

spomalenie kompenzuje použitím veľkých rezných rýchlostí.

Kvalita opracovaného povrchu závisí aj od akosti nástroja, ktorým sa materiál opracúva. Na rozdiel od ľahkých kovov sa pri opracovaní organického skla vysokými reznými rýchlosťami nástroje rýchlejšie opotrebovávajú, preto sa používajú nástroje z rýchloreznej ocele alebo s nožmi z tvrdých kovov, prípadne spekaných karbidov. Čelo noža má mať nulový sklon, môže byť mierne podbrúsené, no dôležité je, aby jeho povrch bol vyleštený, pretože to uľahčuje odber triesky.

Oproti kovom je organické sklo mäkšie, preto sa do zveráka alebo do hlavy sústruhu upína pomocou gumových, papierových, drevených a podobných podložiek. Ochranný papier sa ponecháva na platniach aj pri pracovných operáciách, ak nebráni ich nerušenému priebehu (napr. pri pílení).

Očistené platne sa nemajú po pracovnom stole posúvať šúchaním, treba ich vždy podložiť textilnými alebo papierovými podložkami. Ich povrch treba takto chrániť aj pri kladení na seba.

Rezanie organického skla

Organické sklo sa najlepšie reže pásovou alebo kotúčovou pilou. Pásová píla je výhodnejšia, pretože

dlhý pohybujúci sa pás sa menej zahrieva a skôr vychladne, menšia je aj trecia plocha. Pásovou pilou sa dajú vyrezávať aj nepravidelné tvary, kým kotúčovou pilou možno robiť len rovné rezy.

Tenšie platne organického skla možno rezať aj rydlom podobne ako normálne sklo. Takto možno rezať len platne do hrúbky 5 mm a obyčajne len rovnými rezmi. Ako rydlo sa môže použiť ostrý oceľový nástroj, najlepšie škrabák, ktorým sa urobí ryha hlboká asi 1/4 hrúbky platne. Platňa sa potom položí rezom na okraj rovnej plochy a rovnomerným tlakom sa nadrezaná časť odlomí.

Pri rezaní treba materiál polepiť ochranným papierom, pretože pri posúvaní po pracovnej doske by sa poškrabal. Na ochranný papier sa podľa šablón kreslí tvar požadovaný na vyrezanie.

Ak sa výrez nedá urobiť na strojovom zariadení, použije sa ručná píla s jemnejšími zubami. Pracuje sa rýchlejšími ťahmi a trenie a zahrievanie píly sa zmierni jej obojstranným natretím suchým mydlom.

Drobnejšie tvary z tenších platin možno rezať aj odporovým rozžeraveným drôtom, ktorého teplotu nastavíme pomocou regulačného transformátora. Pri nastavení správnej teploty a primeranej rýchlosti vznikne hladký rez. Týmto spôsobom možno vyrezávať i zložité a členité tvary.

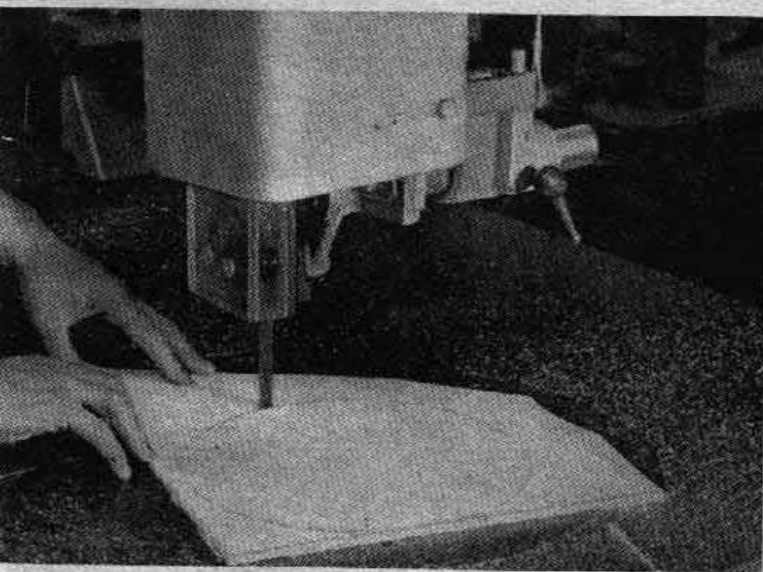
Rezanie pásovou pilou

Na rezanie organického skla je vhodná pásová píla na ľahké kovy. Pracovné podmienky sú uvedené v tabuľke 14. Hladký rez sa dosiahne vtedy, keď sa píla v miestach rezu nekrúti. Preto sa vodiace zariadenie spustí čo najnižšie. Dobré je samotný rez chladiť prúdom vzduchu, ktorý súčasne odstraňuje piliny. Zuby na píle treba upraviť tak, aby vznikol dostatočne široký rez, pri ktorom nevzniká trenie, a tým i nadmerné zahrievanie materiálu.

Na priame rezy sa používa širší pás, na zaoblené rezy sa jeho šírka volí podľa polomeru zakrivenia. Okraj rezu treba dodatočne začistiť. Bloky hrubšie ako 20 mm sa režu výlučne pásovými píľami.

Rezanie kotúčovou pilou (cirkulárkou)

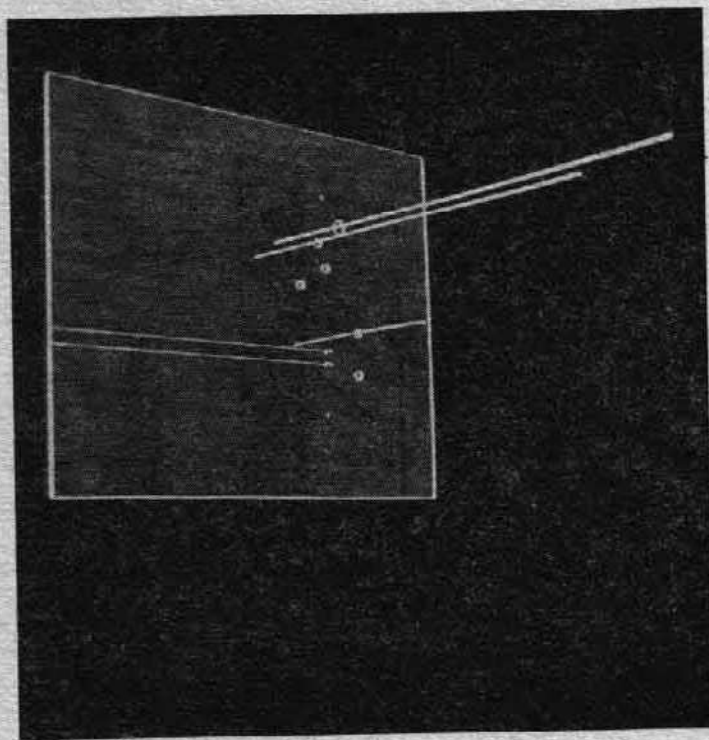
Na kotúčovej píle sa dosiahne rovný rez a hladký povrch rezných hrán. Pretože ide o veľké rezné



základ sa položí zalievajúci predmet, alebo sa natiera ďalšia vrstva tak, že sa povrch základu namočí katalyzovaným monomérom a naleje sa ďalšia vrstva predpolyméru v hrúbke 5 až 8 mm. Vzduchové bubliny na rozhraní vrstvy alebo predmetu sa najlepšie odstránia tak, že sa celá forma striedavo vystavuje vákuu a normálnemu tlaku. Pri polymerizácii aj pri teplotách do 60 °C sa na povrchu tvorí vplyvom odparovania monoméru koncentrovanejšia vrstva, ktorá sa potom dobre spája s ďalším polymérom. Preto sa forma po každom naliatí prikryje celofánom alebo hliníkovou fóliou, aby sa zamedzilo odparovanie monoméru.

Po dosiahnutí požadovanej hrúbky sa blok vyberie z formy a celý sa ďalej zahrieva na teplotu 100 °C, a to na každý centimeter hrúbky 30 minút, z toho dôvodu, aby sa odstránil voľný monomér a aby sa súčasne vyrovnalo vnútorné napätie bloku. Blok sa musí pomaly ochladzovať, najlepšie vo vypnutej sušiarňi, kde teplota len pomaly klesá.

Odlieváním z predpolyméru sa získajú opticky



88 Platňa z organického skla osvetlená skrytým zdrojom svetla

jasné bloky organického skla. Techniku odlievania pomocou odlievacích akrylových polymérov opíšeme v príslušnej kapitole. Väčšinou sa však spracúvajú hotové polotovary — platne, bloky alebo tyče.

Tvarovanie organického skla

Organické sklo sa tvaruje za tepla pomocou vhodných prípravkov a zariadení. Materiál sa musí v celej hmote rovnomerne predhriať na teplotu 120 až 150 °C podľa požadovanej hrúbky a veľkosti výlisku. V prípravkoch a formách možno urobiť aj veľké a zložité výlisky a ich výroba nie je nijako nákladná. Takto sa dajú ekonomicky vyrábať celé série výliskov, prípadne jednotlivé originály a prototypy. Pre rôzne spôsoby tepelného tvarovania organického skla platia niektoré spoločné všeobecné zásady.

Tvar a veľkosť výlisku

Pri tvarovaní sa musí rátať (najmä pri dvojrozmernom alebo biaxiálnom ťahaní) so stenčením stien. Veľkosť stenčenia závisí od druhu použitej technológie, od hĺbky ťahu, od tvaru výlisku a od pomeru plochy prierezu pred tvarovaním (A_0) k ploche výlisku po vytvarovaní (A).

Temer pri všetkých spôsoboch tvarovania (okrem najjednoduchšieho jednosmerného ohýbania) nastáva nerovnomerné pretiahnutie, a tým aj tvorba miestnych stenčení alebo zhrubnutí, ktoré nepriaznivo ovplyvňujú optické vlastnosti získaného tvaru.

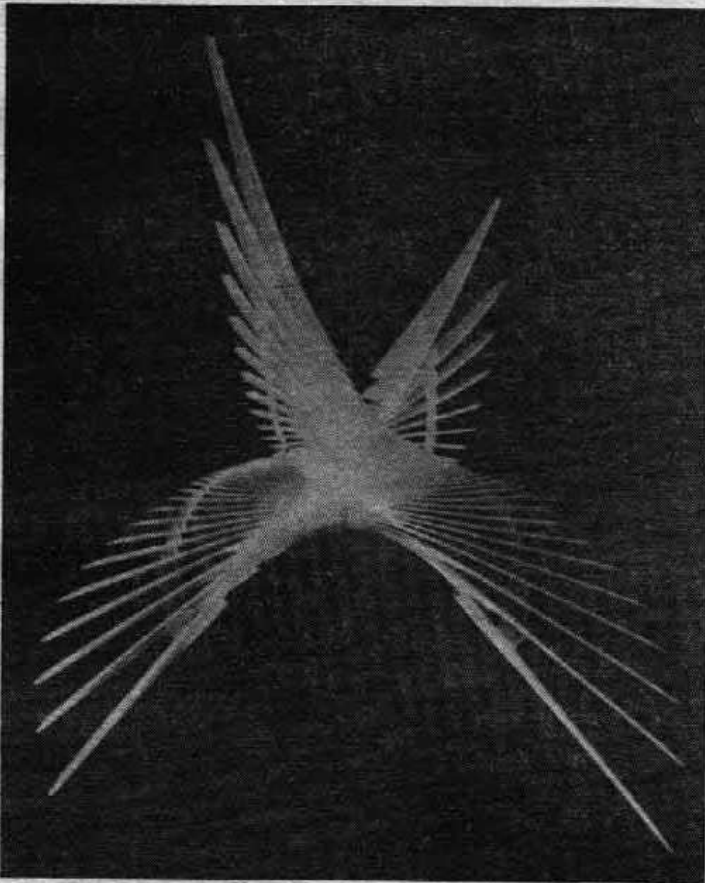
Prechody stien a zaoblenia výliskov majú byť najmenej dvojnásobkom až trojnásobkom hrúbky použitého organického skla. Hĺbka ťahania nemá pritom prekročiť 4/5 prierezu, pri ktorom sú z hľadiska hladkého priebehu výroby najvýhodnejšie kruhové a elipsovité obvody.

Pri tepelnom spracovaní organického skla sa musí rátať s jeho lineárnym zmršťovaním, ktoré závisí od teploty, od rýchlosti chladenia a od typu spracúvaného materiálu. Skúsenosti ukázali, že

treba rátať so zmrštením v rozmedzí od 0,8 do 1,2 %. Pri tvarovaní sa okraje pripraveného prírezu uchytia do tvarovacieho prípravku, čo vyžaduje ďalšie zväčšenie výrobku. Na zmrštenie a uchytienie okrajov sa obyčajne ráta s 5 % zväčšením jeho plochy.

Zmraštenie organického skla nastáva iba pri prvom tepelnom namáhaní, pri ďalšom zahriatí už nenastáva zmrštenie. Preto sa niekedy (keď chceme dosiahnuť presné rozmery) materiál najprv zohreje až do plastického stavu a znova sa ochladí. Až potom sa pripraví prírez a materiál sa znova predhreje a tvaruje.

Takto sa stabilizuje organické sklo, ktoré sa má použiť v prostredí so zvýšenou teplotou, takže by vznikali kontrakcie a pri pevnom uchytení by mohli popukať.



Úprava organického skla pred zahrievaním

Pred vlastným tvarovaním skla treba z neho zhotoviť potrebné prírezy (na pásovej alebo okružnej píle). Až potom sa odstráni ochranný papier a povrch sa riadne umyje vlažnou vodou. Akékoľvek nečistoty by pri tepelnom spracovaní zanechali trvalé a neodstrániteľné stopy na ploche, do ktorej sa odtláča. Zo skla treba odstrániť najmä zvyšky gleja po ochrannom papieri, ktoré po ohriatí hneď podobne ako stopy po masných celulózach, ktorými sa materiál vo výrobe označuje.

Predhrievanie organického skla

Pri väčšine spôsobov tvarovania sa v špeciálnom zariadení materiál najprv ohreje na tvarovacu teplotu a v ďalšom zariadení sa tvaruje. Sklo sa ohrieva pomocou infračervených žiaričov, v teplovzdušnej sušiarňi alebo v kvapalinovom kúpeli, kde je prevod tepla najrýchlejší.

Predhrievacie pece sú upravené tak, aby sa v nich mohli zahrievať väčšie série platní uložených v horizontálnej polohe na policiach, ktoré sú potiahnuté azbestovým papierom. Ohrievanie vo vertikálnej polohe sa neodporúča, pretože by sa platne skrútili a pri zavesení by sa v miestach závesu sklo trhlo vlastnou hmotnosťou.

Teplovzdušné komory majú zariadenie na cirkuláciu vzduchu. Sálajúcim teplom sa platne ohrievajú tak, aby nenastalo miestne prehriatie materiálu, čo by sa prejavilo pri jeho tvarovaní. Preto v jednotlivých miestach komory nemajú byť teplotné rozdiely väčšie ako 5 °C. Teplota sa pohybuje v rozmedzí 120 až 140 °C, rozhodne však nesmie prekročiť 150 °C, pri ktorej začína rozklad polyméru a tvorba bublín v hmote. Nad 170 °C sa uvoľňuje styren a hrozí nebezpečenstvo vzplanutia.

Pri odporovom vyhrievaní sú vyhrievacie články v peciach umiestnené po stranách komory, hore i dolu. Vyhovujúcejšie sú komory s dvojkridlovými dverami, kde pri vyberaní platní stačí otvoriť iba jednu stranu dverí, a tak zabrániť tepelným stratám. Na ohrievanie jednej platne stačí komora, v ktorej sú navrchu umiestnené infražiariče a organické sklo

je na kovovej mriežke alebo je upnuté v ráme alebo priamo v tvarovacom prípravku. Na ohrev sa už dnes nepoužívajú infračervené žiarovky, ktoré plochu nevyhrievali rovnomerne, ale sa používajú infražiarivové rúrky s modelovaním tepla pomocou odrazových reflektorov.

Kvapalinové kúpele, napr. s glycerolom alebo so silikónovým olejom, umožňujú veľmi rýchle a najmä rovnomerné prehriatie v celej ploche, sú však obmedzené čo do veľkosti, ako aj tým, že pri veľkých sériách sa znečisťujú. Platňa organického skla hrúbky až 6 mm sa prehreje za 6 až 10 minút, preto sa materiál pri predhrievaní musí sledovať; najprv sa musia vyskúšať najvhodnejšie podmienky a potom sa musia s minútovou presnosťou dodržať.

Najvýhodnejšia teplota, pri ktorej sa výrobky tvarujú a pri ktorej nenastáva zmena optických vlastností materiálu, je na spodnej hranici tepelnej expozície. Príliš zahriata platňa sa obvykle tesne prilepuje k forme a kopíruje aj celkom nepatrné deštrukcie jej povrchu. Preto treba najmä pri zložitejších tvaroch formu dobre vyhriať a plochy dobre vyhladiť. Toto platí aj pri tvarovaní pri vyšších tlakoch alebo priamo tvárnik — tvárnica,



90 Hojdacie kreslo z organického skla

najmä pri hlbokých výliskoch. Na zabezpečenie hladkosti povrchu sa používa aj ochranná vrstva z pretaveného tuku, ktorý sa nanáša v tenšej vrstvičke na formu pred začiatkom tvarovania.

Tenké platne sa musia zahrievať na relatívne vyššiu teplotu ako hrubostenné platne, a to vzhľadom na malú tepelnú kapacitu hmoty. Preto sa aj musia tvarovať do 10 sekúnd po vytiahnutí z predhrievacieho zariadenia, kým pri hrubších materiáloch sa tento čas predlžuje až na 30 sekúnd. Predhrievaciu pec treba preto umiestniť v blízkosti tvarovacieho zariadenia. Všetky manipulácie so zmäknutým organickým sklom pri jeho prenášaní a uchytení do prípravku sa musia robiť pokiaľ možno v bezprašnom prostredí a s bavlnenými alebo jelenicovými rukavicami na rukách.

Podľa hrúbky sa organické sklo zahrieva na teplotu:

- pri hrúbke do 2 mm na 110 až 120 °C max. 10 minút,
- pri hrúbke 2 až 5 mm na 125 až 135 °C 10 až 20 minút,
- pri hrúbke 5 až 10 mm na 135 až 145 °C 20 až 30 minút,
- bloky viac ako 10 mm na 140 až 150 °C vyše 30 minút.

Pri menej náročných prácach možno organické sklo prehrievať priamo horúcim vzduchom zo zvaracej pištole alebo nad plynovým kahanom, plynovým sporákom alebo rozpáleným elektrickým varičom. Toto ohrievanie je vhodné iba pri tvarovaní menších rozmerov, najmä pri ohýbaní alebo pri niektorých dodatočných úpravách veľkých hotových výliskov.

Výhody a nevýhody jednotlivých spôsobov ohrevu

Odporový ohrev — výhody

Pri dokonalom rozložení vyhrievacích článkov a pri vhodnej cirkulácii vzduchu sa platne organického skla rovnomernejšie vyhrievajú. Okrem toho sa môže zahrievať niekoľko platní súčasne, takže cyklus zahrievania je kratší ako pri použití infračervených žiariviek a usporia sa náklady na elektrickú energiu.

Nevýhody

Pred začatím tvarovania sa pec musí vyhriať na pracovnú teplotu 150 až 160 °C, čo trvá asi hodinu. Pri ohrievaní platní menších rozmerov treba vyhrievať celý priestor pece.

Infračervený ohrev — výhody

Pri tomto spôsobe ohrevu sa platne nemusia predhrievať. Vyhrievaný priestor možno zmenšiť vypnutím určitej časti pece, takže sa neplytvá energiou na predhrievanie celého prostredia. Po predhriatí platne sa môže celá pec vypnúť, takže straty energie sú minimálne.

Nevýhody

Ohrievať sa môže len jedna platňa. Pri hrubších platniach je nebezpečenstvo nerovnomerného zohriatia. Obmedzená životnosť žiaričov má za následok zvýšené náklady na údržbu.

Rýchlosť tvarovania a ochladzovania

Organické sklo sa môže tvarovať pri danej teplote len určitou maximálnou rýchlosťou, ktorú treba pri každom tvare osobitne vyskúšať. Ide o rovnomerné rozloženie napätia pri ťahaní materiálu, aby nevznikli rýchle zmeny v hrúbke materiálu.

Ochladenie hotových výliskov zásadne nemá byť príliš rýchle. Čím pomalšie chladne organické sklo po vytvarovaní, tým lepšie sú vlastnosti výrobku. Neodporúča sa ochladzovanie vodou alebo mokrou handrou. Tvarová pamäť sa uplatňuje — aj keď nepatrne — ešte pri teplote nižšie 80 °C, preto sa výrobky majú vyberať z prípravku pri teplote nižšie 50 °C.

Nepodarené výlisky možno znovu zahriať, pričom sa vrátia temer do pôvodného stavu. Materiál možno potom znova tvarovať.

Tvarovacie formy

Na výrobu foriem a modelov na tepelné spracovanie sa používa drevo, tvrdené drevo, pleglejka, lamináty, napr. texgumoid alebo umatex a zliatiny ľahkých kovov. Používajú sa aj formy

zo sadry, z cementu a z odlievacích živíc alebo z kaučuku, a to podľa požadovaného počtu výliskov.

Povrch foriem musí byť čo najhladší, najvhodnejšie sú leštené formy. Pri tvarovaní väčších predmetov s nevýrazným profilom možno hrubšie formy potiahnuť alebo polepiť jemnou plstou alebo tkaninou.

Kovové formy sa používajú na veľké série; možno ich vyleštiť, no pri tvarovaní sa musia predhrievať, aby sa organické sklo v styku s nimi rýchle neochladzovalo a aby tak v hmote nevznikalo vnútorné napätie. Pri poveternostných vplyvoch sa na miestach vnútorného napätia vytvárajú mikroskopické trhlinky, čo sa prejaví zhoršením optických vlastností skla, tzv. striebrením alebo až úplným popukaním.

Spôsoby tvarovania

Tepelné tvarovanie organického skla možno rozdeliť na dva základné procesy:

1. ohýbanie, pri ktorom sa tvaruje v jednej rovine,
2. biaxiálne ťahanie, pri ktorom sa materiál tvaruje vo viacerých smeroch naraz, pričom sa mení jeho hrúbka.

Podľa zariadenia rozoznávame:

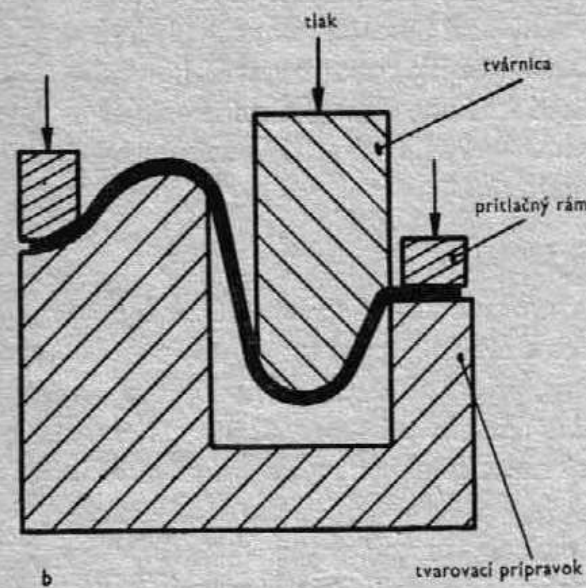
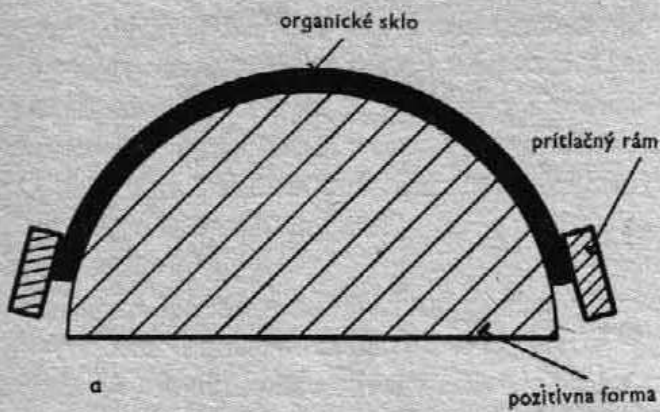
- a) voľné ťahanie do pozitívnej alebo negatívnej formy,
- b) ťahanie tlakovým vzduchom,
- c) ťahanie vákuom,
- d) ťahanie hmotnosťou kvapaliny,
- e) ťahanie pomocou gumovej membrány alebo tvárnice,
- f) priame lisovanie tvárnik — tvárnica.

Ohýbanie

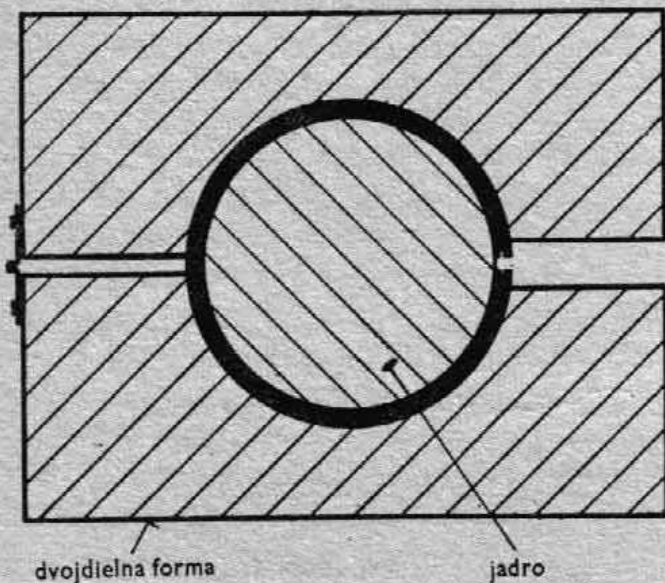
Ohýbanie je najjednoduchší spôsob tvarovania, pri ktorom možno tvoriť — v ploche, v pásoch alebo na tyčiach — ohyb, žliabok, skrut, špirálu alebo inú deformáciu, pri ktorej sa materiál nepretiahne.

V bežných prípadoch sa postupuje tak, že sa zahriaty materiál položí na pozitívny model, na okrajoch sa pripevní lištami alebo iným spôsobom a nechá sa tak do úplného vychladnutia.

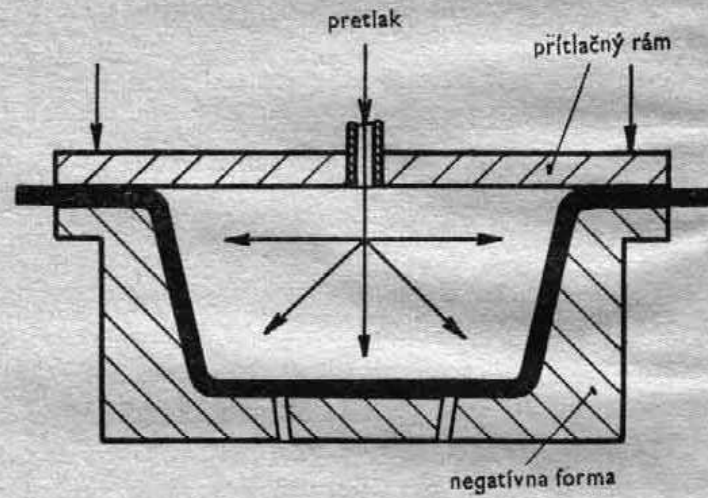
Materiál je taký tvárny, že hrubšie platne alebo



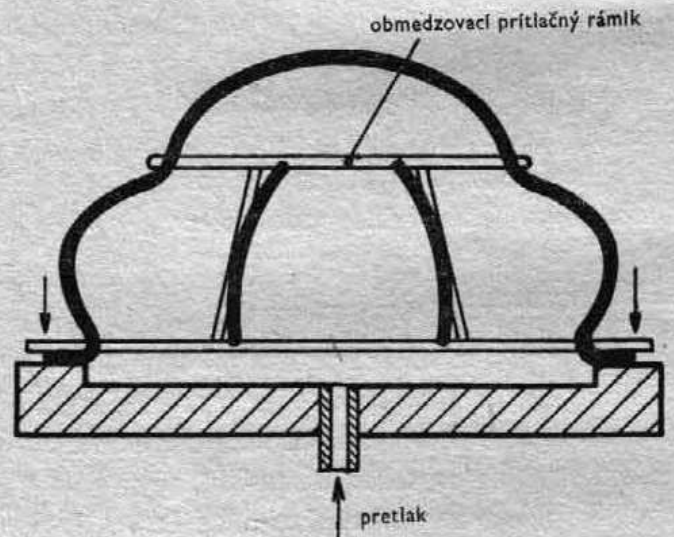
91 Jednoduché tvarovanie organického skla:
a) na pozitívnu formu,
b) pomocou tvárnika



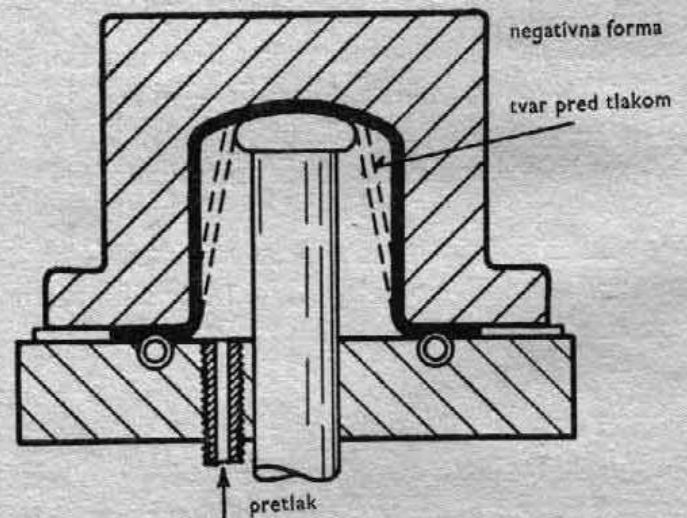
92 Ohýbanie organického skla do tvaru valca pomocou jadra a dvojdielnej formy



93 Ťahanie organického skla tlakovým vzduchom do formy



94 Ťahanie organického skla tlakovým vzduchom do voľného priestoru s čiastočným obmedzením



95 Hlboké ťahanie organického skla pomocou tvárnika a tlakového vzduchu

bloky sa ohnú podľa tvaru aj vlastnou hmotnosťou. Princíp obyčajného ohybu je znázornený na obr. 91.

Ak sa má ohnúť niekoľko hrán naraz vo viacerých smeroch, musí sa tak urobiť v jedinej pracovnej operácii. Počas chladnutia sa musí v miestach ohybu vytvárať ustavičný tlak (napr. pomocou prípravku), aby sa zabránilo zvlneniu materiálu pri zmrašťovaní.

Pri jednoduchom ohýbaní úzkych hrán je niekedy výhodnejšie ohriať materiál pomocou elektricky zahrievanej lišty, čo má tú výhodu, že nenastávajú deformácie ako pri veľkých plochách a materiál zostáva opticky bezchybný.

Pri voľbe uhlu ohybu vychádzame zo zásady, že jeho priemer R má byť väčší ako dvojnásobok hrúbky materiálu h_0 : $R = 2 h_0$.

Platne sa ohýbajú do tvaru valcového plášťa tak, že sa zmäknutý prírez navinie buď priamo na vhodný tŕň, alebo sa vloží do dvojdielnej negatívnej formy s použitím voľného tŕňa, ako to vidieť na obr. 92. Po vychladnutí materiálu sa obyčajne zistí, že ohyb nesleduje presne rádius formy; preto sa v praxi pridáva v ohyboch 2° navyše.

Ohýbanie organického skla sa dá robiť z platní všetkých hrúbok, z blokov alebo tyčiek.

Ťahanie do negatívnej a pozitívnej formy — vyťahovanie

Tento spôsob sa používa obyčajne pri tvarovaní jednoduchých, no rozmernejších výlisok, pričom sa zohriaty materiál položí na predhriatu pozitívnu alebo negatívnu formu. Materiál sa potom ručne (pomocou rukavíc alebo tampónu z bavlnenej tkaniny namočenej v silikónovom oleji) pritláča a vyťahuje do tých čias, až výlisok presne sleduje formu. V pritláčaní sa musí pokračovať dovtedy, kým materiál vo forme vychladne.

Ťahať sa musí veľmi rýchlo, preto je lepšie, keď túto prácu robia dvaja. Niekedy je dobré zavesiť nad formu zdroj tepla, a tak zabezpečiť, aby organické sklo príliš rýchlo nevychladlo nižšie tvarovacej teploty.

Okrem tohto jednoduchého spôsobu sa často používa postup, pri ktorom sa prírez z organického skla upne do rámu a ten sa po predhriatí preťahuje cez formu. Nakoniec sa po stranách zabezpečí svorkami tak, aby priliehal k forme. V takejto polohe sa nechá vychladnúť.

Maximálny pomer pred pretiahnutím a po ňom je $A_0 : A = 1 : 1,5$. Ak sa má prírez uchytiť do rámu, musí sa zväčšiť aspoň o 5 cm a minimálne uhly v ohyboch sa musia voliť $R \geq 3,5 h_0$. Voľne sa môžu vyťahovať platne hrúbky 2 až 10 mm.

Ťahanie tlakovým vzduchom (pretlakom)

Tlakovým vzduchom sa ťahá buď do voľného priestoru, prípadne sa môže kombinovať s modelovaním pomocou tlakových prostriedkov, ktoré umožňujú získať prelamané tvary, ako to vidieť na obr. 93 a 94.

Potrebné zariadenie je jednoduché: skladá sa z kovového rámu, ktorý sa upína do rámu na doske. Doska má dva kohúty: jeden na privod vzduchu, ktorý má príslušný rozptyľovač, druhý na vypúšťanie vzduchu.

Ťahaním do voľného priestoru sa zhotovujú súčiastky kopulovitého tvaru. Vyhriaty materiál sa upne do rámu a miernym tlakom (0,02 až 0,1 MPa) sa vyfúkne do vypuklého rámu, ktorý možno ovplyvniť tvarom upínacieho rámu. Pri rozmernejších súčiastkach sa odporúča použiť na vyfúkavanie predhriaty vzduch.

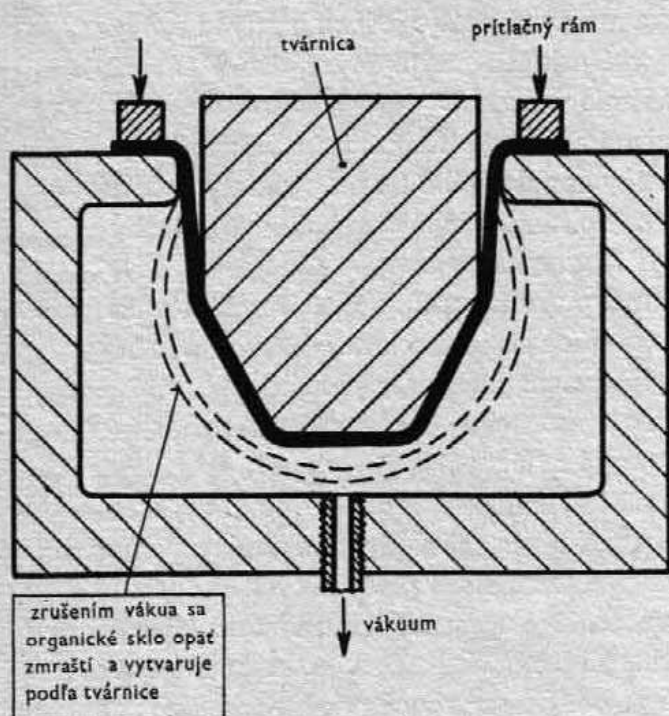
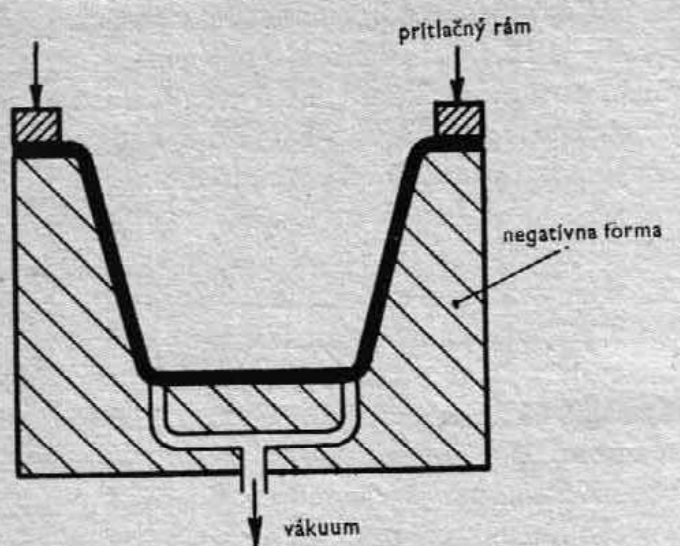
Tvarový koeficient je rovnaký ako pri preťahovaní, $A_0 : A = 1 : 1,5$.

Hlboké vytiahnutie sa dá dosiahnuť vyfúkaním do formy, ktorá sa niekedy kombinuje s pomocným tŕňom pre mechanické predtvarovanie (obr. 95).

Zariadenie je upravené tak, že na negatívnu formu prilieha prítlačný rám s doskou, ktorá má dva kohúty: jedným sa vzduch privádza, druhým sa vypúšťa. Vyhriaty materiál sa upne na formu a tlakom 0,1 MPa až 0,5 MPa sa vytvaruje. V miestach najväčšieho vytiahnutia (najvzdialenejších od rámu) sa stenčujú steny a výlisok sa začne dotýkať formy. Polguľový tvar má pri vrchole zhruba polovičnú hrúbku ako pri ráme. Takýmto spôsobom možno preto tvarovať len výlisok, pri ktorých sa nekladú veľké nároky na ich optické vlastnosti.

Tvarový koeficient je $A_0 : A = 1 : 1,25$ a pri navrhovaní foriem sa majú voliť čo najväčšie uhly zaoblenia, $R \geq 3,5 h_0$.

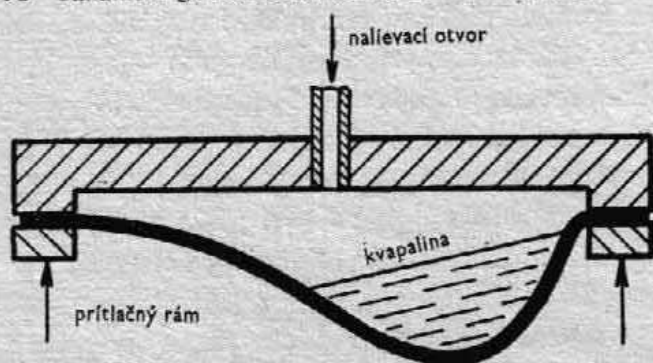
Pri tvarovaní komplikovanejších výlisok je lepšie



96 Ťahanie organického skla pôsobením vákuua do negatívnej formy

97 Ťahanie organického skla pôsobením vákuua s využitím tvarovej pamäti

98 Ťahanie organického skla hmotnosťou kvapaliny



upnúť prírez pomocou pružice alebo gummy. Takéto upnutie je voľnejšie a pri hlbokom vyťahovaní umožňuje aj ďalšiu časť prírezu vtiahnuť do formy.

Hlboké výlisky sa najprv predtvarujú tŕňom a potom sa tlakom dotvarujú až po steny formy.

Ťahanie tlakovým vzduchom sa dá použiť bez osobitných úprav pri platniach hrúbky 2 až 12 mm.

Ťahanie vákuom

Pri tomto spôsobe sa na tvarovanie predhriateho skla do pozitívnej alebo negatívnej formy alebo na predtvarovanie s nasledujúcim využitím tvarovej pamäti a samovoľným natiahnutím na tvárnik využíva podtlak.

Ťahanie je znázornené na obr. 96. Robí sa pomocou vákuových strojov alebo foriem, ktoré sú upravené tak, že po napojení na vývevu možno pomocou kohútov vákuum udržať alebo zrušiť.

Pri ťahaní vákuom s využitím tvarovej pamäti sa materiál stváruje voľne do dutiny prípravku tak, že sa nikde nedotýka stien. Do tohto otvoru sa zasunie tŕň s modelom predmetu. Zrušením vákuua sa elastická platňa vplyvom tvarovej pamäti usiluje zaujať pôvodný tvar, takže pevne ovinie nastavenú formu. Vonkajšia strana výliskov je teda nedotknutá a opticky čistá. Princíp tvarovania je na obr. 97.

Takto pripravené výlisky majú väčšiu tvarovú stabilitu, menšie vnútorné napätie a znesú horšie podmienky i pri vyšších teplotách, napr. v osvetľovacích telesách.

Vákuovo možno tvarovať platne hrúbky 2 až 3 mm. Tvarový koeficient je $\Lambda_0 : \Lambda = 1 : 1,2$. Najvhodnejší uhol zaoblenia je $R \geq 3 h_0$.

Na vákuové tvarovanie sa vyrábajú špeciálne poloautomatické stroje, najmä pre výrobu veľkých krytov pouličných a iných osvetľovacích telies.

Ťahanie hmotnosťou kvapaliny

Princíp tvarovania je na obr. 98 a používa sa, keď má mať výrobok čo najlepšie optické vlastnosti.

Predhriata platňa sa upne do sklopného rámu. Prípravok sa sklopí prírezom dole a nalievacím otvorom sa naleje kvapalina vyhriata na 130 až 140 °C. Býva to olej na kúrenie alebo glycerol. Kvapalina svojou hmotnosťou vydúva platňu.

Na väčšie vydutie sa použije stlačený vzduch. Metóda je vhodná najmä pri výtvarnom spracovaní materiálu, pretože umožňuje vytvárať najrozličnejšie tvary podľa výtvarného zámeru.

Ťahanie pomocou gumenej membrány alebo tvárnice

Pri tvarovaní pomocou gumenej membrány sa postupuje tak, že membránou, upnutou v ráme, tlačíme na platňu organického skla, ktorá je voľne položená na pozitívnu formu, takže sa platňa nemusí upínať do rámu. Metóda sa však dá použiť len na tvarovanie jednoduchých tvarov.

Ťahaním organického skla pomocou gumovej podušky alebo patrice sa získavajú presné výlisky. Guma môže byť pripravená napr. z odlievacieho silikónového kaučuku (Lukoprén N 1522). Predhriatu platňu, voľne položenú na negatívnu alebo pozitívnu formu tvarujeme tlakom na gumu. Tvarovanie je veľmi rýchle, pretože odpadá upínanie do rámu.

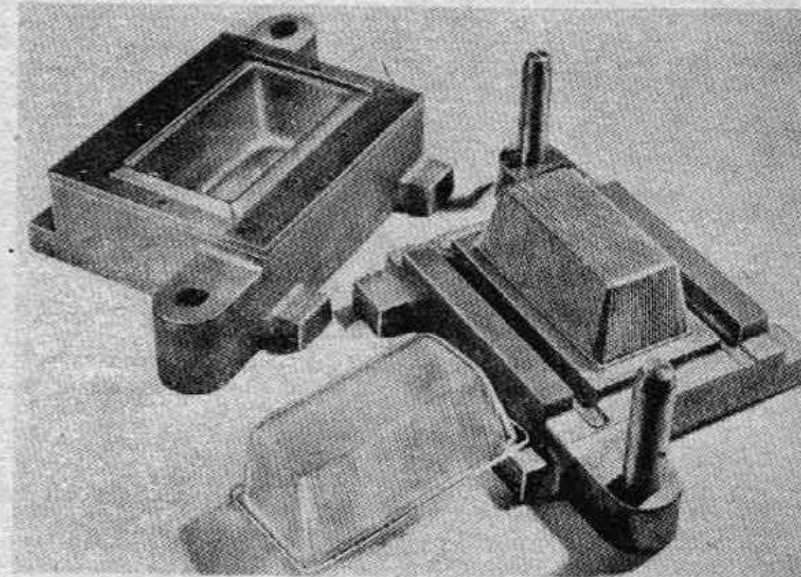
Priame lisovanie

Lisuje sa v hydraulických lisoch a formy sú z lešteného kovu, menšie série sa lisujú vo formách z Umatexu.

Lisovať možno organické sklo hrúbky 2 až 12 mm po príslušnom predhriatí. Formy sa vyhrievajú na teplotu 55 až 65 °C, aby materiál predčasne neochladol a aby sa mohli vylisovať aj zložitejšie tvary s rôznym prierezom stien a s ostrými uhlami. Takto sa vyrábajú technické dielce pre automobilový priemysel (obr. 100).

Razenie, dezénovanie

Pomocou tvrdých razníc možno na povrchu organického skla vytvárať rôzne dezény a ornamenty. Materiál sa predhreje na 120 až 140 °C, položí sa na tvrdú podložku a zvrchu sa lisuje studenou alebo predhriatou raznicou. Povrch materiálu sa natrie silikónovým olejom, aby sa



100 Lisovanie organického skla v kovovej tvárnici

99 Organické sklo možno brúsiť podobne ako sklo a pritom dosiahnuť pôsobivejšie svetelné efekty

uľahčilo oddelenie raznice. Tlak sa volí podľa požadovanej hĺbky reliéfu a raznica zostane zalisovaná tak dlho, až klesne teplota materiálu nižšie 50 °C.

Na prenesenie dezénu možno s výhodou použiť silikónový kaučuk vulkanizovaný pri normálnej teplote (Lukoprén N 1522, N 1725).

Do organického skla možno pomocou horúcich nástrojov (s veľkou tepelnou kapacitou) — najlepšie keramických, prípadne i kovových — raziť rôzne reliéfy, značky, písmo, stupnice, čísla a pod., pričom sa materiál nemusí predhrievať. Teplotu nástroja treba odskúšať podľa tlaku a požadovanej hĺbky reliéfu; má byť vyššia o 20 °C ako pri obyčajnom ťahaní — 140 až 160 °C.

Vysekávanie

Z platní organického skla možno vysekávať rôzne tvary pomocou šablón alebo razníc, prípadne oceľových vysekávacích nástrojov, najlepšie na excentrických alebo skrutkových lisocho. Jednoduché raznice sa dajú zhotoviť z oceľového pásu, ktorý sa zabrusí do mierne vydutej plochy. Ostrie je zošikmené tak, aby sa výsek dal ľahko vybrať. Kónická zbiehavosť vnútorných stien má byť 0,5°, čo stačí na ľahké vybratie alebo vytlačenie tvaru.

Organické sklo sa ľahko vysekáva len do hrúbky 1,5 až 2 mm. Materiál sa musí predhriať na teplotu 105 až 110 °C, ináč by sa pukal. Ako podložka sa pri vysekávaní použije preglejka, Umatex alebo tvrdý PVC.

Vyrovnanie hrán sa dosiahne opätovným zahriatím výseku a ich prebrúsením alebo preleštením.

Dodatočné opracovanie organického skla

Ďalšou pracovnou operáciou pri príprave prírezov, pri mechanických úpravách a pri začisťovaní výliskov je mechanické opracovanie, spájanie a povrchová úprava organického skla.

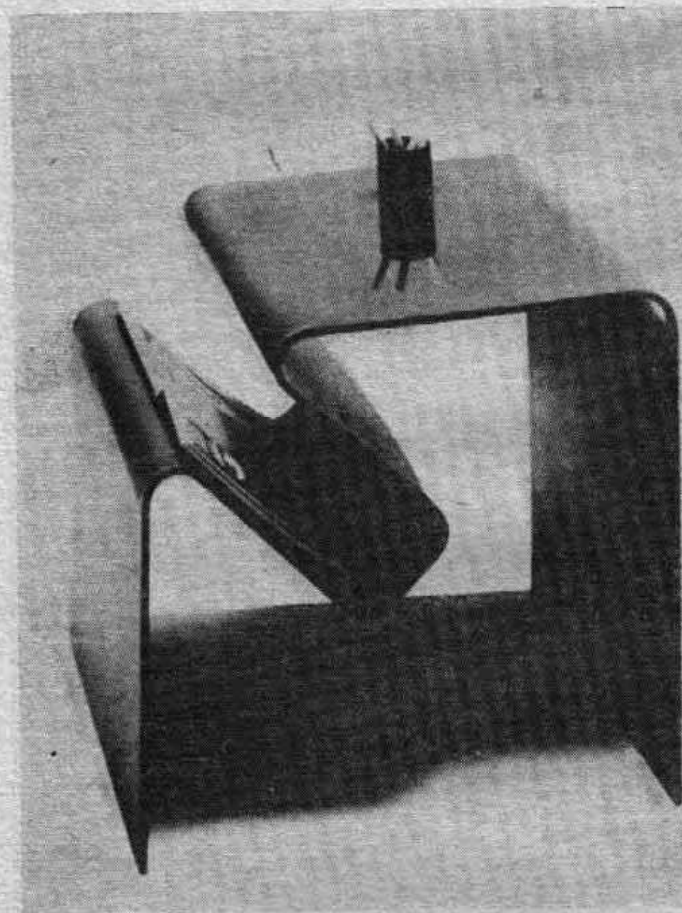
Ide o podobné operácie ako pri obrábaní kovov a dreva, t. j. rezanie, vŕtanie, rezanie závitov, sústruženie, frézovanie, hobľovanie, pilovanie, rytie,

gravírovanie, brúsenie, leštenie a vykrajovanie razením.

Pri všetkých týchto operáciách treba mať na zreteli, že termoplastické organické sklo sa správa inakšie ako kov alebo drevo (kov je dobrý vodič tepla a pri chladení vodou znesie veľké rezné rýchlosti; drevo nie je termoplastické a má malú hmotnosť).

Organické sklo sa v mieste obrábania rýchle prehrieva, materiál mäkne a keď sa dostane do plastického stavu zanáša nástroje a materiál sa v mieste opracovania deformuje. Organické sklo je zlý vodič tepla, takže treba zachovávať zásadu veľkých rezných rýchlostí, malého posuvu a takého chladenia, aby sa materiál miestne neprehrieval. Najúčinnjšie je chladit' prúdom stlačeného vzduchu ktorý súčasne odstraňuje z miesta rezu piliny.

Kritická teplota 60 až 70 °C sa nesmie prekročiť, preto treba rezať pomalým záberom, pričom sa toto



101 Konferenčný stolík z organického skla, vyrobený jednoduchým ohýbaním (Andrew Morrison)