

IZRADA ALATA ZA UPREŠAVANJE DETONATORA

THE MAKING OF DETONATOR PRESSING TOOL

Ehrenreich T.¹, Pisačić K.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: U članku je objašnjen postupak uprešavanja čahure kod izrade detonatora i opisan je princip rada alata za uprešavanje. Opisan je postupak izrade cjevčice koja aktivira detonator. U uvodnom dijelu je objašnjena funkcija detonatora te je ukratko opisan razvoj detonatora.

Ključne riječi: detonator, cjevčica detonatora

Abstract: Pressing procedure of detonator sleeve production and the principle of detonator sealing process are described in this paper. The production process of detonator tube is shortly described. The function and evolution of detonators are shortly described and explained in the introduction.

Key words: detonator, detonator tube

1. UVOD

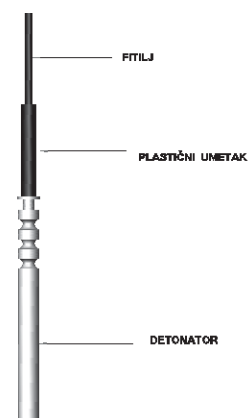
Detonatori (slika 1.) se koriste kao upaljači cjelokupnog eksplozivnog sredstva, a pune se osjetljivim inicijalnim eksplozivom. Imaju široku primjenu kod gradnje tunela, u vojnoj industriji, u rudarstvu te kod rušenja starih zgrada velikih površina.



Slika 1. Detonatori

U početku svoje upotrebe za paljenje detonatora koristio se fitilj, koji se u današnje vrijeme koristi sve rjeđe, jer ga zamjenjuju električni detonatori. Detonatori se obično dijele, s obzirom na izvor eksplozivnog naboja, na električne i neelektrične. Čahura (kućište detonatora) se izrađuje od bakra, aluminija ili polimernih materijala. U ovom slučaju čahura je izrađena iz aluminijske legure u obliku valjka i puni se eksplozivnom smjesom. Kemikalije koje se upotrebljavaju ubrajaju se u inicijalne

eksplozive i koriste se u manjim količinama kao početni sastojak složenog eksplozivnog sredstva. Iz čahure izlazi dvoslojna cjevčica sastavljena iz polietilena i surlyna (fitilj), ispunjena brzo-gorećim praškom za aktiviranje detonatora, a time i aktiviranja eksploziva.

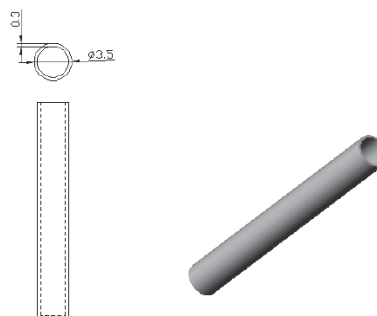


Slika 2. Detonator s cjevčicom i plastičnim umetkom

Prilikom aktiviranja alata klizači smješteni u utorima alata pritisnu čahuru izvana, tj. uprešaju gornji dio čahure s cjevčicom i umetkom u nerastavljivi spoj.

2. POSTUPAK IZRADA DETONATORA

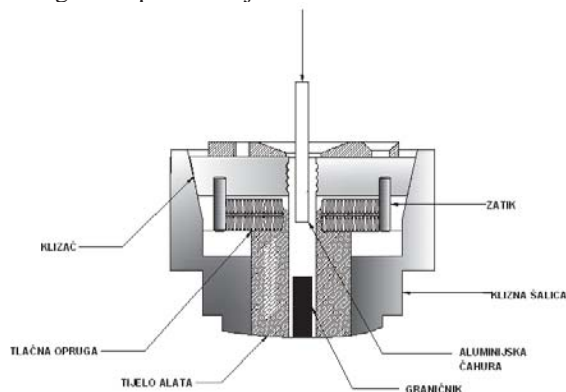
Iz aluminijskog valjka se postupkom izvlačenja dobije čahura (slika 3.).



Slika 3. Aluminijska čahura iz koje se izrađuje detonator

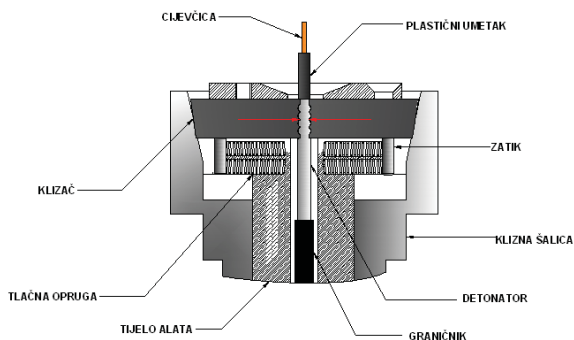
Dobivena čahura se pozicionira u alat (slika 4.) do graničnika. Veličinu otvora u alatu u koji se stavlja čahura moguće je podesiti vijkom M5 x 13 koji se nalazi

u matici alata i svojim okretanjem pomiče kliznu šalicu prema gore ili prema dolje.



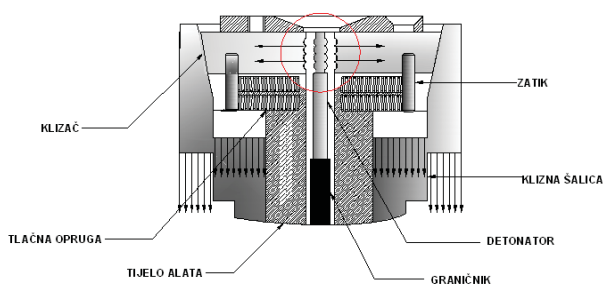
Slika 4. Pozicioniranje čahure u alat

U čahuru se nakon pozicioniranja stavlja visoko eksplozivna smjesa, dvoslojna cjevčica od polietilena i surlyna te plastični umetak koji štiti čahuru od prodora vlage ili drugih nečistoća. Pritiskom papučice na preši, poluga spojena na kliznu šalicu alata povuče kliznu šalicu prema gore. Osam klizača koji se nalaze u žljebovima tijela alata se zbog pomaka klizne šalice prema gore pomaknu prema sredini alata. U krajnjem gornjem položaju klizne šalice klizači su uprešali čahuru detonatora sa svih strana, zajedno s plastičnim umetkom i dijelom cjevčice (slika 5.).



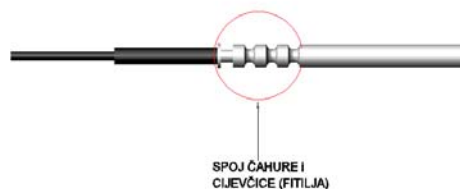
Slika 5. Prešanje čahure

Nakon pada tlaka u cilindru preše klizna šalicu se pomakne prema dolje, a tlačna opruga vraća klizače u početni položaj (slika 6.).



Slika 6. Vraćanje klizača pomoću tlačne opruge

Rezultat operacije je neraskidivi spoj između aluminjske čahure i cjevčice, tj. detonator (slika 7.).

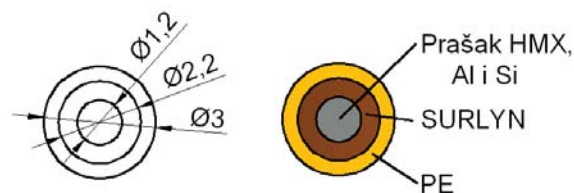


Slika 7. Spoj čahure i cjevčice nakon prešanja

Cjevčice se pune vrlo gorivim praškom. Brzina gorenja praška je oko 2000 m/s, pa je zato potrebna velika dužina cjevčice da ne dođe do ozljeđivanja ljudi prilikom eksplozije. Nakon vađenja čahure iz alata (nakon što je klizači uprešaju), cjevčica (fitilj) se više ne može izvući iz detonatora.

2.1. Cjevčica detonatora

Cjevčica detonatora izrađuje se iz dva sloja, polietilena i surlyna ekstrudiranjem (slika 8.).



Slika 8. Presjek cjevčice detonatora

Ekstrudiranje je postupak kontinuiranog praoblikovanja potiskivanjem kapljevitog polimera kroz mlaznicu. Istisnuti polimer očvršćuje se u tvar, ekstrudat. Cjevčica se puni eksplozivnim praškom i uprešava zajedno s čahuram. Njena uloga je paljenje eksploziva smještenog u detonatoru, što dovodi do eksplozije detonatora. Osnovna energetska komponenta je oktogen temperature samozapaljenja 335°C (beta kristali). Ostale komponente koje ulaze u sastav homogeniziranog praška nisu bitne u smislu osjetljivosti na temperaturu.

Tablica 1. Tehničke karakteristike cjevčice

Materijal	Temperatura taljenja	Potrošnja	Svojtvo	Debljina (mm)
Jezgra od surlyna	95°C	2.4 kg/h	proziran	Ø 1.2 / Ø 2.2
Vanjski plašt od PE-a	160°C	2.75 kg/h	neproziran	Ø 2.2 / Ø 3.05

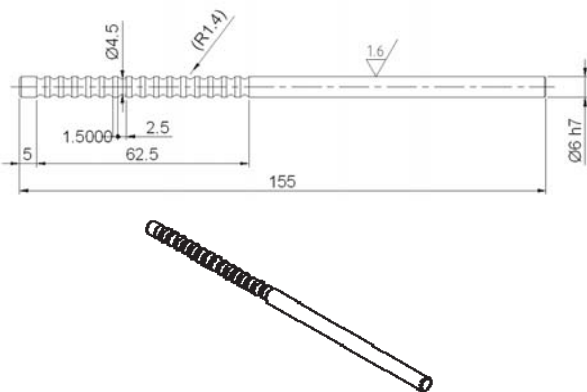
3. PREŠA ZA IZRADU DETONATORA

Stol s cilindrom je preko poluge spojen s alatom (slika 9.). Pritiskom na papučicu, poluga spojena s držačem, koji je jednim dijelom zataknut u utoru klizne šalice, klizi po čahuri prema gore i povlači za sobom kliznu šalicu. Zbog konusnog suženja klizne šalice, klizači smješteni u utorima tijela alata sa svih strana prešaju čahuru detonatora u neraskidivi spoj s cjevčicom i plastičnim umetkom. Kod pada pritiska u cilindru tlačne opruge vraćaju kliznu šalicu na početni položaj, a klizači se rašire zbog konusnog proširenja (oslobađaju

4.3. Graničnik alata

Graničnik alata (slika 13.) je dimenzija $\text{Ø}6 \times 155$ mm, izrađen iz čelika za poboljšanje, a prolazi kroz tijelo alata na kojeg je pričvršćen vijkom M5x13. Poboljšani čelik velike čvrstoće se primjenjuje kada konstrukcijski čelik povišene čvrstoće nema dovoljno veliku granicu razvlačenja. Graničnik je podesiv po visini zbog uprešavanja različitih dužina čahura, tj. postojanja različitih dužina detonatora. Čahure se postavlja u alat do graničnika koji se podešava pomoću vijka da se dobije detonator točno određene dužine. Najveća tvrdoća koja se može postići kaljenjem izračunava se pomoću formule:

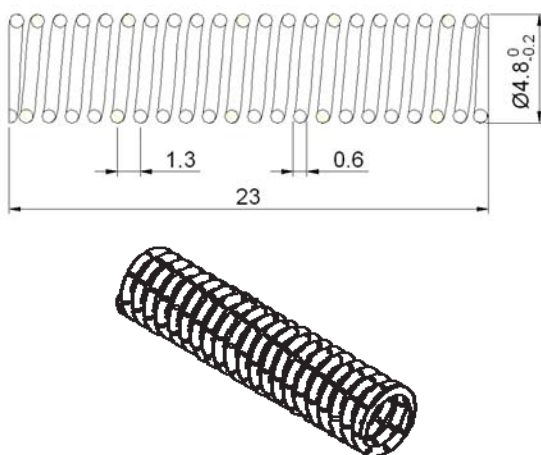
$$\text{HRC}_{\max} = 20 + 60 \cdot \sqrt{\%C} = 20 + 60 \cdot \sqrt{1.55} = 95 \quad (1)$$



Slika 13. Graničnik alata

4.4. Tlačna opruga

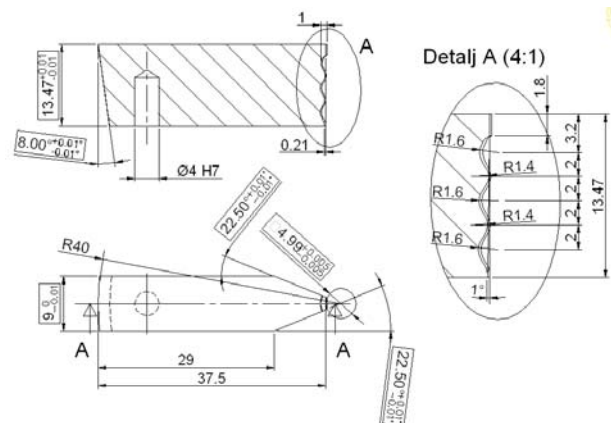
Uloga tlačne opruge (slika 14.) je vraćanje klizne šalice u početni položaj, nakon što je poluga povučena prema gore. Tlačne opruge su zaticima pričvršćene za klizače, a izrađuju se iz čelika za opruge. Opružni čelici moraju biti dovoljno elastični i moraju imati visoku granicu razvlačenja, kako bi se nakon rasterećenja potpuno vratili na početne dimenzije. To se postiže nešto povišenim sadržajem ugljika u odnosu na čelike za poboljšanje te legiranjem silicijem. Prisutnost mangana u čeliku povećava njegovu vlačnu čvrstoću i tvrdoću [2].



Slika 14. Tlačna opruga

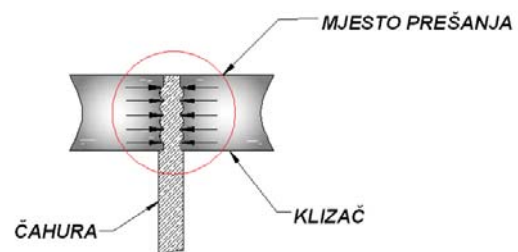
4.5. Klizač

Klizači u alatu služe za uprešavanje čahure sa svih osam strana uslijed pomicanja klizne šalice prema gore. Vrhovi klizača koji pritiskaju aluminijsku čahuru imaju ovalni izgled (slika 15. - detalj A). Suprotni kraj klizača ima kosinu od 8° i upire se u konusni dio klizne šalice koja ima jednako kosinu. Na stražnje krajeve klizača zaticima su pričvršćene tlačne opruge koje se upiru u tijelo alata. Klizači klize samo po konusnom dijelu klizne šalice, a izrađuju se iz legiranog alatnog čelika. Glavna karakteristika tih čelika je otpornost na trošenje i visoka žilavost. Nakon izrade klizači se zakale na 60 HRC-a, a smješteni su u utorima na tijelu alata. Klizači su povezani sa zaticima i oprugama koje ih nakon prešanja čahure detonatora vraćaju u početni položaj.



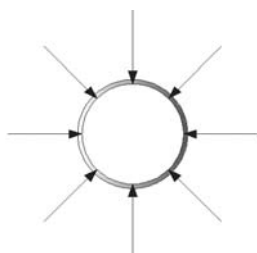
Slika 15. Klizač

Prilikom prešanja čahure od strane klizača dolazi do smičnog opterećenja na aluminijsku čahuru, nakon koje nastaje čvrsti dosjed, tj. detonator. Sila F izaziva naprezanje u aluminijskoj čahuri zbog kojeg se ona sabija (slika 16.).



Slika 16. Stiskanje aluminijske čahure

Klizači sa svih strana pritisnu čahuru (slika 17.) koja poprima izgled površine klizača, odnosno plastično se deformira.

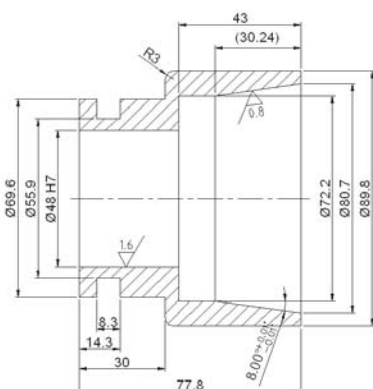


Slika 17. Opterećenje klizača na aluminijsku čahuru

Prilikom uprešavanja detonatora zahtijeva se konstantna sila odgovarajuće veličine sa svih strana. Ako je sila prevelika, može priklještit i cjevčicu i tako onemogućiti aktiviranje detonatora, a ako je premala može doći do ispadanja cjevčice i plastičnog umetka iz čahure. Lim čahure je debljine 0,3 mm i mora biti dovoljno žilav da ne bi došlo do pojave pukotina prilikom stiskanja klizača.

4.6. Klizna šalica

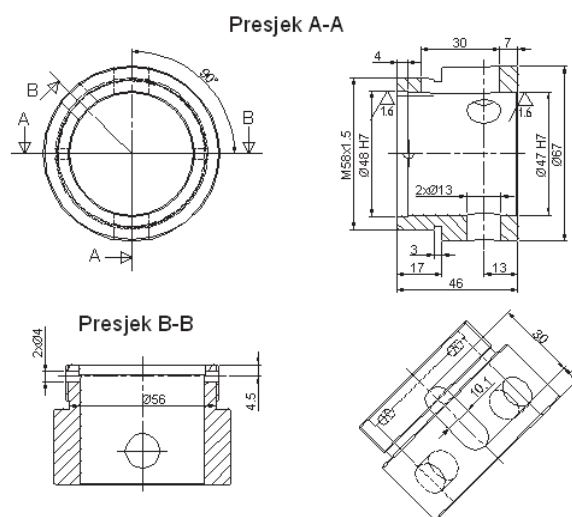
Klizna šalica (slika 18.) klizi po tijelu alata, a na njene rubove se oslanjaju klizači koji su oprugama pričvršćeni za tijelo alata. Unutarnji dio šalice je konusni kako bi šalica mogla potisnuti klizače prema sredini alata te tako uprešati čahuru detonatora. Izrađuje se iz legiranog alatnog čelika i nakon toga zakali na 62 HRC. Mora imati dobru otpornost na trošenje jer klizi po tijelu alata. Da bi se smanjilo trošenje, podmazuje se s unutarnje strane jer se time smanjuje trenje između klizne šalice i tijela alata.



Slika 18. Klizna šalica

4.7. Čahura alata

Čahura alata (slika 19.) se nalazi na tijelu alata a služi kao graničnik. Preko nje klizi držač koji ujedno povlači kliznu šalicu. Držač je spojen na polugu pomoću dva vijka. Čahura se izrađuje iz legiranog alatnog čelika i nakon toga zakali. Potrebno ju je podmazivati tijekom rada da se dodatno smanji trenje između čahure i držača.

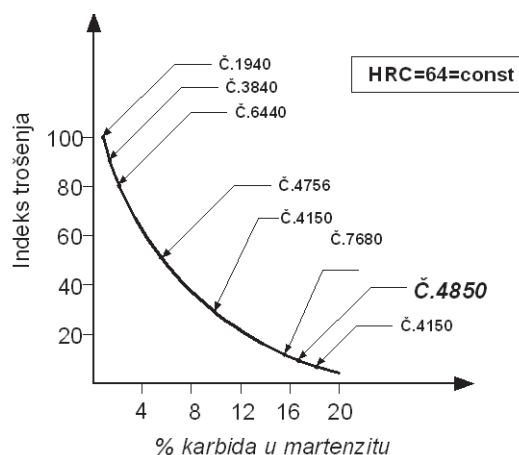


Slika 19. Čahura alata

5. IZRADA KLIZNE ŠALICE

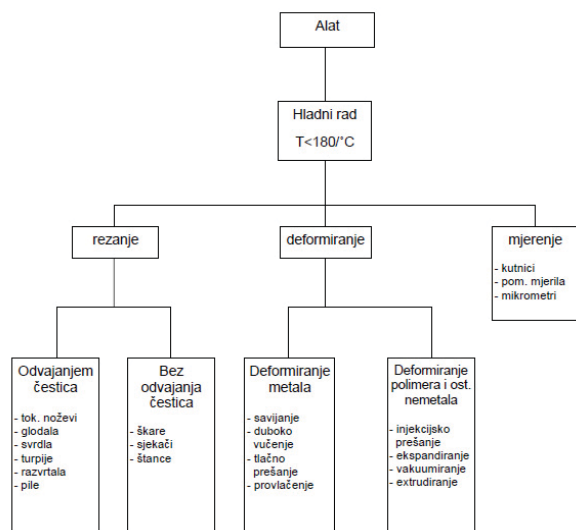
5.1. Materijal za izradu klizne šalice

Klizna šalica se izrađuje iz alatnog čelika Č.4850 nekim od postupaka obrade odvajanjem čestica. Važno svojstvo čelika Č.4850 je otpornost prema trošenju (slika 20.).



Slika 20. Indeks trošenja za pojedine vrste čelika [2]

Uz ovo osnovno potrebno svojstvo gotovo uvijek se zahtijeva i visoka otpornost alata na naprezanja udarnog karaktera, tj. žilavost. Legirani alatni čelici mogu se podijeliti u dvije glavne skupine i to na alate za rad u hladnom ($T < 180^{\circ}\text{C}$) i na alate za rad u toplom ($T > 180^{\circ}\text{C}$). Hladnim postupkom izrađuju se alati za rezanje, deformiranje i mjerenje (slika 21.), a toplim postupkom izrađuju se kalupi i alati za obradu odvajanjem čestica. Na slici 21. je prikazana podjela alata za rad u hladnom, tj. izrada alata za mjerenje, deformiranje i obradu odvajanjem čestica [2].



Slika 21. Izrada alata iz visokolegiranih alatnih čelika za hladni rad [2]

Tablica 2. Karakteristike legiranih alatnih čelika za rad u hladnom [2]

Karakteristike legiranih alatnih čelika za rad u hladnom						
HRN	Otpornost na trošenje	žilavost	prokaljivost	kaljenje		Obradivost odvajanjem čestica
				°C	Gašenje	
Visoko legirani alatni čelik za rad u hladnom						
Č.4756	6	4	S	860-890	u	7
Č.4150	8	1	V	860-890	z,u	4
Č.4650	8	1	V	920-980	z,u,tk	2
Č.4850	8	2	V	960-1000	z,u,tk	4
Č.4172	1	8	V	980-1020	z,u	8
Č.4175	3	6	V	980-1020	z,u	6
Č.4770	3	6	V	950-1020	z,u	6

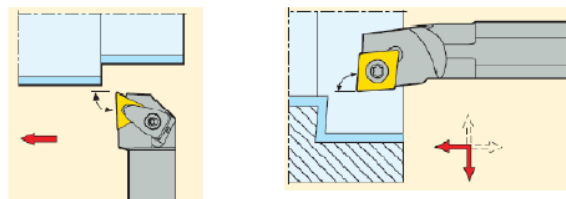
V=veliko, S=srednje, N=nisko;
Sredstva za gašenje: v=voda, u=ulje, z=zrak, TK=topla kupka
Ocjene: 1-loše, 9-dobro

Trošenje radnih površina klizne čahure nastaje zbog međusobnog trenja šalice i tijela alata. Trošenje alata se može znatno smanjiti podmazivanjem ili povećanjem tvrdoće površina postupkom kaljenja [3].

5.2. Obrada odvajanjem čestica

Nakon izbora materijala sa zadovoljavajućim svojstvima (tablica 2.) pristupa se izradi klizne šalice obradom odvajanjem čestica. Zbog rotacijsko-simetričnog oblika klizne šalice obrada se izvodi tokarenjem. Tokarenje je postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem) pretežno rotacijskih (simetričnih i nesimetričnih, okruglih i neokruglih) površina. Izvodi se na alatnim strojevima-tokarilicama, pri čemu je glavno (režno) gibanje kružno kontinuirano i izvodi ga obradak. Posmično gibanje je pravolinijsko kontinuirano u ravnini koja je okomita na pravac brzine glavnog gibanja i izvodi ga alat. Os okretanja glavnog gibanja zadržava svoj položaj prema obradku bez obzira na smjer brzine posmičnog gibanja. Alat za tokarenje je tokarski nož definirane geometrije reznog dijela s jednom glavnom reznom oštricom (slika 22.). Materijal alata je obično brzorezni čelik, tvrdi metal ili karbidi s presvlakama. Svojstva alata kao što su tvrdoća, čvrstoća, postojanost na visoke temperature i

otpornost na trošenje jako utječu na brzinu i ekonomičnost izrade. Tvrdi i kod povišenih temperatura postojaniji materijali omogućuju veću brzinu rezanja i povećavaju ekonomičnost obrade. Za svaku operaciju obrade i korišteni alat potrebno je pronaći optimalne parametre obrade kao što su brzina i dubina rezanja te posmak.



Slika 22. Alati za vanjsko i unutarnje tokarenje [2]

Strojevi za tokarenje - tokarilice mogu biti konvencionalni ili CNC upravljani strojevi. Svaka tokarilica ima svoje karakteristike koje određuju njeno područje upotrebe. Najvažnije su snaga glavnog motora maksimalnog promjera tokarenja, provrt glavnog vretena, razmak između šiljaka te rezervoar s tekućinom za hlađenje i podmazivanje. Na većini strojeva se može postići točnost obrade od 0.01 mm i kvaliteta obrađene površine N7, što zadovoljava najveći dio zahtjeva za tolerancijsku točnost strojnih dijelova. Predmet obrade se stegne u steznu glavu tokarilice i nakon toga slijedi obrada. Osim vanjskog, unutarnjeg i poprečnog tokarenja, na tokarilicama je moguće bušiti središnje provrte na strojnim dijelovima, što je vidljivo iz operacija izrade klizne čahure kada se prije unutarnjeg tokarenja morao izbušiti središnji provrt.

5.3. Površinsko kaljenje

Materijal koji se koristi za izradu klizne šalice je legirani alatni čelik (Č.4850). Prema sadržaju legirani čelici su vrste čelika u kojima odlučujući utjecaj na svojstva imaju legirni elementi, tj. oni koji se dodaju da bi se postigla određena svojstva. Legirani čelik ima više od 5 % legiranih elemenata [2]. Kaljenje je toplinska obrada brzog ohlađivanja kaljivih čelika s određene temperature kaljenja (s područja austenita), pri čemu se stvara posebno tvrda struktura (martenzit) [2]. Grijanje do temperature kaljenja treba biti jednoliko da se dobije jednaka temperatura po cijelom presjeku. Za dobivanje tvrde strukture kaljenja (martenzita) treba predmet ohlađivati s temperature kaljenja najmanje „kritičnom brzinom ohlađivanja“. Ona je različita za različite vrste čelika. Ugljični i malo legirani čelici imaju vrlo veliku kritičnu brzinu ohlađivanja, koja se može postići samo hlađenjem u vodi. Srednje legirani čelici imaju takvu kritičnu brzinu ohlađivanja da se može postići kaljenjem u ulju, dok je za legirane čelike dovoljno ohlađivanje na zraku [2]. Kaljenje čelika je termička obrada koja se izvodi zagrijavanjem radnog predmeta iznad temperature Ac3, za podtektoidne i Ac1 za nadeutektoidne čelike, pregrijavanjem na toj temperaturi i hlađenjem brzinom većom od kritične (slika 23.) [4].

