silama dimenzionirati napravo. Za veće naprave računa se s većim koeficijentom sigurnosti.

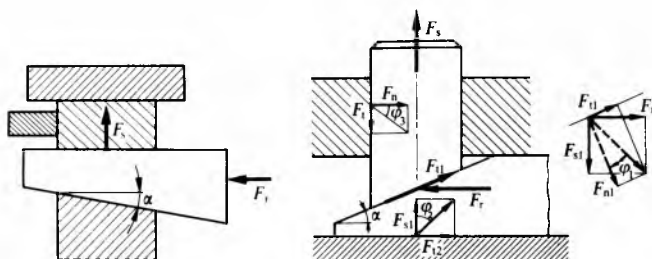
Sila stezanja pomoću klinova. Ako se izradak neposredno steže klinom (sl. 40), stezna sila iznosi

$$F_s = \frac{F_r}{\tan(\alpha + 2\varphi)}, \quad (1)$$

gdje je F_r sila na klin, α nagib klina, a φ kut trenja. Ako se, međutim, izradak steže posredno klinom preko klipa (sl. 41), stezna sila iznosi

$$F_s = \frac{F_r}{\tan(\alpha + \varphi_1) + \tan\varphi_2} [1 - \tan(\alpha + \varphi_1)\tan\varphi_3], \quad (2)$$

gdje su φ_1 , φ_2 i φ_3 kutovi trenja naznačeni na sl. 41.



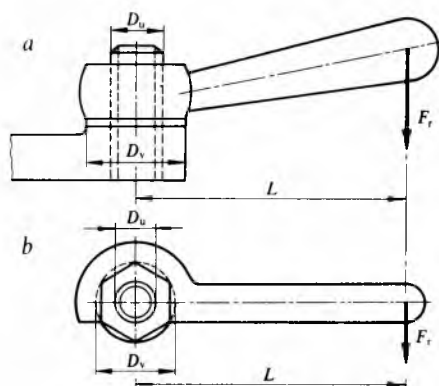
Sl. 40. Stezanje klinom neposredno na izradak

Sl. 41. Posredno stezanje klinom preko klipa

Sila stezanja pomoću vijaka. Stezati se vijkom može pomoću ručke i ključa (sl. 42). Tada se sila stezanja izračunava pomoću izraza

$$F_s = \frac{F_r}{r_m \left[\tan(\alpha + \varphi) + 0,32\mu \frac{D_v^3 - D_u^3}{D_v^2 - D_u^2} \right]}, \quad (3)$$

gdje je r_m srednji polumjer vijka, D_u i D_v su promjeri prikazani na sl. 42, α je kut uspona vijka, φ kut trenja u navoju, a μ koeficijent trenja na dodirnoj steznoj plohi.



Sl. 42. Stezanje ručkom (a) i ključem (b)

Sila stezanja na čelnoj plohi tlačnog dijela vijka ovisi o njegovu obliku i o dodirnoj površini za vrijeme stezanja. Za vijak na sl. 43a sila stezanja dobiva se iz izraza

$$F_s = \frac{F_r}{r_m \left[\tan(\alpha + \varphi) + 0,33\mu \frac{D_v^3 - D_u^3}{D_v^2 - D_u^2} \right]}, \quad (4)$$

za vijak na sl. 43 b iz izraza

$$F_s = \frac{F_r}{r_m [\tan(\alpha + \varphi) + 0,33\mu d]}, \quad (5)$$

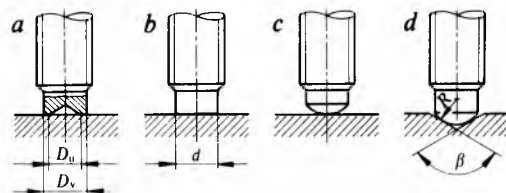
gdje je d promjer dodirne plohe, za vijak na sl. 43 c iz izraza

$$F_s = \frac{F_r}{r_m \tan(\alpha + \varphi)}, \quad (6)$$

a za vijak na sl. 43 d pomoću izraza

$$F_s = \frac{F_r}{r_m [\tan(\alpha + \varphi) + R\mu \cot(\beta/2)]}, \quad (7)$$

gdje su R i β veličine označene na sl. 43 d.



Sl. 43. Stezne površine s različitim oblicima završetka vijaka

Sila stezanja pomoću ekscentra. Spiralni ekscentar može se izraditi natražnim tokarenjem (sl. 44). Tada se uspon spirale izračunava iz izraza

$$h = D\pi \tan\alpha, \quad (8)$$

gdje je D promjer ekscentra, a α kut nagiba. Ako je $\alpha \approx 4^\circ$, tada je uspon spirale

$$h = 0,22D. \quad (9)$$

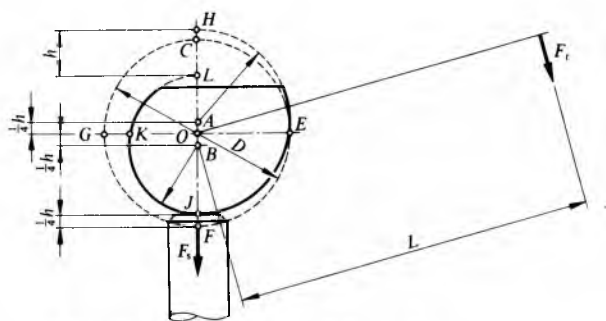
Sila stezanja određuje se iz izraza

$$F_s = \frac{2F_r L}{D} \eta \cot\alpha, \quad (10)$$

gdje je L krak na kojem djeluje sila F_r , a η iskoristivost, koja se izračunava iz izraza

$$\eta = \frac{\tan\alpha}{\tan(\alpha + 2\varphi)}, \quad (11)$$

gdje je φ kut trenja.



Sl. 44. Natražno tokareni spiralni ekscentar

Sila stezanja za kružni ekscentar (sl. 45) dobiva se iz relacije

$$F_s = \frac{F_r L}{R_1 [\tan(\alpha + \varphi_1) + \tan\varphi_2]}, \quad (12)$$

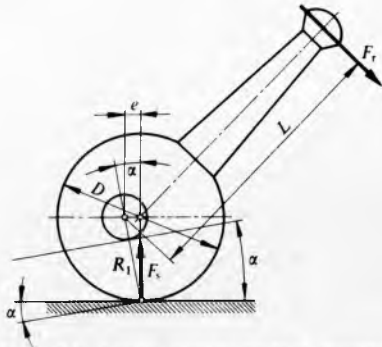
gdje je za $\beta = 75^\circ$

$$R_1 = \frac{0,5D + e \sin\beta}{\cos\alpha}, \quad (13)$$

U tabl. 3 nalaze se podaci o dimenzijama ekscentra i o sili stezanja.

Tablica 3
SILA STEZANJA EKSCENTROM

Dimenzije ekscentra			Sila stezanja F_s
Promjer D	Duljina ručke L	Ekscentričnost e	
40	75	2	190
50	90	2,5	184
60	130	3	220
65	90	3,5	140
80	130	5	160
100	150	6	150



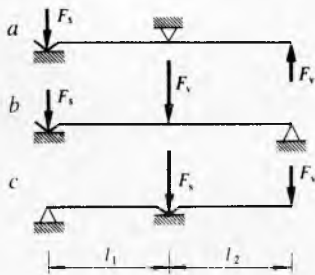
Sl. 45. Sila stezanja pomoću kružnog ekscentra

Sile stezanja pomoću steznih poluga. Iz konstrukcije na sl. 28 sile stezanja ovise o rasporedu sile (sl. 46). Ako su sile raspoređene prema sl. 46 a, sila stezanja dobiva se iz izraza

$$F_s = \frac{l_2}{l_1} F_r; \text{ za } l_1 = l_2 \text{ je } F_s = F_r, \quad (14)$$

za raspored sile prema sl. 46 b iz izraza

$$F_s = \frac{l_2}{l_1 + l_2} F_r; \text{ za } l_1 = l_2 \text{ je } F_s = \frac{1}{2} F_r, \quad (15)$$



Sl. 46. Položaj sile za proračun steznih poluga

Tablica 4
VRSTE LIJEVANOG ŽELJEZA ZA NAPRAVE

Nazivi dijelova naprave	Vrste materijala		Primjedba
	Standard	Oznaka	
Temeljne ploče, tijela, okviri, ormarići, poklopci, letve za vođenje, tijela za ležaje, podloge	Sivi lijev JUS C.J2.020	SL 00 SL 14 SL 18 SL 22 SL 26	Samo za dijelove bez opterećenja na savijanje i vlak
Tijela, okviri, ormarići, poklopci, klinovi	Čelični lijev JUS C.J3.001	ČL.0345 ČL.0445 ČL.0545	Samo za dijelove s ublaženim opterećenjem na savijanje i vlak
Okviri, stezne poluge, ručne poluge	Kovkasti lijev JUS C.J2.021	BTeL 35 BTeL 38	Samo za tanke dijelove koji treba da budu žilavi

a za raspored sile prema sl. 46 c iz izraza

$$F_s = \frac{l_1 + l_2}{l_1} F_r; \text{ za } l_1 = l_2 \text{ je } F_s = 2F_r. \quad (16)$$

Materijali za izradbu naprava. Naprave se izrađuju od lijevanog željeza (tabl. 4) i od čelika (tabl. 5). Svi dijelovi naprave koji se troše moraju se zakaliti. Za te dijelove upotrebljava se čelik za cementiranje i legirani alatni čelik.

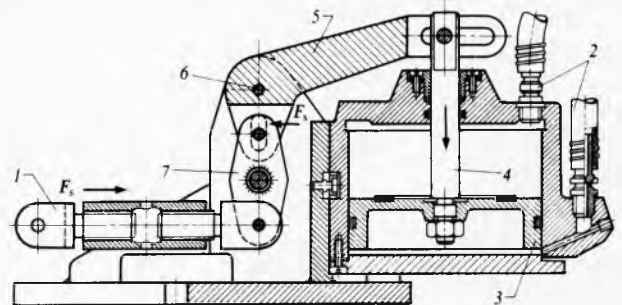
Tablica 5
VRSTE ČELIKA ZA NAPRAVE

Nazivi dijelova naprave	Vrste materijala		Primjedba
	Standard	Oznaka	
Okviri, ormarići, poklopci, stezni most, stezne poluge, varena tijela naprava, vijci, vodeći stupovi, matice, zatici, klinovi, podložne pločice, letve	Valjani i vučeni konstrukcijski čelici JUS C.B0.500	Č.0000 Č.0210 Č.0300 Č.0345 Č.0400	Profilna i pločasta željeza za vučene i valjane komade; za zavarene dijelove
Ekscentri, prizme, stezne čahure, noge		Č.0400 Č.0545 Č.0645 Č.0745	Za visokopterećene dijelove na vlak i savijanje gdje je potrebna velika žilavost
Klizni kameni, prizme, bregovi, krivulje, diobene ploče, fiksatori, stezne čeljusti, bušne vitke šablone, stezni vijci, nasloni zatici	Čelik za cementiranje JUS C.B9.020	Č.1220	Za dijelove koje je potrebno kaliti: mogu se zavarivati samo Č.1220 i Č.1330
	Čelici za poboljšavanje JUS C.B9.021	Č.1330 Č.1430 Č.1530 Č.4730 Č.4731	

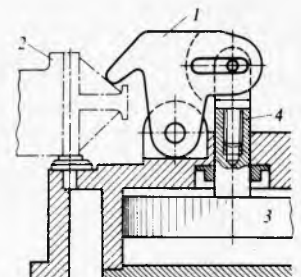
PNEUMATSKE I HIDRAULIČKE NAPRAVE

Naprave sa stezanjem pomoću komprimiranog zraka sve se više upotrebljavaju u metaloprerađivačkoj industriji. Prema načinu upotrebe razlikuju se dodatni i nedjeljivi pneumatski uređaji.

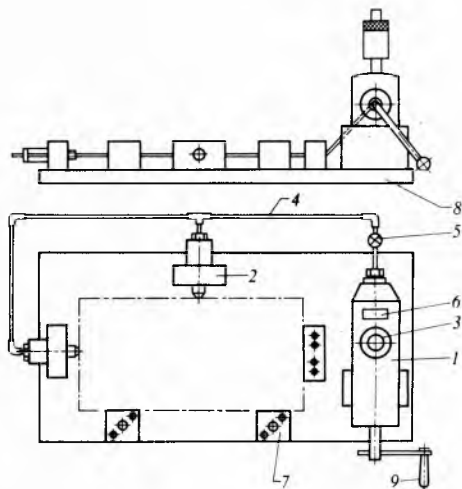
Dodatni pneumatski uređaj (sl. 47) dodaje se napravi da izvrši neku operaciju, npr. stezanje, a zatim se demontira i postavlja na drugu napravu.



Sl. 47. Uređaj s cilindrom za komprimirani zrak koji se pridodaje napravi. 1 poluga za prijenos tlačne sile, 2 dovodi zraka, 3 stap, 4 stapajica, 5 prijenosna poluga, 6 okretište (čvrsta točka), 7 prijenosna međupoluga



Sl. 48. Radni cilindar za komprimirani zrak nedjeljiv od naprave. 1 poluga za prijenos tlačne sile, 2 izradak, 3 stap, 4 stapajica



Sl. 49. Naprava s uređajem za hidrauličko stezanje. 1 pumpa, 2 radni cilindar, 3 cilindar za stvaranje i održavanje tlaka, 4 cjevovod za ulje, 5 tlačni ventil, 6 manometar, 7 graničnici, 8 temeljna ploča, 9 ručica

Nedjeljivi i pneumatski uređaj (radni cilindar) ugrađen je u napravu (sl. 48).

Naprave s hidrauličkim stezanjem (sl. 49) također se sve više upotrebljavaju. Potrebni tlak tekućine (najčešće ulja) dobiva se pomoću dvostepene vijčane pumpe.

LIT.: A. Abendroth, Die Vorrichtung in Maschinenbau. VEB Carl Marhold Verlag, Halle 1958. — I. Hercigonja, Tehnička priprema proizvodnje. Privredni pregled, Beograd 1963. — M. A. Ancepov, Приспособления для металлообрабатывающих станков. Машиностроение, Москва 1964. — H. E. Scheibe, A. Waschinger, Hilfsbuch für Vorrichtungen-Konstrukteure und Werkzeugmacher. Verlag Richard Carl Schmidt und Co., Braunschweig-Berlin 1968. — B. Rebec, Naprave. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb 1978. — S. Margić, Radne naprave. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb 1980. — H. Mauri, Vorrichtungen II. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1981.

B. Rebec

NATRIJ (Natrium, Na), kemijski element s atomskim brojem 11 i relativnom atomskom masom 22,98977, drugi po redu u IA skupini periodskog sustava elemenata. Jedinj stabilni i prirodni izotop natrija jest ^{23}Na . Važniji nestabilni izotopi natrija svrstani su u sljedećem nizu prema rastućoj masi atoma, a vrijeme poluraspada u zagradi izraženo je u sekundama (s), satima (h) i godinama (god.): ^{20}Na (0,39 s), ^{21}Na (23 s), ^{22}Na (2,602 god.), ^{24}Na (15,0 h), ^{25}Na (60 s) i ^{26}Na (1,04 s). Od tih umjetnih izotopa veću primjenu ima izotop ^{24}Na , koji se upotrebljava kao radioaktivni obilježivač u industriji i medicini.

Elektronska konfiguracija natrija ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$) pokazuje da natrij ima u temeljnom stanju popunjenu prvu i drugu elektronsku ljusku, a u trećoj ljusci ima nespareni elektron u orbitali s poput ostalih članova IA skupine periodskog sustava elemenata ili skupine alkalijskih metala. Zbog toga natrij, kao i ostale alkalijske kovine, pokazuje izrazitu sklonost da otpusti jedan elektron, pri čemu poprima elektronsku konfiguraciju plemenitog plina neona. To znači da je elektronegativnost natrija relativno niska, a valencija i oksidacijski broj natrija u kemijskim su spojevima uvijek +1.

U svjetskoj kemijskoj literaturi postoji zbog povijesnog naslijeđa dvojni naziv za natrij, koji se u njemačkoj literaturi naziva *natrium*, a u engleskoj i francuskoj literaturi *sodium*. Ta dva naziva potječu iz daleke prošlosti. Već prorok Jeremija u Starom zavjetu spominje tvar *neter* kao sredstvo za pranje, a to su zapravo bili spojevi natrija. Tu su tvar stari Egipćani nazivali *soda*, grčki filozof Aristotel i liječnik Dioskorid *nitron*, rimski pisac Plinije Stariji *nitrum*. Arapski alkemičari promijenili su latinski naziv *nitrum* u *natron*, dok je naziv *soda* upotrebljavao arapski alkemičar Geber (pravo ime Džabir ibn Hajjan) i taj se naziv nalazi zapisan u spisima iz VIII st. (kod Gebera) te iz XIV i XV st. Pronalazač elementarnog natrija Sir H. Davy odlučio se za naziv *sodium*, dok je švedski kemičar J. J. Berzelius preuzeo naziv *natrium*.

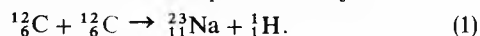
Engleski prirodoslovac sir H. Davy otkrio je natrij potkraj 1807. godine podvrgavši natrij-hidroksid elektrolizi. O svome otkriću podnio je izvještaj Znanstvenom kraljevskom društvu u Londonu 19. XI 1807. godine. Sljedeće godine izolirali su francuski prirodoslovci J. Thenard i L. J. Gay-Lussac elementarni natrij prilikom redukcije natrij-hidroksida željezom na visokoj temperaturi.

U to vrijeme nije se moglo pomišljati na tehničko dobivanje natrija elektrolizom zbog pomanjkanja prikladnih izvora istosmjerne struje. Tako su svi prvi tehnički postupci za dobivanje natrija bili po svojoj prirodi termokemijske redukcije koje su se izvodile na temperaturama višim od 1000 °C. Prve tehničke sirovine za dobivanje natrija bile su natrij-karbonat, natrij-hidroksid ili natrij-klorid, a redukcija se provodila ugljikom u obliku koka ili drvenog ugljena. Kao redukcijska sredstva služili su još i kalcij-karbid i kalcij-hidrid, ili kovine u finom razdjeljenju poput željeza, magnezija i kalcija.

Prvo tehničko postrojenje za proizvodnju natrija postavio je 1854. godine u Parizu H. Sainte-Claire Deville, u kojemu se natrij-karbonat reducirao u željeznim retortama smjesom ugljena i vapna na temperaturi višoj od 1000 °C. Nastali elementarni natrij prelazio je na toj temperaturi u paru koja se odvodila i kondenzirala u čvrsti natrij u posebnim posudama. Godišnja proizvodnja natrija iznosila je tada ~5500 kg. Taj postupak bio je vodeći u svijetu sve do 1886. godine kada su tvrtke za proizvodnju aluminija počele uvoditi nove industrijske postupke za proizvodnju natrija. Naime, sredinom i potkraj XIX st. snažno se razvijala aluminijaska industrija u kojoj se aluminij proizvodio redukcijom aluminij(III)-klorida natrijem. Tako tvrtka Aluminium Corp. Ltd. u Oldburyju (Engleska) uvodi 1886. godine novi termički Castnerov postupak redukcije, a godinu dana kasnije tvrtka Alliance Aluminium Comp. postavlja u Wallsandu (Engleska) redukcijski postupak prema Nettou. Zanimanje aluminijaska industrije za natrij prestalo je potkraj XIX st. kada se uveo i usavršio elektrokemijski postupak proizvodnje aluminija. Važna prekretnica u razvitku tehničkih postupaka za proizvodnju natrija bila je 1891. godina kada je Amerikanac H. Y. Castner patentirao natrijevu ćeliju, što je omogućilo da se tehnički primijeni Davyjeva metoda elektrolize natrij-hidroksida. Ta je metoda dominirala tehničkom proizvodnjom natrija gotovo četrdeset godina, sve dok je nije zamijenio postupak s Downsovom ćelijom. Taj se postupak prvi put primijenio u industriji 1921. godine, a velika mu je prednost u tome što se elektrolizi podvrgava jeftiniji spoj natrija, natrij-klorid. Današnji postupci za tehničku proizvodnju natrija osnivaju se na ponešto izmijenjenoj Downsovoj ćeliji, a kao sirovina služi samo natrij-klorid.

Zbog svoje velike kemijske reaktivnosti natrij ne postoji u prirodi u elementarnom stanju, već samo u spojevima u obliku jednovalentnog kationa. Prema količini u Zemljinoj kori (2,83%) natrij se ubraja u vrlo rasprostranjene elemente i nalazi se na šestom mjestu, iza kisika, silicija, aluminija, željeza i kalcija. Rasprostranjenost natrija je tolika da ga ima, barem u tragovima, gotovo u svakom uzorku tvari. Natrija je najviše u različitim alumosilikatima, zatim u mineralima natrija i u moru. Morska voda sadrži oko 1,055% otopljenog natrija u obliku natrij-kationa (Na^+), pa je u moru natrij na četvrtom mjestu, iza kisika, vodika i klora. Najvažniji minerali natrija jesu soda (natrij-karbonat), boraks (natrij-tetraborat), čilska salitra (natrij-nitrat), halit (kamena sol, natrij-klorid) i minerali koji sadrže natrij-sulfat. Velike naslage kamene soli nalaze se u Sjevernoj Americi, Engleskoj i Njemačkoj. Čilske salitre ima u Južnoj Americi, a boratni minerali natrija nalaze se u Sjevernoj Americi i u Tibetu. U Jugoslaviji se nalaze naslage kamene soli u okolici Tuzle.

Naslage natrij-klorida u Zemljinoj kori potječu od isparivanja i kristalizacije u prapovijesnim morima koja su nekada pokrivala većinu Zemljine kore. Rasprostranjenost natrija, s obzirom na manju rasprostranjenost ostalih alkalijskih kovina, dobro se uklapa u noviju teoriju nuklearnih sinteza. Prema toj teoriji rasprostranjenost elemenata eksponencijalno opada s porastom atomske mase, što je neposredna posljedica nukleosintetskog procesa koji počinje od vodika. Izuzetak čine berilij, bor i litij. Natrij je dakle nastao međusobnom reakcijom atoma ugljika na temperaturi od $7 \cdot 10^8 \text{ K}$ prema reakciji



Natrij je najpoznatija alkalijska kovina i njeno tehničko značenje mnogo nadmašuje ostale alkalijske kovine. Iako je proizvodnja i upotreba natrijevih spojeva mnogo važnija od elementarnog natrija, ipak je i kovinski natrij važan industrijski proizvod. Najveća količina kovinskog natrija troši se u proizvodnji tetraetilolova i tetrametilolova, koji se dodaju kao anti-detonatori benzinu za pogon motora. Velike količine natrija upotrebljavaju se za redukciju titanovih spojeva u proizvodnji titana i kao važan dodatak slitini aluminija i silicija.

Među spojevima natrija na prvom je mjestu po značenju natrij-hidroksid, koji je ujedno i tehnički najvažniji od svih spojeva alkalijskih kovina. Taj spoj služi kao sirovina u kemijskoj industriji za proizvodnju mnogih drugih kemikalija, zatim u preradi celuloze, u industriji papira itd. Najrasprostranjeniji