

„Design-ul ambalajelor”

Curs 1

Anul IV Design industrial

Titular curs: Prof. univ.dr.ing. Mariana-Florentina ȘTEFĂNESCU

Cap.1 Ambalaje: generalități, funcții

1.1 Generalități

Proiectarea mașinilor pentru procesarea compușilor polimerici, mai mult poate decât în alte ramuri, este extrem de sensibilă la modificările proprietăților materiilor prime. Aceasta înseamnă că proiectantul trebuie să cunoască și să țină seama de aceste modificări, fie ele fizice, chimice sau tribologice, care apar de-a lungul procesului de prelucrare.

Posibilitățile de prelucrare pe mașini sunt foarte diverse. Materialele plastice pot fi procesate în echipamentele de prelucrare astfel încât să fie: **tari ca oțelul, dure ca piatra, transparente ca sticla, ușoare ca lemnul, elastice precum cauciucul natural** etc.

Există diferite tehnici distincte de formare a materiale polimerice care conduc la produse finite și anume:

- formarea prin injecție a materialelor termoplastice și termorrigide,
- formarea prin transfer a răsinilor,
- formarea prin suflare (injecție și suflare, extrudere și suflare),
- formarea prin centrifugare,
- formarea prin compresiune,
- termoformarea,
- formarea în cazul spumelor și pulberilor etc.

Toate aceste procese se bazează pe prelucrarea la cald a materialului polimeric.

În limbajul curent, **prin materia primă pentru obținerea ambalajelor din material plastic se înțelege** orice amestec organic complex de sinteză, obținut prin polimerizare, care poate fi modelat prin diferite procedee tehnologice (injecție, extrudere, termoformare etc.) într-o diversitate de forme și pelicule, sau care poate fi transformat în filamente și folosit ca fire/fibre/filamente textile.

MP se prezintă sub diferite forme (mai tari ca oțelul, mai moi ca mătasea etc.), în diferite culori și pot lua forme geometrice complicate. De aceea, de la inventatori și până la creatorii de modă, toți le folosesc. **Viața modernă nu ar mai fi la fel fără ele.**

Până în prezent au fost produse și se comercializează un număr de peste 50 de familii de polimeri. Fiecare familie poate avea zeci de polimeri cu proprietăți diferite.

Caracteristicile fizico-chimice care le conferă MP un avantaj în fața altor materiale pentru obținerea ambalajelor sunt:

- densitate mică,
- proiectare flexibilă,
- rezistență mecanică și duritate,
- ușurința prelucrării la temperaturi sub cea a multor alte materiale metalice,
- costuri de prelucrare scăzute,
- luciu,
- rezistență la coroziune și umiditate,
- putere mare de reproducere a reperelor,
- ușurință în colorare și realizarea aproape a oricărei texturi,
- posibilitate de tipărire/imprimare foarte ușoară.

Încărcarea energetică a MP este ilustrată în figura 1.1.

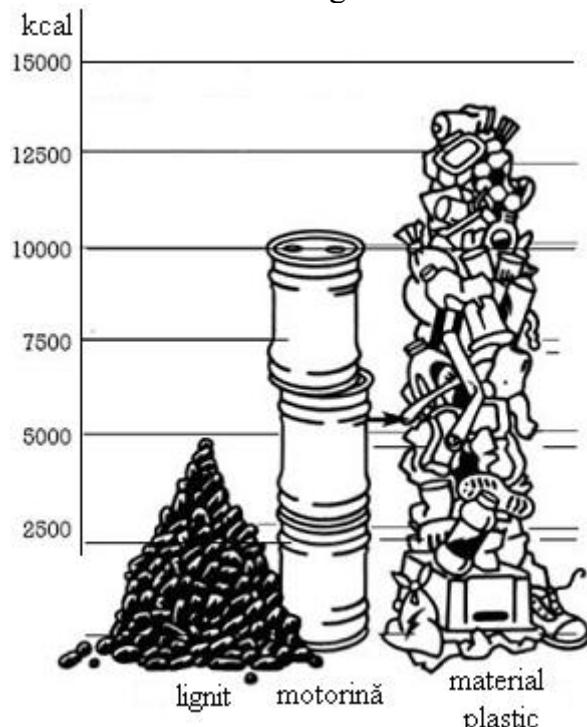


Fig.1.1 Conținutul de energie calorică (recuperabilă prin reciclare energetică), în kcalorii, pentru un kilogram din diferite materiale

Pentru fabricarea ambalajelor cel mai des se folosesc 6 MP: PP, LDPE, HDPE, PS, PVC, PC.

Procentul de utilizare a MP pentru obținerea ambalajelor este de 55% (fig.1.2).

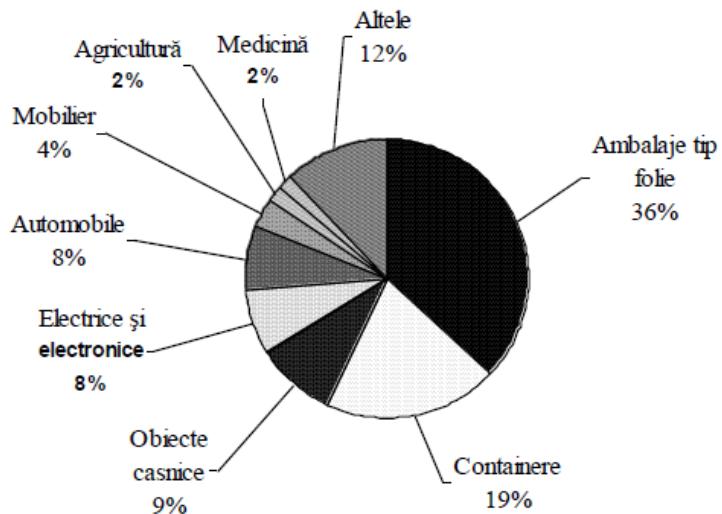


Fig.1.2 Procentul de utilizare a MP

Tendința în acest moment fiind de a **micșora consumul de energie pentru obținerea ambalajelor și a greutății acestora**. În medie, dintr-un kilogram de MP se realizează ambalaje pentru stocarea a 40 de litrii de lichide.

În ultimii 15 ani, pentru obținerea recipientelor din HDPE cantitatea de energie consumată a scăzut cu 22%.

În cazul pungilor alimentare scăderea, comparativ cu anii '70, cu 6 până la 8 grame pe bucătă, a reprezentat o scădere cu aproximativ două treimi a greutății acestora. Pe lângă aceasta, rezistența acestor produse a crescut, fiecare pungă susținând de 2000 de ori greutatea proprie actuală.

1.2 Funcțiile ambalajelor

Ambalajele și proiectarea lor s-a dezvoltat de-a lungul anilor. Există și un muzeu al ambalajelor în *Gloucester* (UK).

Ambalajele și apariția noilor produse au fost într-o interdependență.

Ambalarea este o știință, o artă și o tehnologie de închidere și protejare a produselor în scopul distribuirii, stocării sau utilizării. Ambalarea se referă, de asemenea, la procesul de design, evaluare și producere a ambalajelor. Ambalarea este și un sistem de pregătire a bunurilor pentru transport, protejare etc.

Eticheta ambalajului este definită ca orice tip de comunicare, tipărită prin înscriserea cuvintelor, a codurilor electronice sau grafic pe ambalaje sau separat de acestea, dar asociată lor.

Ambalajul a fost realizat la început din materiale naturale: nuiele (coșuri), lemn (lăzi), vase ceramice (amfore), sticlă (vase). Primele informații despre utilizarea hârtiei ca ambalaj datează din 1035 de la un înscris al unui vizitator persan în Cairo, care a văzut cum fructele, condimentele și uneltele pentru fierărie erau ambalate în hârtie după ce erau vândute cumpărătorilor. Fierul și oțelul au fost introduse ca ambalaje pe la începutul secolului al XIX-lea, iar cartonul, spre sfârșitul secolului al XIX-lea.

Ambalajele s-au dezvoltat în sec. al **XIX-lea** când tehnologia apărută a dat posibilitatea producătorilor să obțină un **surplus de produse care trebuiau păstrate pentru a fi vândute**. Pentru prima dată, tehnologiile folosite au permis producerea în cantități mari și de produse proaspete care trebuiau **transportate** la piață.

Producătorii sau intermediarii, pentru **a nu se deteriora**, trebuiau să vândă repede aceste produse. Pentru aceasta ei trebuiau **să atragă atenția cumpărătorilor** lucrul care a fost realizat cu ajutorul a ceea ce s-a numit mai târziu **ambalaj**.

În 1952 *Universitatea de Stat din Michigan* (Michigan State University) a fost prima universitate care a oferit pregătire în domeniul *Ingineriei ambalajelor*.

În secolul al XX-lea a început utilizarea aluminiului și a plasticelor pentru confectionarea ambalajelor.

Reciclarea ambalajelor post consum (deșeuri) s-a dezvoltat în anii '80.

Funcțiile de bază ale ambalaje, care au cunoscut și ele o continuă evoluție, sunt următoarele:

- **să ambaleze un produs într-un mod eficient și într-o formă corespunzătoare;**
- **să păstreze/conserve produsul;**
- **să sigileze și să protejeze produsul;**
- **să-i crească vizibilitatea produsului,**
- **să-i spună consumatorului ce produs este;**
- **să-i faciliteze distribuția și depozitarea;**
- **să ajute consumatorul să înțeleagă cum să folosească produsul, deci să-l informeze;**
- **și nu în ultimul rând, să vândă produsul.**

În prezent, aceste funcții de bază joacă un rol major în practica ambalării, oricât de sofisticate ar fi ambalajele. Modul în care se prezintă un produs este la fel de important astăzi, precum era în 1895 când *Jack Daniels* a lansat sticla pătrată pentru whisky. Sticla, făcută de *Alton Glass Company*, încorpora caracterul *charcoal*.

1.3 Rolul ambalajelor

1.3.1 Dobândirea rolului

Ambalajele au dobândit în timp mai multe **roluri**, și anume:

- **ca unealtă de piață,**
- ambalajul este **personificarea valorii și personalității unui brand**; el comunică consumatorului calitatea brand-ului; de aceea se spune că „brand-ul vinde marfa”;
- ambalajul **diferențiază producătorii mărfurilor**; etichetele de pe ambalaje (primele elemente ale ambalajului, cu care cumpărătorul ia contact) au devenit extrem de sofisticate; se apelează la culori, materiale și texturi care să-l impresioneze pe potențialul cumpărător. Astfel, producătorii din domeniul apei îmbuteliate aleg culoarea verde ca la brand-ul *Perrier*. În domeniul cosmeticelor și parfum-urilor, atingerea ambalajului comunică aspirațiile stilului de viață;

- ambalajul **modelează stilul de viață și comportamentul**. Rolul ambalajelor s-a extins și asupra stilului de viață al consumatorilor cărora le-a permis o viață mult mai mobilă, le-a permis călătorii și sportul, consumarea de lichide din ambalaje cu orificii corespunzătoare. Prin ambalare sunt păstrate: energia, dinamismul și tinerețea consumatorului. La ambalajele produselor de baie, consumatorul cere atraktivitate și să-i dezvăluie stilul de viață. Nu mai este de ajuns ca ambalajul să aibă o etichetă care să comunice beneficiile și miroslul, ci trebuie să fie estetic, să atragă atenția pe rafturile magazinelor și în reclamele TV unde vedetele autentice adaugă valoare brand-ului.
- Ambalajele au căpătat o valoare mult disproportională față de produsul însuși. Ele **transmit puterea brand-ului către utilizator**.

1.3.2 Cum pot ambalajele să influențeze cifra de afaceri

Unele industrii și companii sunt la curent cu inovațiile în domeniul ambalajelor mai mult decât altele. Inovațiile în domeniul ambalajelor pot să transforme o companie într-o de succes care să promoveze produsele ca fiind de cea mai bună calitate. Și nu numai atât, poate să construiască o strategie de vânzări și să creeze propria nișă unică, având competiție minimă, aproape toate categoriile de produse fiind create în jurul acestei singure nișe de piață care nu există în urmă cu câțiva ani. Sunt puține companii preocupate de acest lucru. Celealte se bazează pe o industrie cu o politică învechită sau pe campanii de promovare a ambalajelor care sunt expirate și banale. Producătorii preferă să rămână la aceeași campanie banală și apoi se întrebă de ce au scăzut vânzările sau, în cel mai bun caz, de ce stagniază acestea. Competiția este acerbă în mediul retail-erilor, indiferent de produs. Nu este suficient doar să creezi un produs nou sau să reconditionezi unul vechi, trebuie să îl și vinzi. De aceea, ambalajele au un rol important fiind cea mai bună unealtă de vânzare. Ambalajul trebuie să capteze atenția cumpărătorului, în timp ce oferă informații despre produs. Un exemplu pozitiv de ambalaje adaptate vremurilor/cerințelor consumatorilor este cel al industriei vinurilor, unde creșterea vânzărilor de produse se datorează adaptării ambalajelor la cerințele consumatorilor. Au fost create noi brenduri cu materiale noi pentru ambalaj, forme și etichete noi, care, alături de modalități noi de închidere a dozelor/sticlelor și de distribuire au contribuit la creșterea vânzărilor de produse.

Pe scurt: ambalajele trebuie să joace mai multe roluri, de la cele pur funcționale, la brand-uri campioane, de la distribuție efectiv eficientă, la produs și brand diferit.

Dezvoltarea ambalajelor a fost influențată de dezvoltările din tehnologie și transport, precum și de schimbările din societate. Astfel, tehnologia tipăririi ambalajelor, mai ales în domeniul materialelor plastice, a avut o evoluție rapidă.

Prin ambalaje și tehnologii, producătorii au dezvoltat noi soluții pentru nevoile clienților, prin brand-uri, managerii au impus pe piață profile diferențiate și prin proiectanți, priceperea de a răspunde repede și economic cerințelor clienților.

De exemplu, procedeul *Tetrapak* a crescut de la ideea de a crea un ambalaj pentru lapte, care să înmagazineze două cerințe: consum minim de material pentru realizarea ambalajului și igienă maximă pentru conținut.

1.4 Influența vremurilor

În timp, proiectarea ambalajelor a relevat influența factorilor artistici, culturali și stilul de viață.

Grafica ambalajului ilustrează influența unor lucrări precum: arta, filmul și moda. De exemplu, ambalajele pentru parfumul *Shocking* al Elsei Schiaparelli sau *Le Roi Soleil* de Salvador Dali arată influența spiritului anilor 50.

În 1897 *Shiseido* a introdus primul lor produs cosmetic *Eudermin* (din grecescul „piele bună”) al cărui ambalaj, de-a lungul a 100 de ani, a suferit schimbări radicale.

Din cele prezentate până acum, rezultă că proiectarea ambalajelor este o activitate stimulativă și creativă.

Analiza proiectării ambalajelor trebuie făcută din punct de vedere structural, comunicativ și grafic.

1.5 Utilizarea ambalajelor din materiale plastice în industria alimentară

1.5.1 Rol și proprietăți

Industria alimentară și de băuturi folosește jumătate din ambalajele existente pe piață. Ambalajele din materiale plastice reprezintă cel mai mare volum. Astfel, în una dintre cele mai mari țări consumatoare de ambalaje, Marea Britanie, se folosesc anual cam 9 milioane tone de ambalaje [17] din care se recuperează 30% și dintre acestea, cele mai multe sunt reciclabile.

Rolul și proprietățile ambalajelor din materiale plastice din industria alimentară sunt următoarele:

- să eliminate contaminarea produselor ambalate (apă, sucuri, carne și produse din carne, paste, sosuri, granule, fulgi, substanțe pulvulerante etc.),
- să permită o depozitare mai ușoară,
- să ușureze manevrabilitatea,
- să nu permită alterarea alimentelor în contact cu aerul (produsele vidate au o perioadă de utilizare de aproximativ trei ori mai mare),
- să mențină sub presiune lichide care conțin CO₂ în mod natural sau prin adăugare (îmbogățire).

1.5.2 Avantajele utilizării ambalajelor din materiale plastice

Iată câteva dintre aceste avantajele:

- a) Folosind materiale plastice pentru ambalare, producătorii salvează suficientă energie în fiecare an pentru a acoperi necesarul energetic pentru 3 ani și jumătate a unui milion de locuințe.
- b) Containerele din polistiren (PS) expandat folosesc cu 30% mai puțină energie decât cele din carton.
- c) La fiecare 7 camioane care transportă necesarul de ambalaje din carton este necesar un singur camion care să transporte același necesar de ambalaje, dar din plastic.
- d) Ca urmare a folosirii materialelor plastice la confecționarea ambalajelor, între 1990 și 1996 cantitatea de deșeuri de ambalaje depozitate a scăzut în greutate cu 17%.
- e) Dacă nu ar exista ambalajele din materiale plastice, cantitatea din alte ambalaje ar crește dramatic. De asemenea, ar crește și mai mult cantitatea de deșeuri alimentare, deoarece ambalajele care nu sunt din materiale plastice nu mențin în condiții igienice de durată produsele alimentare precum mezelurile, brânzeturile, carnea etc.
- f) Dacă nu am folosi materialele plastice la confecționarea ambalajelor, am fi mai dependenți de alte resurse naturale decât petrolul și astfel, volumul de deșeuri solide rezultat ar fi substanțial mai mare. În această situație s-ar consuma mai multă energie pentru a realiza noile ambalaje și pentru a le utiliza, pentru a le manipula, transporta etc., știind că materialele plastice au raportul densitate/rezistență cel mai scăzut.

În concluzie ambalajele din materiale plastice contribuie la reducerea:

- cantității de deșeuri,
- emisiilor,
- dependenței noastre de resursele naturale,
- energiei consumate.

Iată de ce este extrem de necesară reciclarea ambalajelor din materiale plastice.

95% din containerele din material plastic din industria alimentară sunt confeționate din PET și polietilenă de înaltă densitate.



Fig.1.3 Politica Uniunii Europene referitoare la ambalajele

1.6.1 Reglementări legislative

Orice companie trebuie să țină seama de prevederile cuprinse în *Directiva Consiliului nr. 94/62/CE privind ambalajele și deșeurile de ambalaje*, modificată prin Directivele 2004/12/CE, 2005/20/CE și de *Regulamentul (CE) nr. 1882/2003, Directiva Cadru nr. 2008/98/CE și Directiva 2014/955/UE*.

O cerință principală se referă la faptul că unui operator economic din domeniul producerii de ambalaje sau al importului de produse ambalate nu i se va permite să le introducă pe piață decât în măsura în care ambalajele sunt conforme criteriilor esențiale cuprinse în normative și nu depășesc limitele impuse în privința conținutului de metale grele.

Legea nr. 249/2015 adoptată în România reglementează modalitatea de gestionare a ambalajelor și a deșeurilor de ambalaje:

- comercianții trebuie să le asigure condiții cumpărătorilor de a lăsa ambalajele acolo de unde au achiziționat produsele, gratis,

- comercianților li se interzice să condiționeze acordarea garanției sau returnarea produsului de păstrarea ambalajului. De asemenea, au fost prevăzute în lege următoarele:

Ambalajele reutilizabile trebuie primite la schimb

- art. 13 - *firmele trebuie să primească înapoi de la clienți ambalajele reutilizabile doar pentru produsele pe care primii le au la vânzare. „(1) Operatorii economici care comercializează produse ambalate în ambalaje reutilizabile sunt obligați să primească ambalaje reutilizabile la schimb sau să ramburseze, la solicitarea cumpărătorului, valoarea depozitului (2) Obligația prevăzută la alin. (1) se limitează la ambalajele reutilizabile ale produselor pe care aceștia le comercializează“, se arată în lege.*

Sunt admise ambalaje mai puțin poluante

- *În plus, au apărut condiții mai dure privind nivelul de poluare al ambalajelor care sunt puse pe piață, odată cu produsele. Potrivit acestuia act normativ, „operatorii economici sunt obligați să introducă pe piață numai ambalaje la care suma nivelurilor concentrațiilor de plumb, cadmiu, mercur și crom hexavalent prezente în ambalaj sau în componentele acestuia nu depășește 100 de părți/milion raportat la greutate“, se arată la articolul 8.*

Cerințele esențiale reprezintă de fapt, **patru abordări distincte ale problematicii ambalajelor**, menite să reducă la minimum impactul acestora asupra mediului pe parcursul producției, utilizării și/sau eliminării lor.

Aceste abordări pot fi utilizate împreună. Uneori însă acestea pot implica anumite aspecte contrare (de exemplu, Un recipient din sticlă returnabilă cântărește mai mult decât recipientul din PET de unică folosință). Din acest motiv, pentru un anumit produs ambalat, trebuie aleasă cea mai potrivită abordare sau combinație de abordări.

Aceste abordări pot fi descrise după cum urmează:

- 1) Volumul și masa de ambalaje trebuie reduse la minimum pentru a menține nivelurile necesare de siguranță, igienă și acceptabilitate pentru produsul ambalat și pentru utilizatorul acestuia.**
- 2) Ambalajele trebuie fabricate astfel încât să permită reutilizarea conform normelor în vigoare.**
- 3) Ambalajele trebuie fabricate astfel încât să permită recuperarea materialelor, valorificarea energetică sau compostarea, în conformitate cu normele în vigoare.**
- 4) Cantitatea de substanțe toxice sau periculoase din ambalaje trebuie redusă la minimum în vederea minimizării prezenței acestora în emisii, în cenușă sau în levigatul generat la stațiile de incinerare sau la depozitele de deșeuri.**

Concentrațiile cumulate de plumb, cadmiu, mercur și crom hexavalent nu trebuie să depășească 100 ppm. Metalele grele se pot găsi în aditivii utilizati la confectionarea lăzilor din material plastic, precum și în cernelurile utilizate la tipărire. Furnizorii de ambalaje trebuie să informeze beneficiarii asupra acestor aspecte. O astfel de cerință a fost introdusă ca obligativitate în câteva țări europene.

Directiva Europeană 94/62/CE impune producătorilor/importatorilor să reducă volumul deșeurilor de ambalaje. În practică, aceasta oferă companiilor oportunitatea de a-și optimiza propriile procese tehnologice, de a reduce cheltuielile pentru materialul necesar confectionării ambalajelor și de a economisi fondurile necesare eliminării deșeurilor de ambalaje.

În vederea îmbunătățirii calității ambalajului, **companiile trebuie să identifice combinația optimă între produs și ambalajul acestuia**. Cu alte cuvinte, să observe care sunt cerințele pe care trebuie să le satisfacă un anumit produs. De exemplu, un detergent lichid satisfacă nevoia consumatorului de a spăla. Dacă un astfel de produs poate fi fabricat și ambalat într-o formă mai concentrată, astfel încât consumatorul să poată spăla același volum ca în cazul produsului nediluat, consumatorul va fi la fel de satisfăcut, iar producătorul va putea asigura în același timp o reducere a volumului de ambalaje și de deșeuri aferente. În acest exemplu, de o mare importanță s-a dovedit schimbul de informații privind adaptarea produsului.

În cadrul Uniunii Europene sunt reglementate următoarele aspecte:

- 1) Etichetarea mărfurilor alimentare pentru a oferi consumatorilor posibilitatea să fie informați în legătură cu conținutul și compoziția produselor respective. Etichetele ajută consumatorii să facă o alegere documentată în momentul achiziționării unui anumit produs. Etichetele sunt considerate ca fiind parte a ambalajului.
- 2) Ambalarea alimentelor și asigurarea **transabilității** produselor și identificarea ingredientelor utilizate pe parcursul tuturor stadiilor de producție, procesare și distribuție.

1.6.2 Posibilități privind reducerea cantității de ambalaje

a) Eliminați ambalajele

În Olanda, a durat șapte ani până când producătorii au renunțat la cartonul cu care ambalau tuburile de pastă de dinți. Nou tip de ambalaj din material plastic a făcut inutil vechiul ambalaj de carton în care erau comercializate tuburile de pastă,

economisindu-se astfel sute de mii de kilograme de material, cantități importante de energie și mii de ore de manoperă.

b) Mai puțin material pentru ambalaje

Numerose companii europene din diverse sectoare de activitate, au redus volumul de material utilizat pentru ambalaje. Au putut realiza acest lucru astfel:

- căutând materiale mai ușoare și mai subțiri,
- eliminând spațiile libere din interiorul produsului ambalat încărcat pe paleții de manevrare și prin
- îmbunătățirea performanțelor produsului.

Exemple de „supunere a ambalajelor la un regim de dietă” pot fi găsite pe două site-uri de internet:

- www.preventpack.be/ (în franceză),
- www.gruener-punkt.de/, unde se descrie, bilanțul performanței și optimizarea ambalării (în engleză și germană).

c) Reutilizarea ambalajelor

Lăzile de plastic constituie un bun exemplu de reutilizare a ambalajelor. Același lucru se aplică și ambalajelor pentru produse lichide (din sticlă sau plastic) sau cutiilor de carton. Companiile care reutilizează ambalaje nu trebuie să achiziționeze altele noi, economisind astfel fonduri. Lăzile din material plastic sunt disponibile în toate tipurile, fie în formă rigidă, fie pliabile.

d) Reciclarea materialelor de ambalaje după utilizare

Există numeroase tipuri de măsuri menite să îmbunătățească posibilitățile de reciclare. Proiectanții de ambalaje trebuie să fie preocupați să conceapă ambalaje din care ulterior, să poată fi separate cu ușurință materialele componente. *Direcțiva Europeană 94/62/CE* stipulează faptul că producătorii/importatorii pot să aplice pe ambalajele lor **un sistem corespunzător de marcaj și identificare**. Spre exemplu, bucla lui Moebius, propusă de *Organizația Internațională pentru Standardizare* (ISO, Geneva), reprezintă simbolul internațional care arată că un anumit produs poate fi reciclat. Cu toate acestea, utilizarea acestui simbol este încă facultativă. De altfel, reglementările privind acest tip de simboluri nu sunt încă uniformizate.

O reclamă de la începutul anilor '30 nu încuraja reutilizarea (**Fig.1.4**).

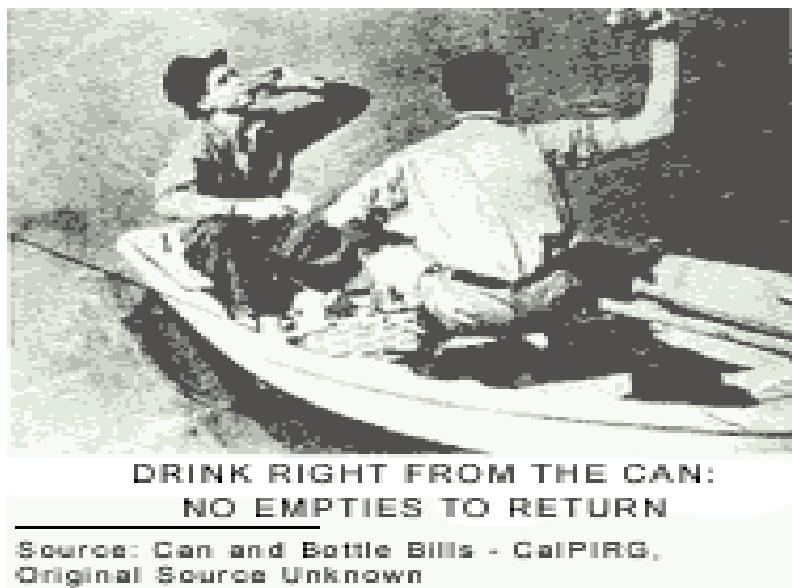


Fig.1.4 O reclamă de la începutul anilor '30

Dar, lucrurile s-au schimbat cu trecerea anilor (Fig.1.5) și pentru reciclare au început să se acorde stimulente.



Fig.1.5 Reclamă care încearcă să încurajeze cumpărătorul să recicleze ambalajul

e) Compostarea materialelor de ambalare după utilizare

Există deja numeroase cazuri de ambalaje confecționate din acid lactic sau amidon și care sunt biodegradabile.

f) Utilizarea de materii prime reciclate în confecționarea de ambalaje

În cazul în care consumatorii își separă propriile deșeuri menajere, se pot confecționa noi materiale de ambalare.

g) Evoluția tehnologiilor de ambalare

În ultimii zece ani, cantitatea de material plastic utilizat pentru același ambalaj a scăzut cu 25%. Greutatea foliilor de acoperire a palețiilor a scăzut cu peste 80%. Alte ambalaje, precum cutiile de conserve, au pierdut în ultimii 20 de ani aproximativ 45% din greutate, iar ambalajele din sticlă au devenit cu aproximativ 10% mai ușoare. Același lucru s-a întâmplat cu hârtia și cartonul. A crescut semnificativ proporția de utilizare a hârtiei reciclate ca materie primă secundară în producerea de material de

ambalare. Cutiile de carton gofrat pot conține mai mult de 75% hârtie sau carton reciclate.

1.7 Trecutul și viitorul ambalajelor

Primele ambalaje din plastic de tip pungă au fost pentru pâine, sandwich-uri, fructe, legume și au fost introduse în Statele Unite în 1957. Sacii pentru gunoi din plastic au apărut în întreaga lume spre sfârșitul anilor '60. În prezent, ambalajele reprezintă 25%-35% din greutatea medie a unui coș de gunoi. Odată cu creșterea rezistenței materialelor și perfecționarea tehnologiilor de producție s-a obținut o micșorare a cantității de materiale pentru fabricarea ambalajelor, ceea ce nu a diminuat numărul acestora. În urmă cu 50 de ani pungile din plastic erau de două ori mai groase.

America de Nord și Europa de Vest utilizează 80% din pungile de plastic existente, deși acestea sunt tot mai frecvent întâlnite și în țările în curs de dezvoltare. Fiind omniprezente, pungile din plastic au primit și porecle. Irlandezii le-au numit „stindard național”, iar sud africanii, „floare națională”. Există chiar și o sărbătoare numită „ziua interzisă a plasticului” serbată într-o provincie indiană.

Un sfert din pungile de plastic din țările bogate sunt fabricate, în prezent, în Asia. Marea consumatoare, Statele Unite, reciclează 0,6% din cele 100 de miliarde de pungi din polietilenă utilizate, restul ajung la gropile de gunoi.

Pentru încurajarea producerii și utilizării ambalajelor biodegradabile au fost legalizate metode de facilitare a pătrunderii pe piață și încurajare a consumului acestora în detrimentul celor non-biodegradabile. Viitorul ambalajelor din materiale non-biodegradabile diferă de la o țară la alta, fără a fi însă promițător. Astfel, în Muntenegru, începând cu 1 ianuarie 2010, se plătește o taxă de 100 euro/tonă de material plastic non-biodegradabil produs și de numai 1 euro/tonă pentru produsele plastice biodegradabile conforme cu ASTM D6954-04 sau ASTM D6400-04 sau EN 13432. Muntenegru se alătură astfel unor țări precum Argentina, Brazilia, Maurițius, Slovenia, România, Ungaria, Barbados, Emiratele Arabe Unite, Mexic unde legislația a început să dea prioritate produselor din plastic biodegradabil.

În Irlanda, plasticul non-biodegradabil reprezenta, în 2002, un sfert din gunoiul aruncat zilnic. Din acest motiv în martie 2002, Irlanda a luat atitudine: pentru fiecare pungă de plastic trebuia să plătești 15 eurocenți. A rezultat astfel, o reducere cu 95% a numărului de pungi folosite. În numai șase luni s-au strâns 3,5 milioane de euro, sumă care a fost folosită pentru proiecte de mediu. Taxa pentru pungile din plastic non-biodegradabil este încă în vigoare.

Din ianuarie 2002 guvernul Republicii Sud Africane a cerut producătorilor săi de pungi din plastic să le realizeze mai rezistente și mai scumpe pentru a descuraja acumularea de deșeuri. S-a realizat o scădere a deșeurilor din pungi de plastic cu 90%.

În China pungile din plasticul non-biodegradabil au fost interzise, în Australia și Norvegia există discuții pe tema interzicerii lor, pe când în SUA, se pare că ele vor continua să fie distribuite pe piață. Conform unui studiu al Worldwatch Institute, cu sediul la Washington, americanii folosesc în medie 100 de miliarde de pungi din plastic pe an, adică peste 330 de bucăți/persoană. O familie de patru persoane aruncă anual aproximativ 1.500 de pungi. Guvernul Statelor Unite se ferește să ia măsuri care

i-ar putea deranja pe consumatori și susține că autoritățile locale trebuie să decidă ce trebuie să facă pe viitor. Autoritățile orașului San Francisco, începând din 2008 au interzis pungile non-biodegradabile, dar restricția se aplică doar în cazul principalelor magazinelor mari.

În Uniunea Europeană s-a pus problema ca până în 2010 să se renunțe la fabricarea ambalajelor din plastic non-biodegradabil.

În Belgia, magazinele Delhaize își răsplătesc cu puncte și cadouri clienții care folosesc de mai multe ori o pungă din plastic, cu toate că alternativa nu este să le ia gratuit, ci să le cumpere. În Franța, producătorul de produse pentru îngrijire corporală, L'Occitaine, utilizează pungi din hârtie fabricată din resturi de mere.

Există state care pedepsesc chiar utilizarea pungilor non-biodegradabile din plastic. În Uganda, de exemplu, pedeapsa poate ajunge la 3 ani de detenție sau plata unei amenzi de 1500 USD.

Țările din Europa de Est, încearcă să implementeze inițiative legislative care să rezolve problema poluării cu deșeuri din plastic. Astfel, Ungaria a legiferat sacoșele biodegradabile recunoscând cele două variante: plasticul hidro-biodegradabil și plasticul oxo-biodegradabil din poliolefine.

Bibliografie

1. Ștefănescu, Mariana-Florentina, (2012) *Forme de injecție pentru materiale polimerice. Îndrumar de proiectare*, Ed. POLITEHNICA PRESS, București, ISBN 978-606-515-9
2. Iordache, Gh., Ștefănescu, Mariana-Florentina, (2001) *Proiectarea mașinilor din industrie de proces. Probleme*, Ed. PRINTECH, București, ISBN 973-652-432-9
3. Sereș, I. (1997), *Matrițe de injectat în exemple. Soluții constructive, exemple de matrițe, date utile*, Imprimeria de Vest, Oradea
4. Menges, G., Mohren, P. (1997), *How to Make Injection Molds*, Hanser Pub., New York
5. Periodice din domeniu: *Polymer Engineering Science*, *European Plastic Product Manufacturer*, *European Tools & Mold Making*, *Mold Making Technology*, *Plastics Engineering*, *Plastico Industrial* etc.
6. *** Standarde din domeniu



„Design-ul ambalajelor”

Anul IV - DI

Curs 2

Cap.1 Noțiuni generale cu privire la procesul formării prin injectare a materialelor polimerice. Descrierea formei de injectie. Clasificarea formelor de injecție.

Titular curs: Prof. univ. dr. ing. Mariana-Florentina ȘTEFĂNESCU

1.1 Procesul de formare prin injecție

1. 1868 – John Wesley Hyatt a format prin injecție primele repere: bile pentru biliard din celuloid
2. 1980 – compania Apple folosește ABS-ul pentru Computelele II,
3. 02.12.1982 – primul transplant artificial la care s-a utilizat o inimă artificială din MP pneumatică, realizarea doctorului Robert Jarvik (pacient Barney Clark),
4. 1990 – AI s-a remarcat cu proprietăți deosebite la realizarea FI.

Procesul de formare prin injecție constă în introducerea forțată a materialului polimeric, aflat la temperatura de curgere sau de topire, într-un gol numit cuib sau cavitate (care are conturul piesei dorite), menținerea în acest cuib un anumit interval de timp, până se formează reperul (păstrând astfel, forma cuibului) și evacuarea din cuib. Pereții cuibului sunt cei ai cavității (aflată în semiformă fixă) și ai miezului sau poansonului (aflat în semiformă mobilă).

Practic, mașina de injecție are trei mari unități funcționale: unitatea de injecție, forma de injecție și sistemul de închidere al formei.

Formarea prin injecție a materialelor polimerice este un proces:

- **ciclic**,
- **continuu și**
- **rapid**,

prin care se obțin un număr mare de repere, în general, **identice**, utilizând componente ingineresci de medie și înaltă precizie. Popularitatea acestei tehnici este dată de faptul că poate fi folosită atât în producția de serie cât și în cea de prototipuri.

1.2 Principalele avantaje ale utilizării acestei tehnologii sunt:

- productivitatea foarte ridicată care se înregistrează datorită gradului ridicat de mecanizare și automatizare,
- posibilitatea realizării unor repere cu forme complexe (grosimi diferite, orificii, asimetrii, inserții nemetalice sau metalice etc.), fără să fie nevoie de prelucrări ulterioare cu excepția, eventual, a îndepărțării rețelei de turnare (materialul întărit în canalele de curgere) sau a bavurilor (prelingeri de material printre semiforme);
- formarea simultană a mai multor piese (de ordinul zecilor) identice sau diferite, din același material sau combinații de materiale diferite, monocrome sau multicolore (de exemplu, stopurile autovehiculelor);
- costul relativ redus al reperelor.

1.3 Construcția și funcționarea agregatului de injecție

În general, mașina este împărțită în **trei mari unități funcționale**, acest lucru facând posibilă alegerea celei mai potrivite combinații de unități care să satisfacă cerințele unei fabricații optime, și anume:

- **agregatul de plastifiere și injecție**,
- **forma de injecție sau matrița** și
- **agregatul de închidere**.

Procesul de formare prin injecție constă în introducerea forțată a materialului polimeric, aflat la temperatura de curgere sau de topire, într-un gol numit cuib (care are conturul piesei dorite), menținerea în această cavitate un anumit interval de timp, până se formează reperul (păstrând astfel, forma cuibului) și evacuarea din cuib. Pereții cuibului sunt cei ai cavitatei (aflată în semiformă fixă) și ai miezului sau poansonului (aflat în semiformă mobilă).

Formarea prin injecție se poate aplica materialelor termoplastice, termoreactive (simple sau armate) și elastomerilor.

Polimerul se introduce la temperaturi cuprinse între 150°C și 300°C și presiuni ridicate (100MPa – 300MPa), în funcție de tipul de material polimeric utilizat și de caracteristicile reperului format (complexitate, grosime etc.).

La intrarea în forma rece, materialul termoplastice suferă un proces de contractie (volumul se micșorează și densitatea crește), moment în care melcul aduce o cantitate suplimentară de material pentru compensarea contractiei. Această fază se numește compactizare (compactare) sau menținere. Compactizarea se încheie în momentul în care, cel mai mic dintre canalele de alimentare, poarta (pragul, digul), se sigilează ca urmare a solidificării (răciri) materialului polimeric. Din acest moment, materialul termoplastice își continuă răcirea în formă (sistemul de răcire preia căldura topiturii), până în momentul în care, materialul reperului format, atinge o temperatură suficient de scăzută încât reperul să fie evacuat fără deteriorări.

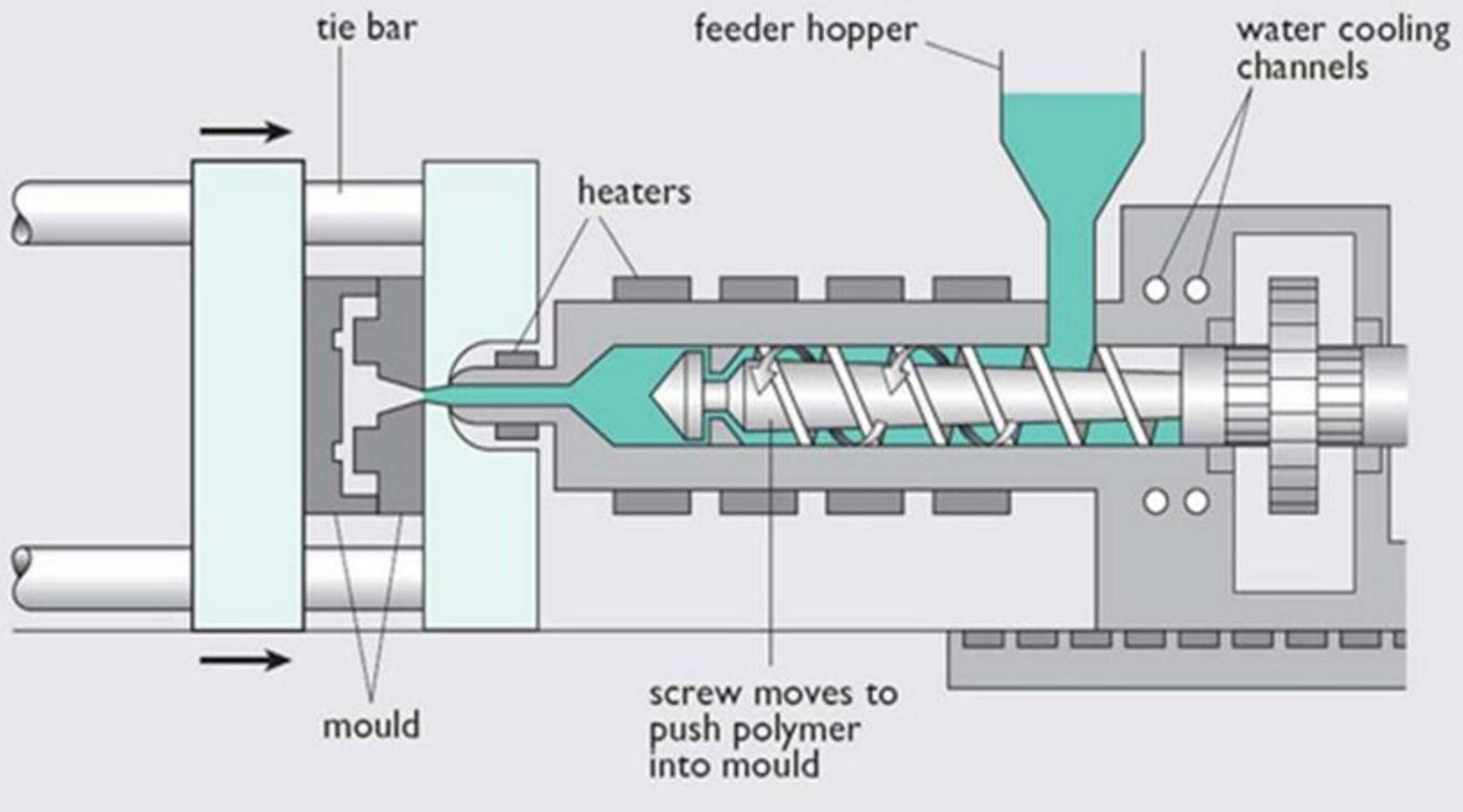


Fig.1 Principalele unități funcționale (de reprodus)

Analizat prin prisma transformărilor materialului polimeric, procesul cuprinde 4 etape:

- a) închiderea formei de injecție și alimentarea agregatului de topire și injecție cu granule polimerice,
- b) topirea și omogenizarea polimerului,
- c) introducerea topiturii în forma de injecție (alimentarea sau umplerea) și formarea reperului (compactizare și răcire),
- d) deschiderea formei de injecție și evacuarea reperului.

Ciclul unei formări prin injecție cuprinde 5 etape:

- a) închiderea formei de injecție și topirea granulelor polimerice,
- b) umplerea sau alimentarea FI cu topitură,
- c) compactarea și menținerea topiturii în FI,
- d) răcirea FI și alimentarea cu granule a agregatului de plastificiere,
- e) deschiderea FI și evacuarea reperului.



Fig.3 Agregatul de formare prin injecție

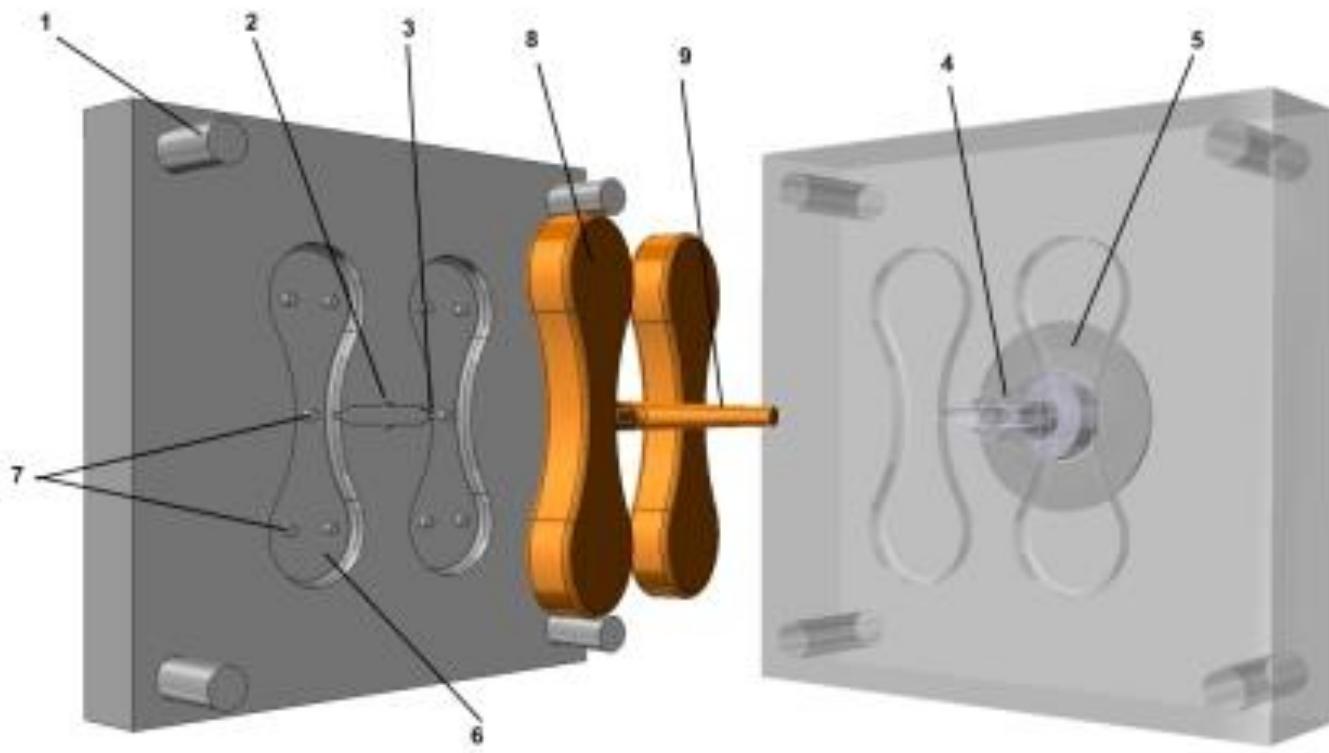


Fig.4 Semiformele deschise, cele 2 repere formate și rețeaua de alimentare

1.4 Descrierea formei de injecție (FI) sau matriță

Forma de injecție este un subansamblu complex al mașinii de formare prin injecție, alcătuit dintr-un număr de elemente (uneori peste 1000) care interacționează activ sau pasiv. Formele au dimensiuni și geometrii diferite, unul sau mai multe cuiburi de formare și un număr de componente de bază obligatorii.

Forma de injecție este alcătuită din 2 semiforme (plăci de formare) prinse pe platourile fix și mobil ale agregatului de închidere a formei: una fixă (poziționată spre agregatul de plastifiere) și una mobilă (care cuprinde și sistemul de aruncare) despărțite printr-un plan de separare, pentru formele cu deschidere într-o treaptă, și prin două planuri de separare, pentru formele cu deschidere în două trepte. Semiformele dău geometria reperului.

Semiforma fixă cuprinde locașul, iar semiforma mobilă cuprinde miezul sau poansonul. La desfacerea semiformelor reperul rămâne în partea mobilă a FI.

Există o serie întreagă de componente incorporate în formă, cum ar fi:

- sistemul de conducere a topiturii,
- sistemul de centrare,
- sistemul de alimentare cu topitură etc.

FI cu două planuri de separare (Fig.5-b) au avantajul de a reține rețeaua de distribuție în placă flotantă (Fig.5 poziția 3) și apoi de a o elimina. Această placă flotantă poartă numele și de „a treia placă de formare”. Acest tip de formă este mult utilizat pentru flexibilitatea pe care o are, chiar în cazul formării unui număr mare de repere.

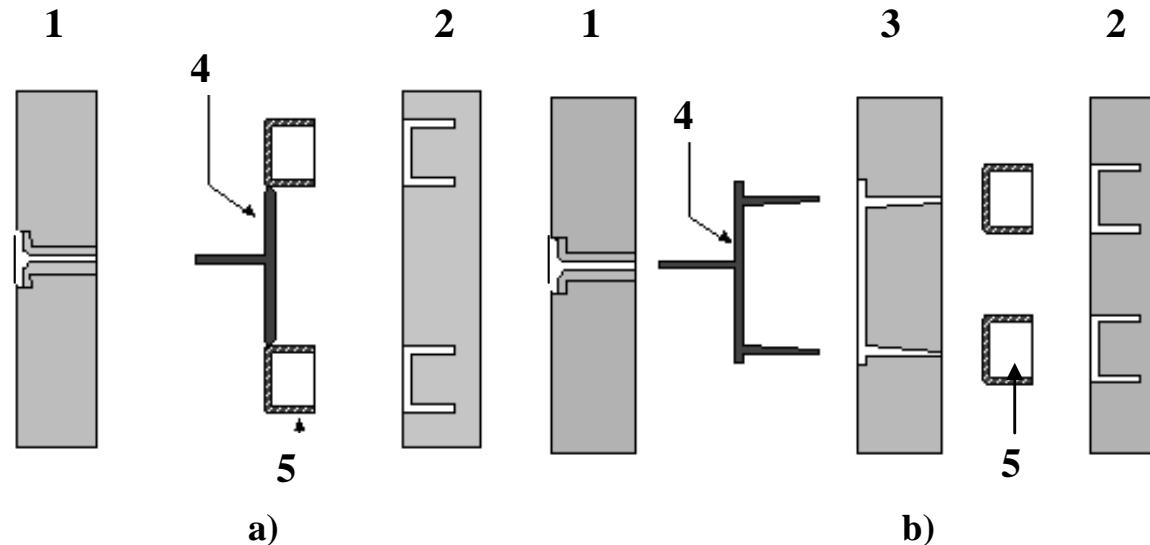


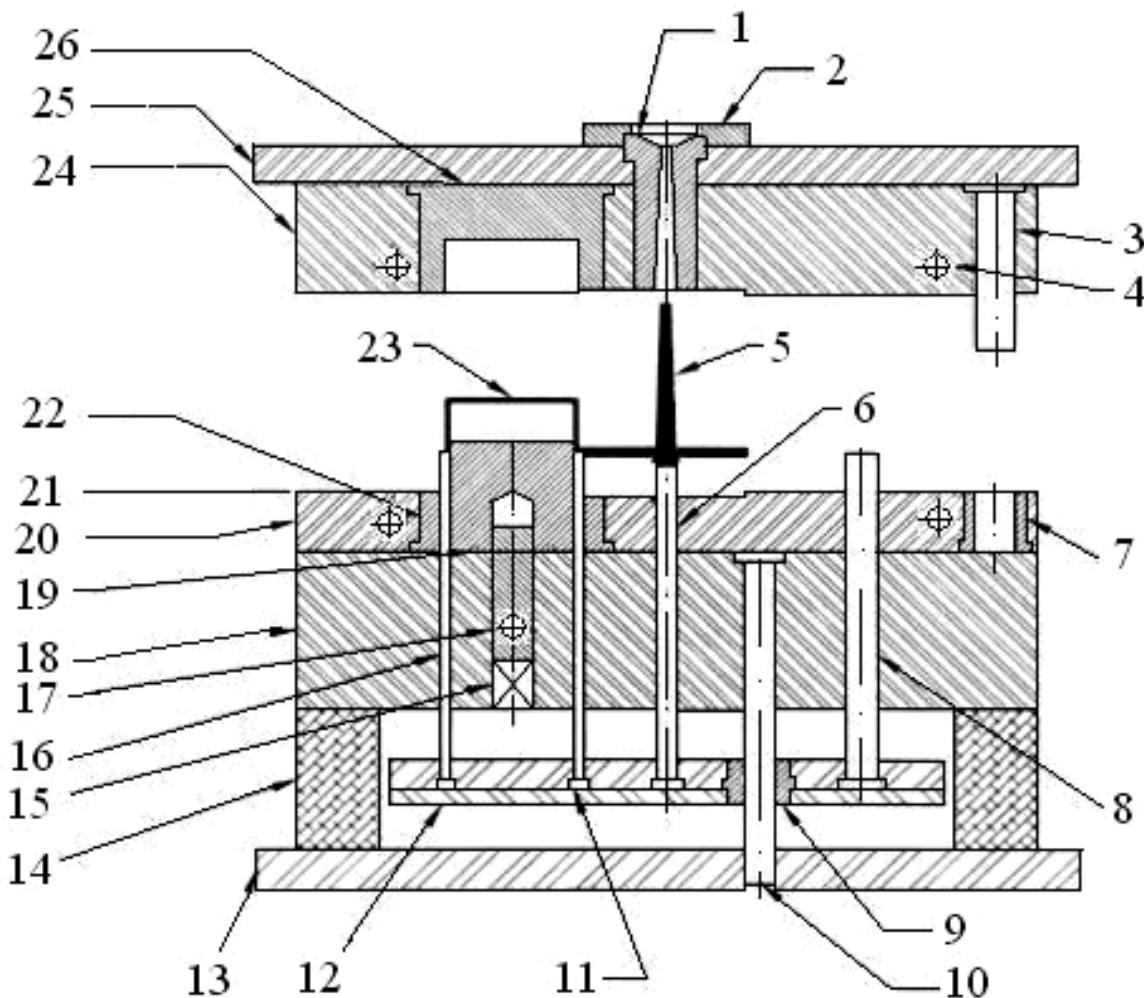
Fig.5 Formă de injecție cu: a- un plan de separare, b- două planuri de separare
1- placă de formare (semiformă) fixă, 2- placă de formare (poanson sau semiformă) mobilă, 3- placă flotantă cu rol de demulare, 4- rețea de alimentare, 5- repere

1.5 Funcțiile FI

- 1.păstrarea și distribuirea topiturii, concomitent cu evacuarea aerului din locașuri, în timpul umplerii cu topitură,
- 2.formarea și răcirea/încălzirea materialului,
- 3.evacuarea (extragerea) sau demularea reperului,
- 4.asigurarea rezistenței mecanice,
- 5.asigurarea rigidității,
- 6.înglobarea, obligatorie pentru reușita procesului de formare, a unor sisteme/elemente funcționale (de exemplu: sistemul de ghidare, cel de centrage, de transmitere a diferitelor mișcării relative etc.).

Fig.6 Formă de injecție (cu deschidere într-o treaptă)

- 1- duză de injecție,
- 2- inel de centrare,
- 3- știft de ghidare,
- 4- circuit de răcire, 5- culee,
- 6- tijă extractor pentru culee,
- 7- bucă de ghidare,
- 8- știft readucător,
- 9- bucă de ghidare,
- 10- știft de ghidare,
- 11- placă readucătoare pentru extractoare
- 12- placă port-extractoare,
- 13- placă de fixare pe platoul mobil,
- 14- placă distanțieră,
- 15- pană, 16- știft extractor,
- 17- obturator, 18- placă suport,
- 19- garnitură, 20- placă fixare miez,
- 21- plan de separare, 22- miez,
- 23- reper, 24- placă fixare cavitate,
- 25- placă de prindere pe platoul fix, 26- cavitate.



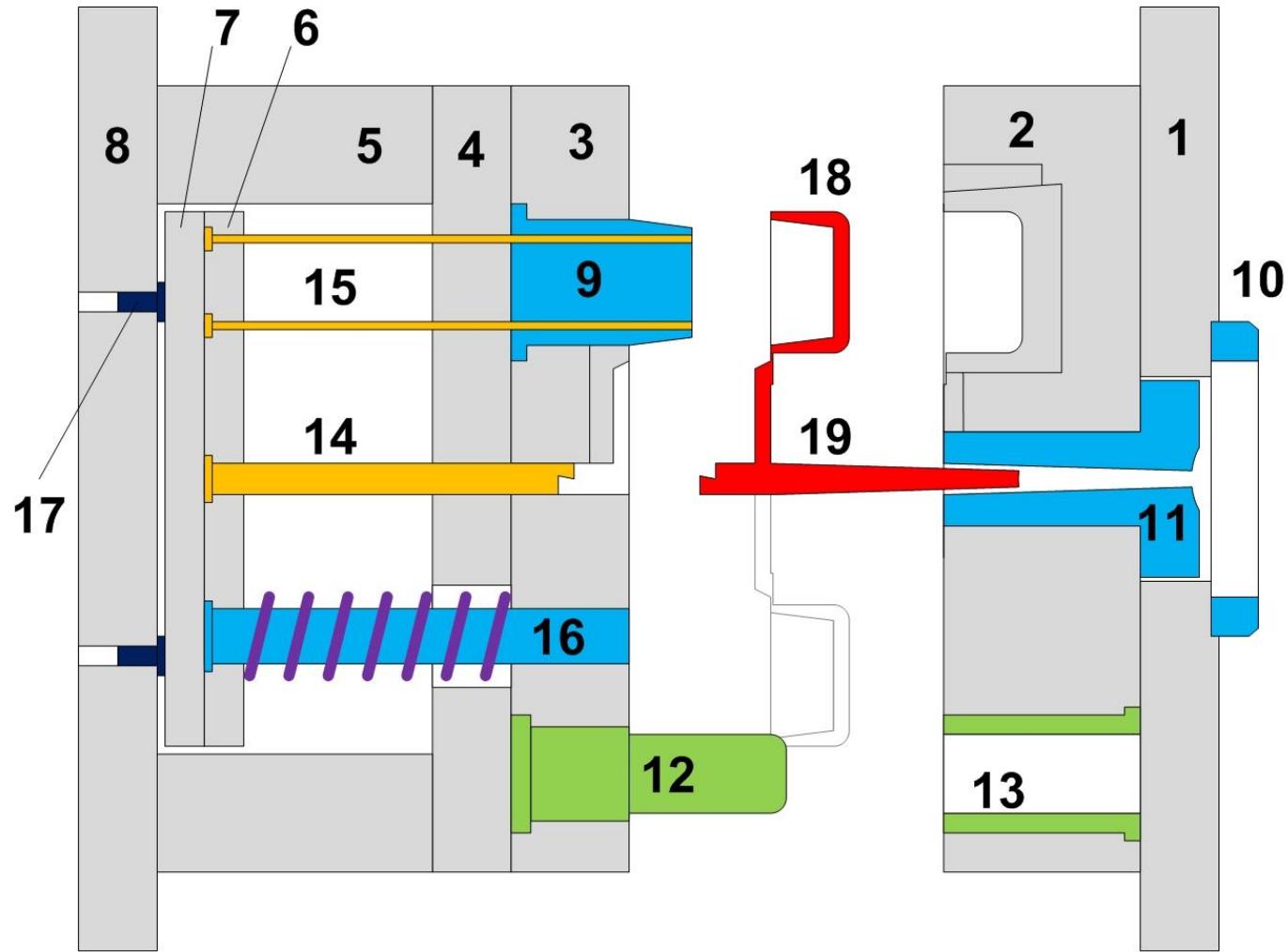


Fig.7 FI cu seschidere într-o treaptă (un plan de separare)

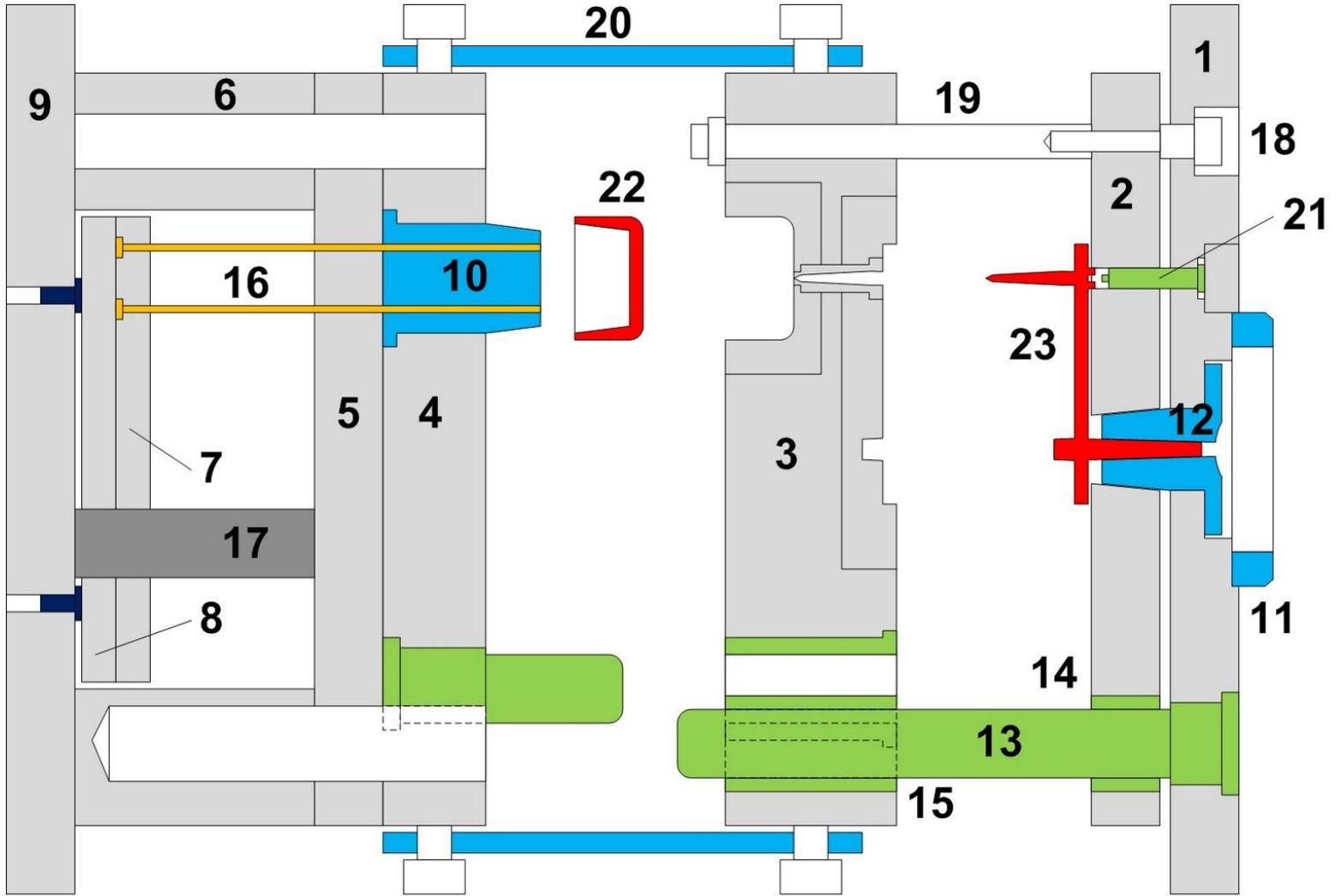


Fig.8 FI cu deschidere în două trepte (două plane de separare)

1.6 Construcția FI

ține seama de componentele funktionale de bază (absolut obligatoriu) și de elementele de proiectare ale cavității.

Componentele mecanice de bază ale FI sunt prezentate în Fig.9.A și 9.B.

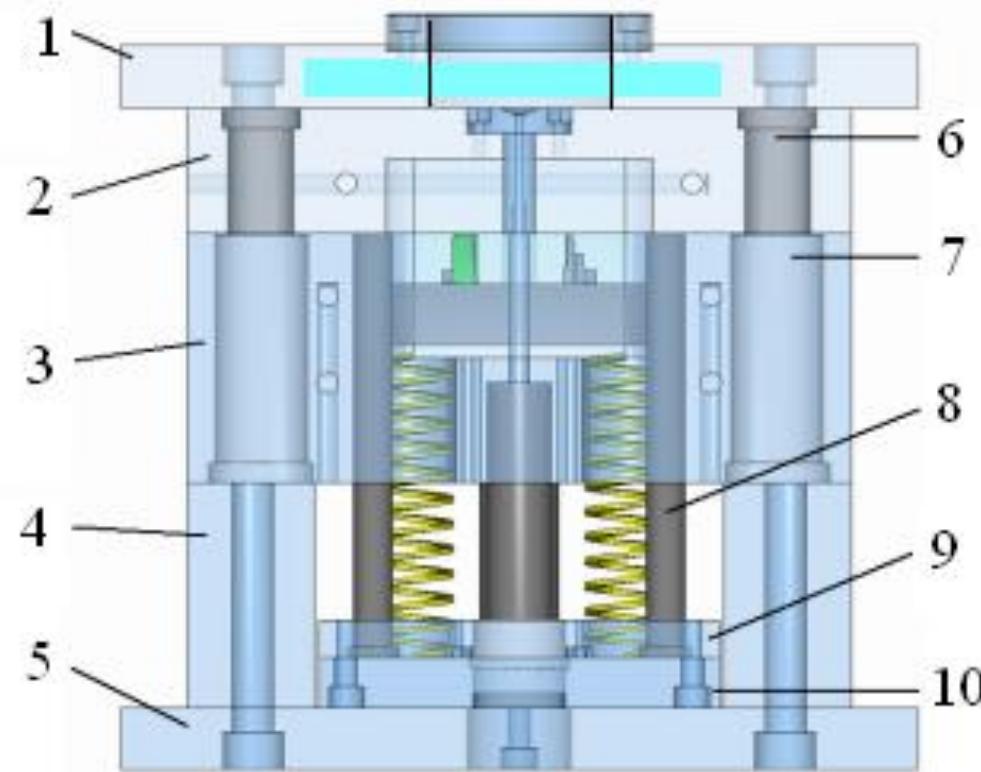


Fig.9.A

- reprezentare
față

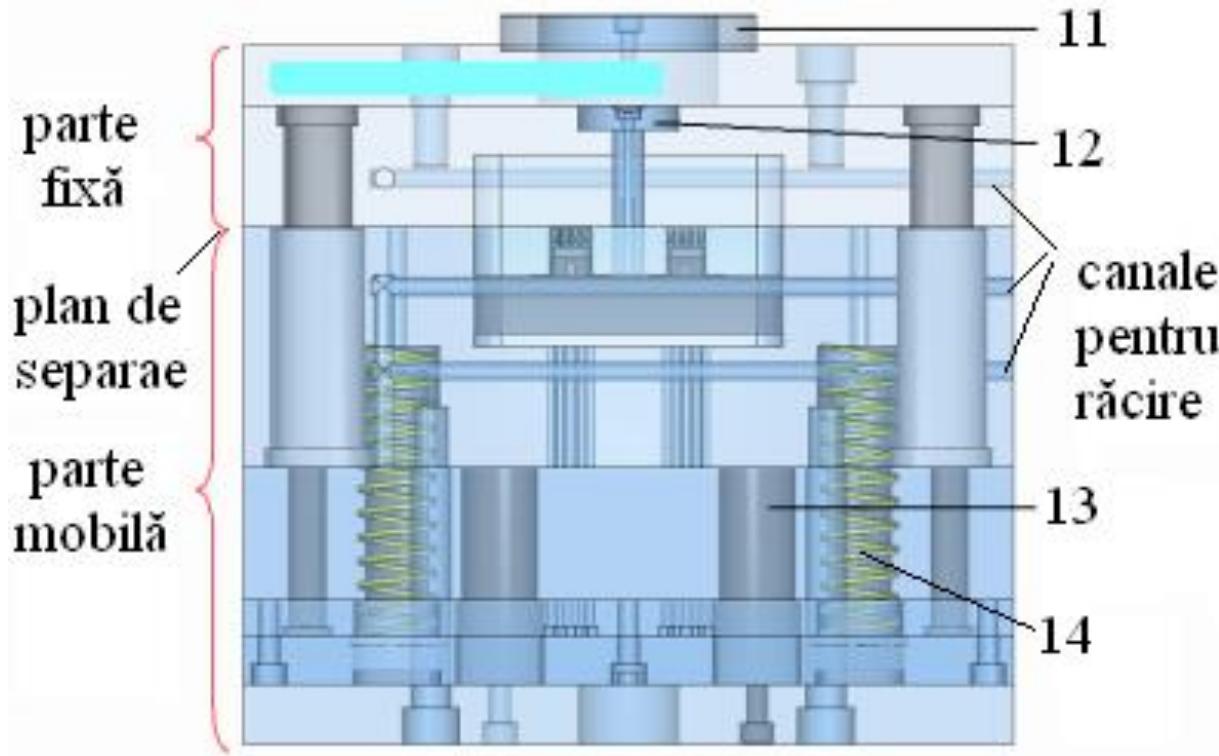


Fig.9.B

- reprezentare
laterală

Fig.9 Părțile componente ale unei forme de injecție (asamblate)

- 1- placă de prindere pe platoul fix, 2- semiformă fixă (cuprinde locașul sau cavitatea), 3- semiformă mobilă (cuprinde miezul sau poansonul), 4- bloc distanțier, 5- placă de fixare pe platoul mobil al agregatului de închidere, 6- coloană de centrare, 7- bucșă de centrare, 8- știft readucător pentru revenirea extractorului (tijă rapel), 9- placă port-aruncătoare, 10- placă aruncătoare, 11- inel de centrare, 12- duză de injecție (alimentare), 13- piloni de rezemare, 14- arcuri pentru revenirea plăcii aruncătoare



Fig.10 Formarea prin injecție a paharelor

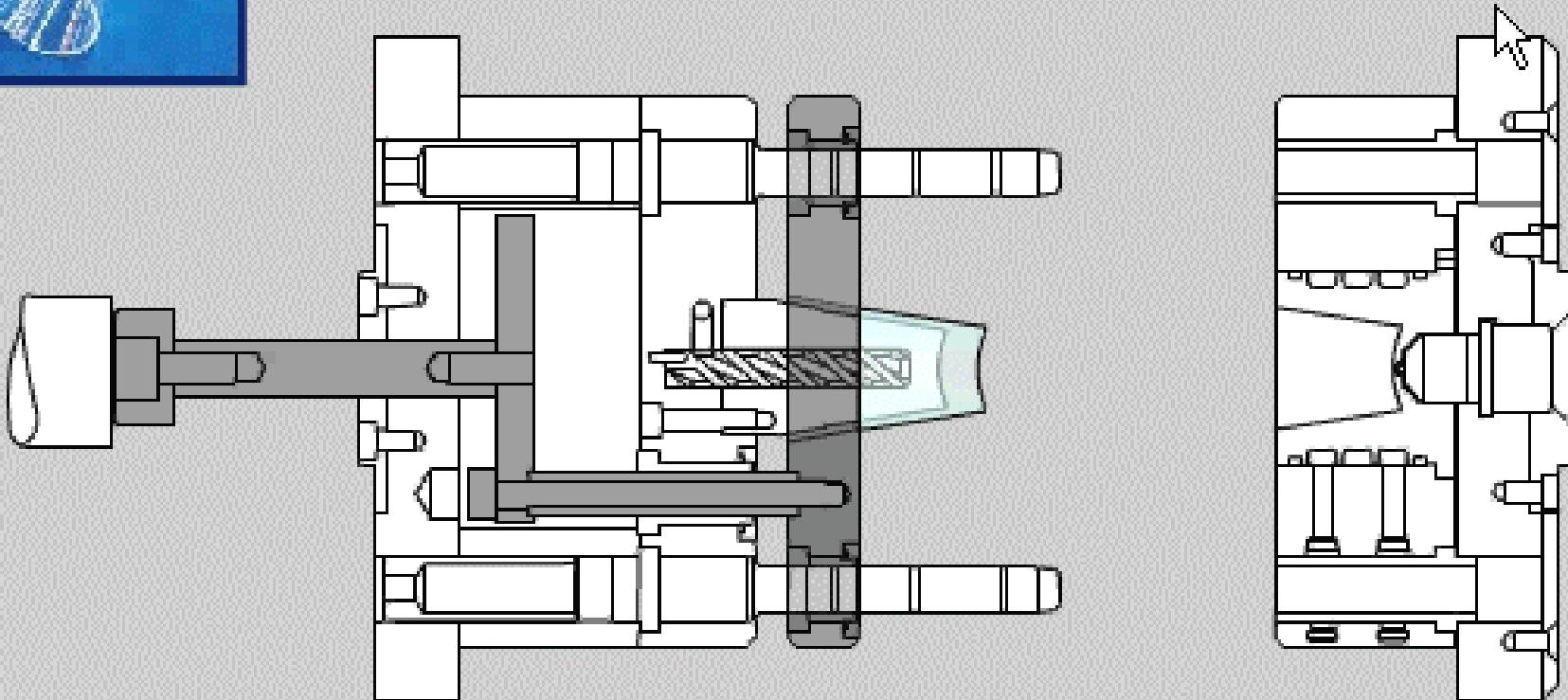
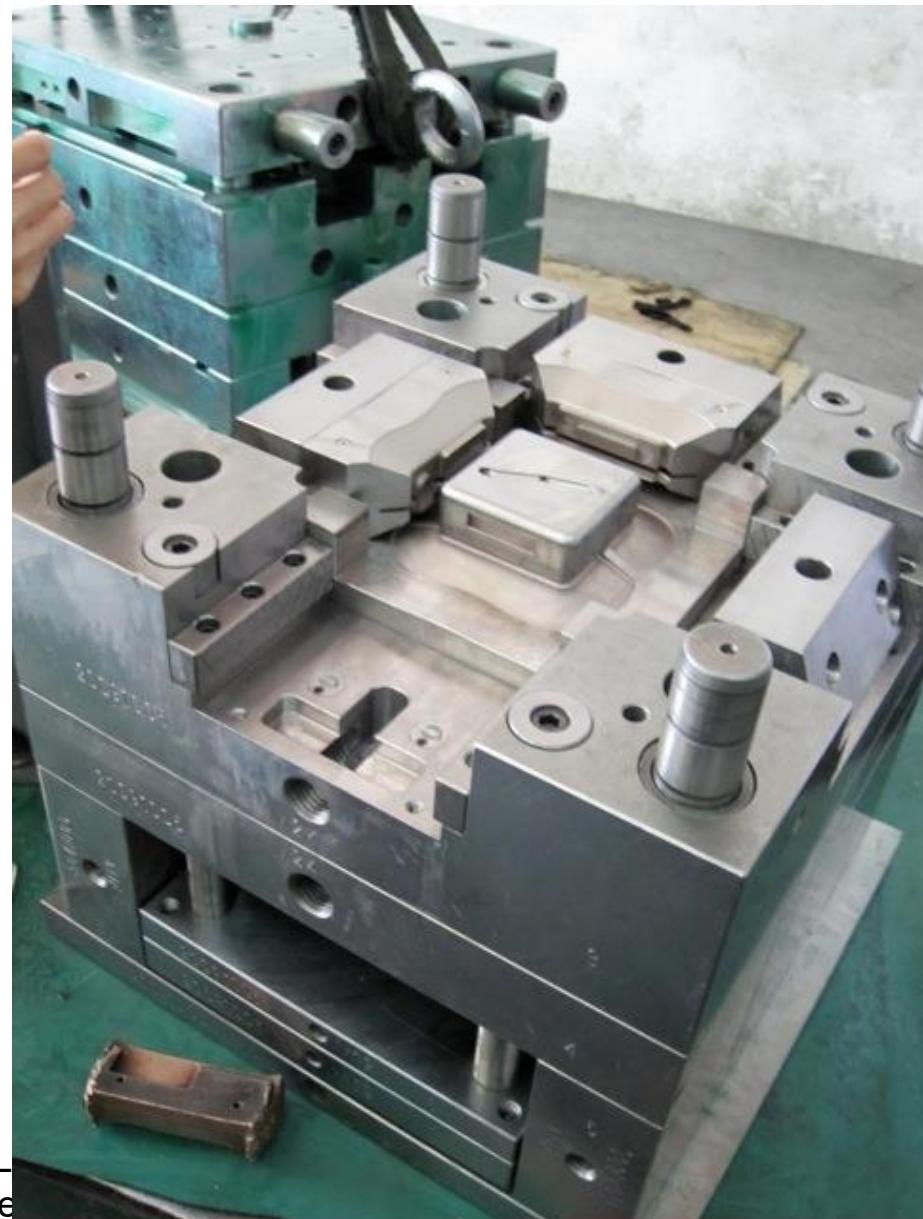
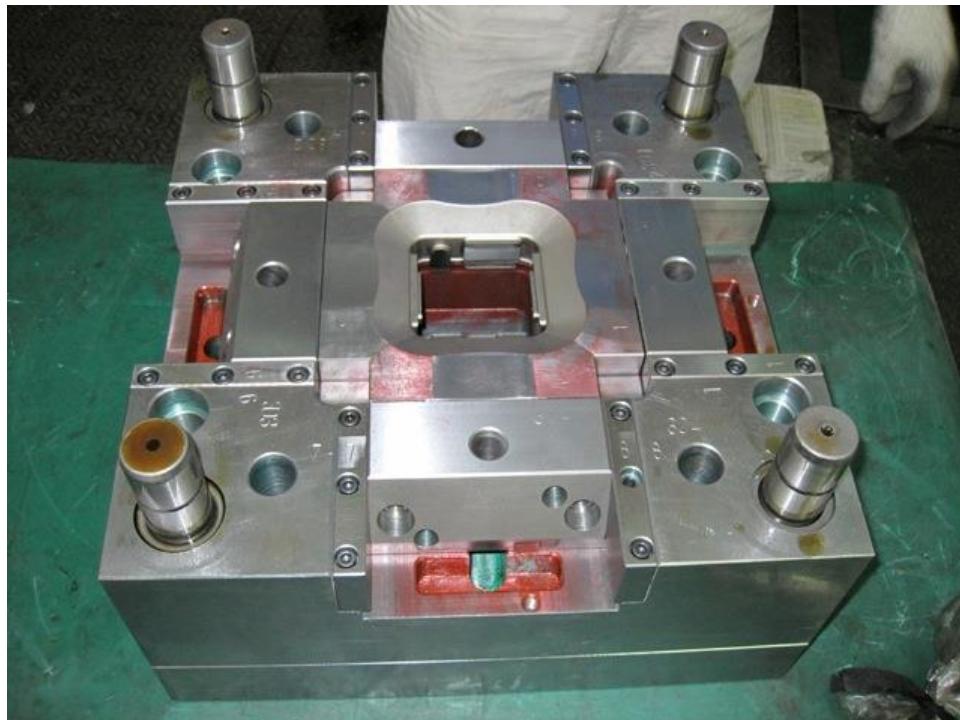
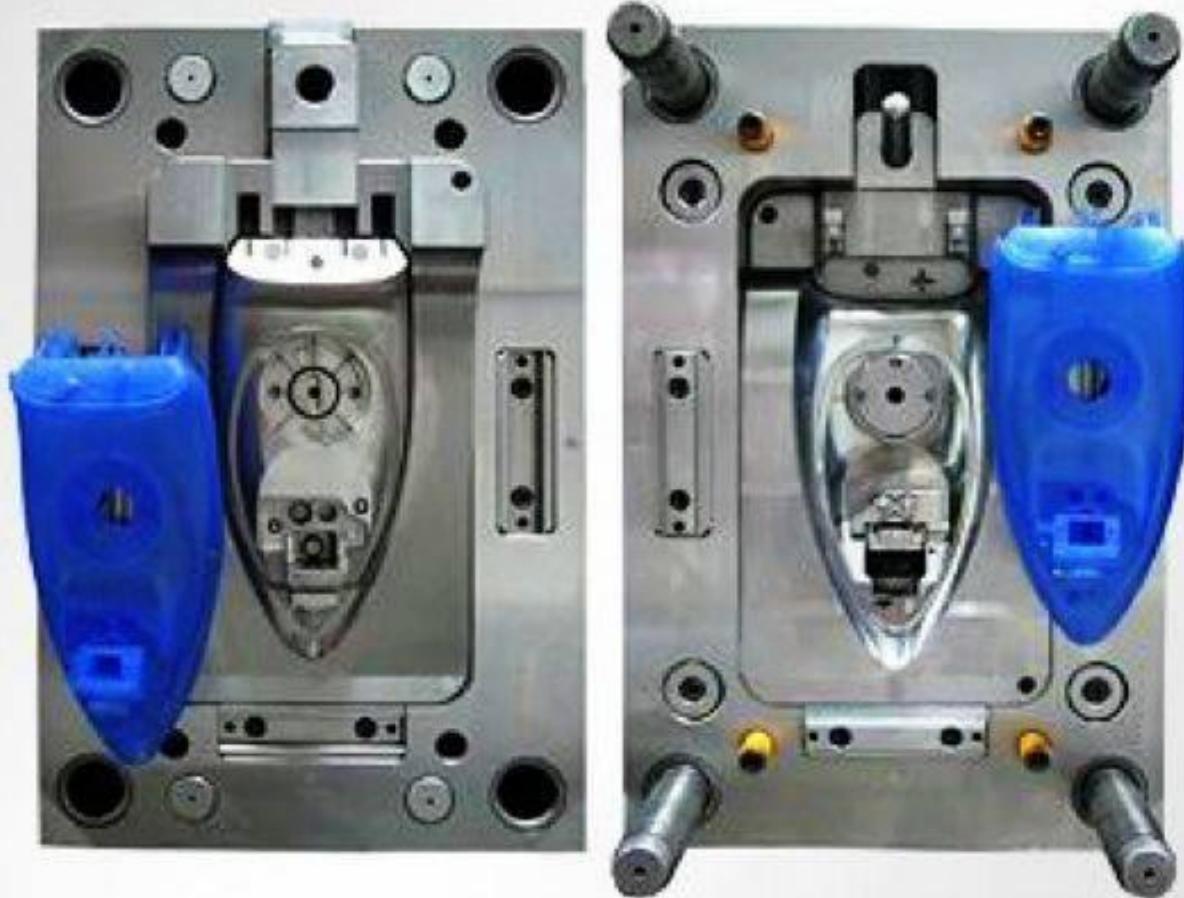
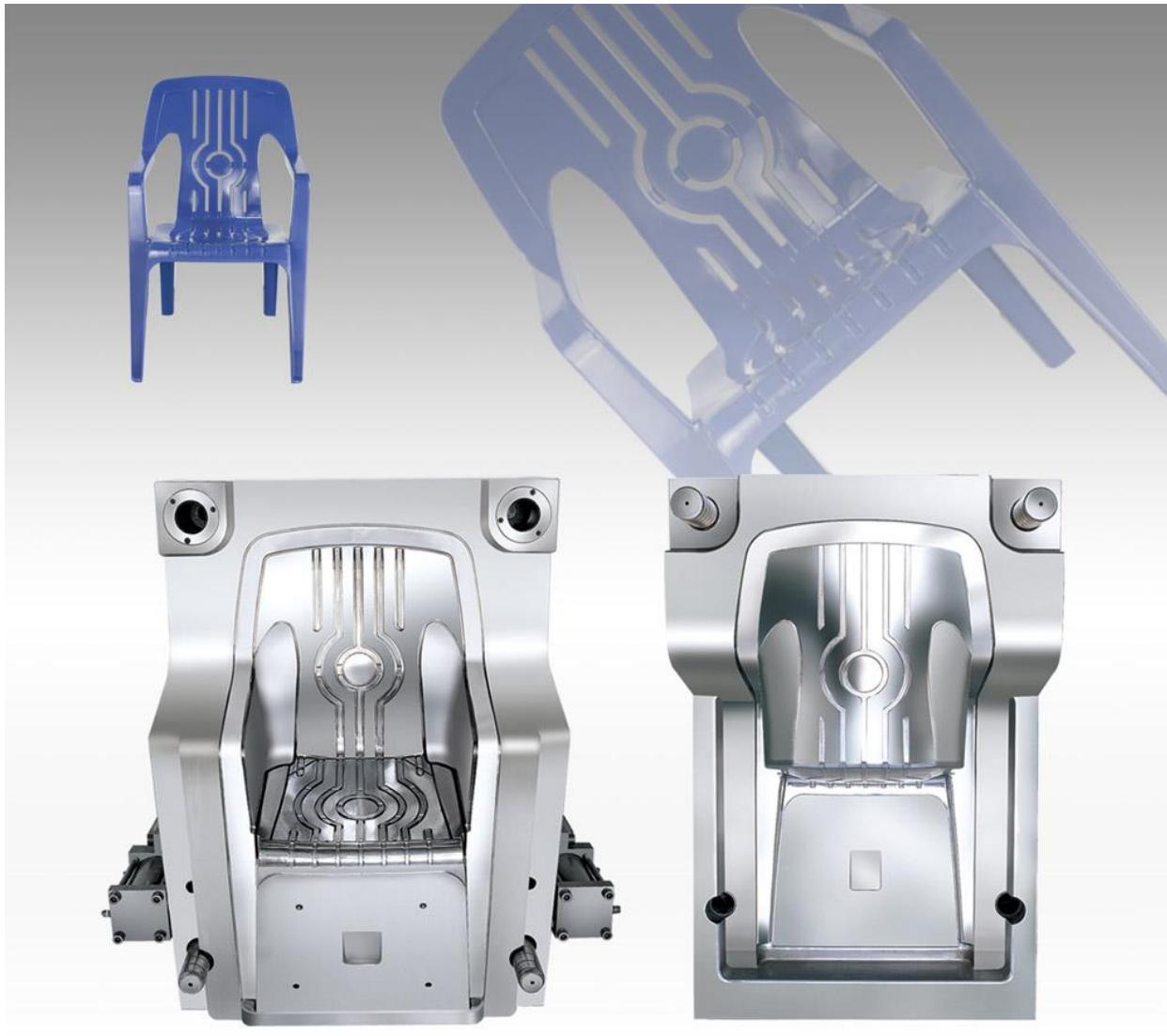


Fig.11 Exemple de FI









1.7 Clasificarea formelor de injecție

Utilizarea tehnicii de formare prin injecție a materialelor polimerice a cunoscut o continuă evoluție odată cu diversificarea geometriei reperelor formate, a materialelor polimerice și metalice utilizate, precum și a tehnicii de formare.

Există mai multe criterii de clasificare pentru formele de injecție care țin seama de geometria reperului, prezența filetelor sau a nervurilor, numărul de repere formate în același timp etc.

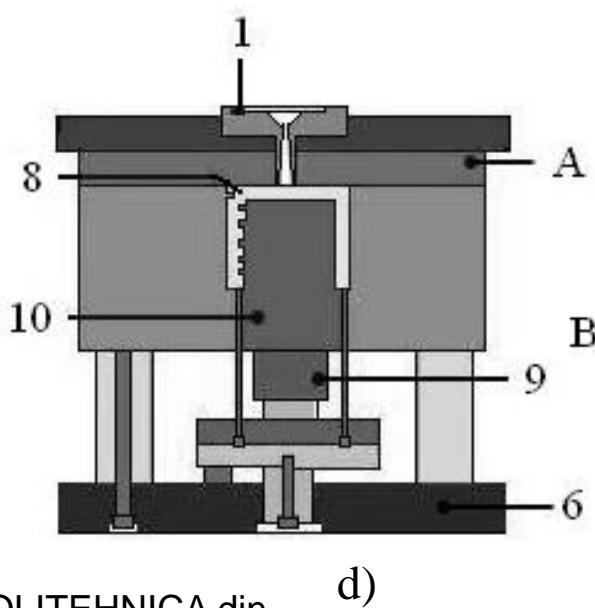
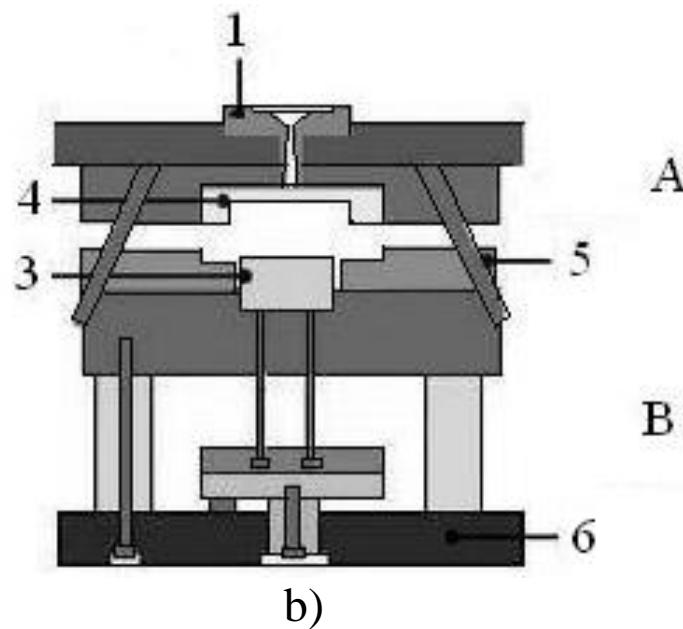
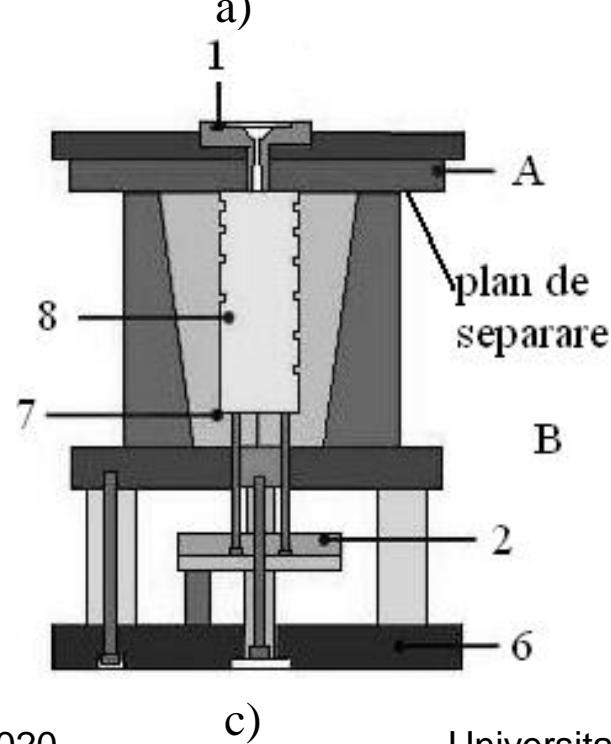
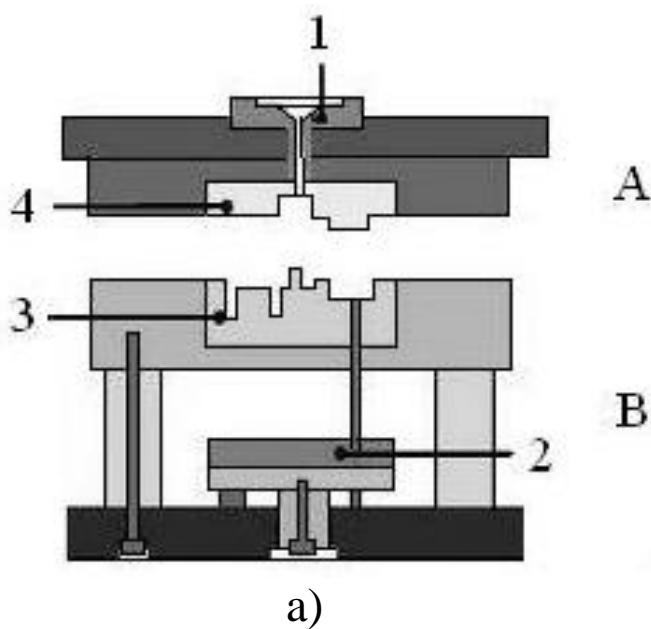
Cele mai cunoscute criterii de clasificare sunt următoarele:

✓ după planul de separare:

- cu un plan de separare,
 - cu două planuri de separare,
 - cu mai multe planuri de separare;
- ✓ după sistemul de injecție:
- cu injecție directă,
 - cu injecție cu canale de distribuție,
 - cu injecție punctiformă,
 - cu injecție peliculară sau film,
 - cu injecție inelară,
 - cu injecție tip umbrelă,
 - cu injecție cu canal tunel,
 - cu injecție cu canale izolate,
 - cu injecție cu canale încălzite;

- ✓ după tipul sistemului de aruncare:
- cu aruncare mecanică (cu tije de aruncare, aruncare tubulară, cu placă dezbrăcătoare, aruncare în trepte, sisteme speciale),
- pneumatică,
- hidraulică;
- ✓ după tipul constructiv al formei reperului:
 - simple,
 - cu bacuri,
 - cu deșurubare,
 - cu inserții.
- ✓ după nivelul de automatizare: cu operare manuală, semiautomată și automată.

Pentru a proiecta o FI, este indicat ca proiectantul să pornească de la o schiță simplă care să corespundă reperului care urmează să fie format. În figura 12 sunt prezentate câteva schițe simple de FI și caracteristicile lor. Forma standard (a) are un singur plan de separare și o singură direcție de deschidere. Se utilizează pentru toate tipurile de repere cu excepția celor care prezintă nervuri și/sau filet (exterior sau interior).



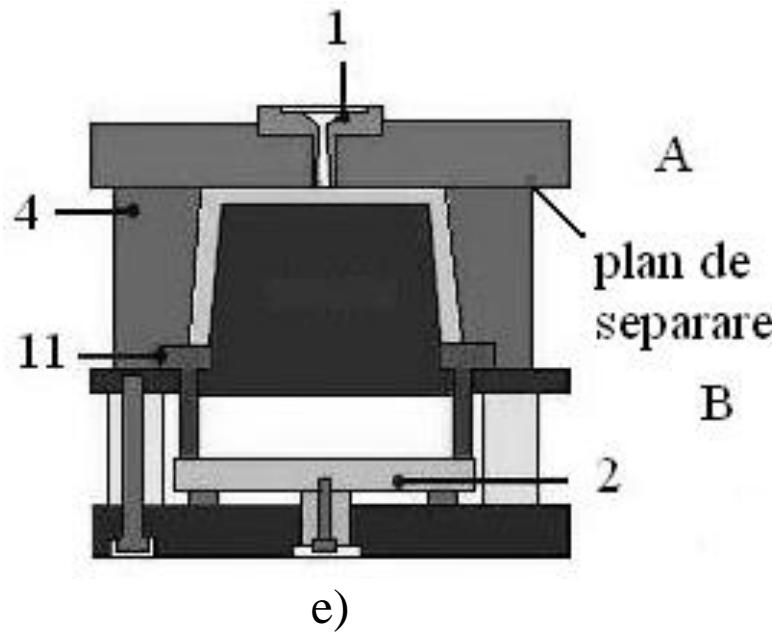


Fig. 12 Exemple de forme de injecție: A – partea fixă a formei, B – partea mobilă
 a) formă standard, b) formă cu piese alunecătoare (bacuri), c) formă cu cavitatea spintecată, d) formă cu dispozitiv de deșurubare, e) cu placă dezbrăcătoare;
 1- duză de injecție și sistem de canale de alimentare, 2- sistem de extracție,
 3- miez, 4- cavitate, 5- coloană înclinată, 6- placă de fixare pe platoul mobil,
 7- cuib spintecat, 8- reper, 9- roată dințată, 10- poanson cu dispozitiv cu șurub,
 11- placă dezbrăcătoare

- Pentru reperele care prezintă nervuri și/sau filet este recomandată forma cu piese alunecătoare (b) sau cea cu cavitate spintecată (c).
- În plus față de forma standard, formele (b) și (c) prezintă și o mișcare laterală.
- Forma (c) este dificil de construit pentru repere mici.
- Pentru repere cu filet (interior sau exterior) se poate utiliza și forma cu dispozitiv de deșurubare (d). În acest caz, pentru repere cu filet interior, miezul cuibului (poansonul) se deșurubează în timpul procesului de demulare, evacuând reperul din cuib.
- Pentru repere tip cană fără nervuri se folosește forma cu placă dezbrăcătoare (e) care are avantajul de a nu supune reperul unor sarcini mari și de a nu lăsa urme pe suprafața reperului. Cu această placă dezbrăcătoare demularea este mult mai ușoară.

1.8 Particularități ale procesului de formare prin injecție

Procesul de formare prin injecție diferă în funcție de tipul polimerului din care se formează reperul.

1.8.1 Formarea prin injecție a materialelor termoplastice

Când se lucrează cu materiale termoplastice, agregatele de plastificare sunt încălzite, iar formele de injecție răcite. În general, diferența de temperatură între cele două unități este de peste 100°C.

Răcirea formelor de injecție care au temperaturi sub 100°C se realizează, în general, cu apă dedurizată. Sistemul de răcire are canalele distribuite în jurul cuiburilor.

Rugozitățile suprafețelor frontale (din planul de separare) ale semiformelor nu trebuie să depășească 0,03 mm pentru realizarea unei strângerii corecte.

Majoritatea descrierilor prezentate până acum se referă la acest tip de materiale polimerice.

1.8.2 Formarea prin injecție a materialelor compozite organice

Tehnica formării prin injecție a componitelor organice se referă la cele cu matrice termorigidă (termoreactivă) și material de armare (umplutură) de tipul firelor, fibrelor, pulberilor minerale sau lemninoase.

Forma de injecție are temperatură cu aproximativ 100°C mai mare decât a materialului polimeric din unitatea de plastifiere și injecție. Reticularea amestecului compozit se produce rapid, imediat după injecție. Reacția de reticulare degajă o cantitate mare de căldură care trebuie repede evacuată din formă.

La intrarea în forma de injecție, componitele organice, care prezintă o stare moleculară joasă, se fluidizează puternic și pot produce ușor bavuri. Pentru evitarea acestui fenomen, rugozitățile suprafețelor frontale ale semiformelor trebuie să fie sub 0,015 mm.

La acest tip de materiale trebuie avută în vedere expansiunea (dilatarea) volumică care apare sub acțiunea căldurii, înainte de începerea fenomenului de contracție. Această dilatare a componitului organic se compensează printr-o creștere a forțelor de strângere ale agregatului de închidere.

1.8.3 Formarea prin injecție a elastomerilor

Elastomerii formează prin încălzire legături structurale de tipul rețelelor plane sau spațiale. De aceea, amestecurile pentru formare care conțin elastomeri și prezintă vâscozități ridicate, trebuie ținute în agregatul de plastifiere și injecție la temperaturi de plastifiere cât mai scăzute cu puțință, pentru evitarea reticulării premature și solidificării.

Forma de injecție este încălzită la o temperatură care să permită reticularea (solidificarea) elastomerului. Temperatura formei este, în general, cu 60°C mai mare decât a unității de injecție și trebuie bine reglată (menținută la aceeași valoare tot procesul și pentru toate cuiburile) pentru a nu deteriora suprafetele reperelor.

Contractia elastomerilor după reticulare este mică deoarece există legături de tip rețea care sunt foarte stabile și se opun modificării reperelor formate, conferind acestora o bună stabilitate dimensională.

Formarea prin injecție are loc la presiuni de injecție ridicate, ceea ce conduce la forțe de strângere pentru agregatul de închidere mai mari decât în cazul multor materiale termoplastice.

Soluțiile de elastomeri sintetici prezintă vâscozități mici și contractii mari la solidificare. Rugozitatea suprafeteelor pe care se realizează strângerea semiformelor (suprafetele frontale) nu trebuie să depășească 0,02 mm pentru că, în momentul intrării în formă, pasta de elastomer se fluidizează înainte de reticulare și poate scăpa din cuiburi și pătrunde în planul de separare.



Vă mulțumesc pentru prezență și pentru atenția cu care m-ați urmărit!

„Design-ul ambalajelor”

Curs 3

Anul IV Design industrial

Cap.3 Proiectarea principalelor componente ale formei de injecție (FI)

FI trebuie să cuprindă componentele necesare care să asigure:

1. formarea unui număr de reperă într-un timp cât mai scurt pentru o mașină de injecție cu caracteristici cunoscute,
2. alimentarea cu topitură a cuiburilor,
3. formarea fără defecte a reperelor,
4. răcirea/încălzirea formei,
5. extragerea reperelor și a rețelei de formare (topitură întărită în canalele de alimentare) și revenirea sistemului de extracție la poziția inițială,
6. închiderea/deschiderea formei și posibilitatea de culisare cu menținerea centrării (alinierea componentelor),
7. prinderea pe platourile agregatului de închidere/deschidere al mașinii.

Tinând seama de aceste aspecte, în continuare este prezentată construcția principalelor elemente ale unei forme de injecție.

În design-ul FI pentru materiale polimerice se urmărește:

- 1- obținerea unor forme compacte,
- 2- acuratețea formelor și
- 3- minimizarea variațiilor geometrice de-a lungul traseelor pentru alimentare.

Proiectarea și construcția formelor de injecție se referă la stabilirea următoarelor caracteristici:

1. numărul de cuiburi pentru formă și dispunerea lor,
2. sistemul de alimentare cu topitură și ventilarea formei,
3. geometria cuibului,

4. sistemul de extracție,
5. sistemul de schimb de căldură,
6. sistemul de centrare și conducere și
7. sistemul de prindere și transmitere a forțelor.

3.1 Stabilirea prin calcul preliminar a numărului de cuiburi din FI

Numărul de cuiburi depinde de:

- A) condițiile de calitate pentru reperul format (n_c); în absența altor date, numărul optim de cuiburi este egal cu valoarea minimă dintre numărul de cuiburi respectând condițiile de calitate pentru reperul format (un număr natural dependent de mărimea comenzi -Fig.3) și de precizia de realizare a reperului. Dacă reperul trebuie realizat cu un grad ridicat de precizie, se alege numărul de cuiburi din punct de vedere al preciziei între 1 și 5.

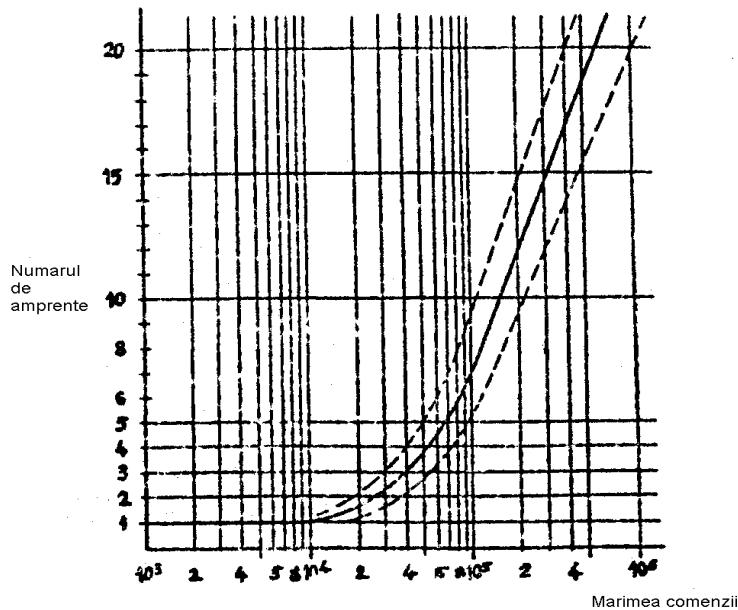


Fig.3. Corelația între numărul de amprente n_1 și mărimea comenzi

- B) Dacă se cunosc și alte date, atunci numărul optim de cuiburi este un număr natural care depinde de data de livrare a comenzi, de caracteristicile tehnice ale mașinii de injecție și de costurile legate de realizarea formei.

3.2 Sistemul de alimentare cu topitură

Sistemul de alimentare cu topitură, numit și de injecție, este format din:

- ajutajul duzei de injecție al formei,
- rețeaua de distribuție și
- poarta (pragul, digul).

3.2.1 Ajutajul duzei de injecție a formei

Ajutajul este un canal practicat în duza de injecție a FI, cu o formă tronconică, având baza mică spre duza de injecție a mașinii. Canalul conduce topitura de la duza de injecție din capul de injecție al agregatului de plastificare, spre FI.

La îmbinarea cu mașina poate să prezinte o rotunjire cu o rază cu 1 mm mai mare decât a capului de injecție al mașinii (Fig.3.1) sau poate fi plată, în funcție de geometria capului de injecție al agregatului de plastificare. Geometria canalului avantajează curgerea topiturii și permite evacuarea culeei din ajutajul duzei.

Dimensiunile recomandate pentru ajutajul duzei de injecție al formei (Fig.3.1) sunt următoarele:

$$D \geq s_{\max} + 1,5 \text{ mm} \quad (3.1)$$

$$d \geq d_m + 1 \text{ mm} \quad (3.2)$$

$$\alpha \geq 1^\circ \dots 2^\circ \quad (3.3)$$

$$5 < \frac{L}{D} < 9 \quad (3.4)$$

$$r = (1 \div 2) \text{ mm} \quad (3.5)$$

unde: s_{\max} este grosimea maximă a peretelui reperului [mm]; iar d_m – diametrul ajutajului din duza de injecție a mașinii [mm], α – conicitatea canalului [grade].

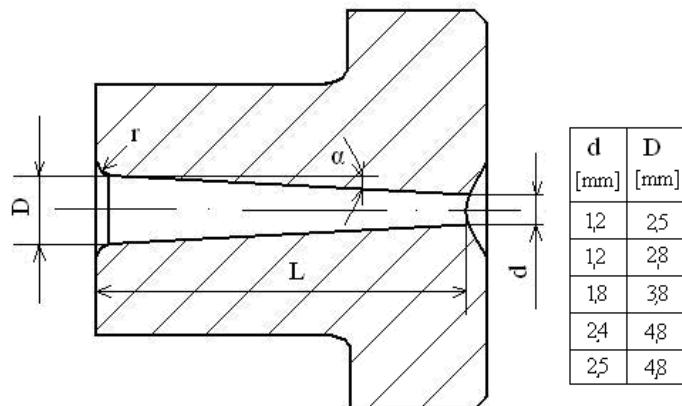


Fig.3.1 Geometria duzei de injecție a formei cu zonă de așezare sferică

În figura 3.3 este prezentată amplasarea duzei formei în cazul injecției directe, când secțiunea ajutajului duzei vine în contact direct cu cuibul.

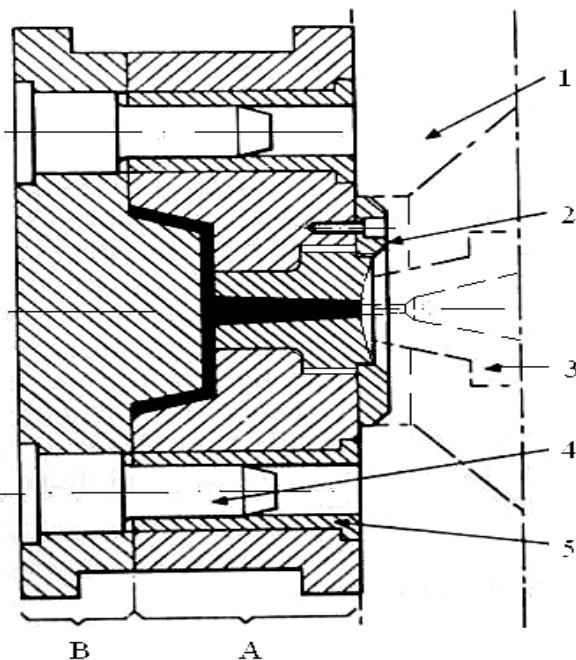


Fig.3.3 Formarea prin injecție directă (detaliu)

A- partea fixă, B- partea mobilă; 1- platou fix al agregatului de închidere, 2- inel de centrare, 3- duza de injecție a mașinii, 4- coloană de ghidare, 5- bucșă de ghidare

B-

Duza de injecție se montează în placa de formare prin strângerea inelului de centrat (Fig.3.5) sau direct, prin șuruburi (Fig.3.6).

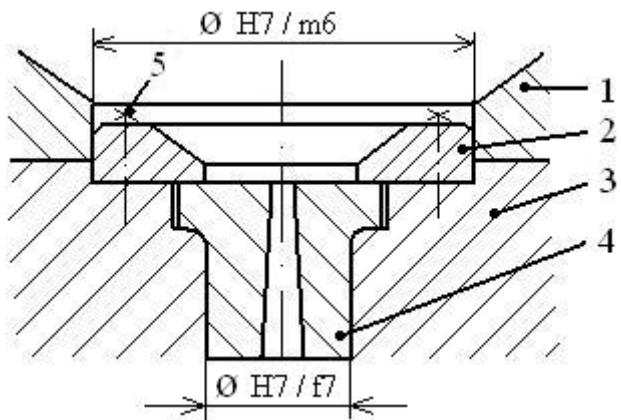


Fig.3.5 Montarea duzei de injecție prin strângere

1- platou fix, 2- inel de centrare, 3- placă de formare, 4- duză, 5- suruburi de fixare

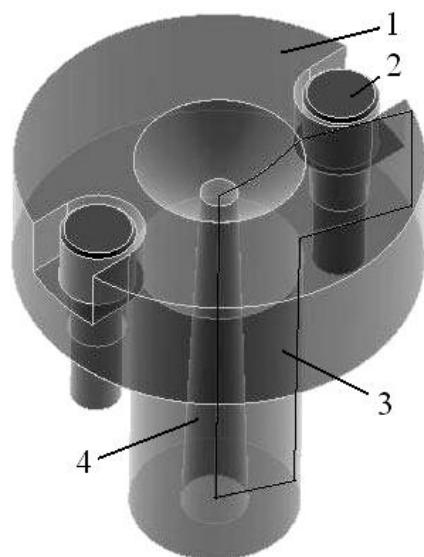


Fig.3.6 Montarea duzei de injecție prin șuruburi

1- duză, 2- șuruburi de fixare, 3- secțiune prin jumătate de duză, 4- ajutaj

3.2.2 Rețeaua de distribuție a topiturii

Rețeaua de distribuție apare la formarea prin injecție cu canale (Fig.3.7).

Rețeaua are rolul de a conduce topitura în cuiburi reținând un volum cât mai

mic de material. Rețeaua de distribuție este formată din canale de distribuție și poartă (dig).

Condițiile inițiale pentru proiectarea rețelei de distribuție sunt următoarele:

- lungimea totală a rețelei să fie foarte bine controlată pentru ca deșeurile, precum și pierderile de căldură și presiune să fie minime,
- criteriul cerut formelor cu mai multe cavități, de obicei identice, este ca umplerea să se facă riguros simultan, de aceea este necesară o pierdere de presiune identică pentru fiecare cub, adică o așezare echilibrată a cuiburilor;
- secțiunile canalelor nu trebuie să fie foarte mici, pentru că sporesc pierderile de presiune și transferul termic va controla curgerea; ele nu pot fi nici foarte mari pentru că măresc volumul deșeurilor și timpul de răcire;
- proiectarea canalelor trebuie să permită, de asemenea, poziționarea corectă a cavităților și canalelor de răcire, fără să afecteze sau să impună dimensiunea placilor de fixare pe platouri;
- cât mai puține restricții de curgere.

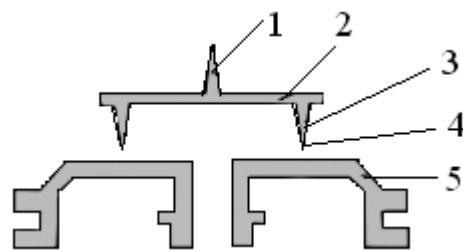


Fig.3.7 Geometria materialului întărit pe traseul formei, la injecția cu canale
1- în duză, 2- în canalele principale de distribuție, 3- în canalele secundare de
distribuție, 4- în porți, 5- în cuiburi (repere formate)

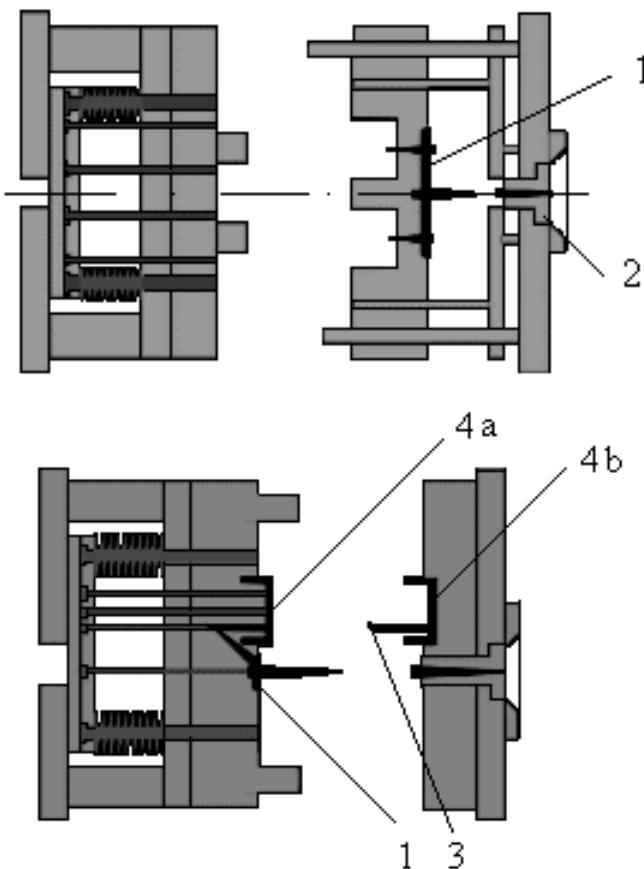


Fig.2.8 Exemple de rețea separată în mod automat de reper și eliminată separat
 1- rețea, 2- duza de injecție, 3- punctul de rupere a rețelei, 4a- reper înainte de
 ruperea rețelei, 4b- reper după ruperea rețelei

În funcție de geometria și materialul reperului, de caracteristicile mașinii de formare prin injecție și de tipul de formă, proiectantul poate alege între următoarele **soluții pentru rețeaua de distribuție**:

- rețea care rămâne atașată de reper și trebuie îndepărtată ulterior prin tăiere,
- rețea care se separă în mod automat de reper și se elimină separat,
- rețea care se separă în mod automat de reper, dar rămâne în forma de injecție.

Canalele de distribuție

Canalele de distribuție pot fi principale, secundare, terțiare, cuaternare etc. (Fig.3.9). Indiferent însă de poziția față de duza de alimentare, secțiunea lor într-o formă este aceeași, iar dimensiunile pot fi identice sau diferite.

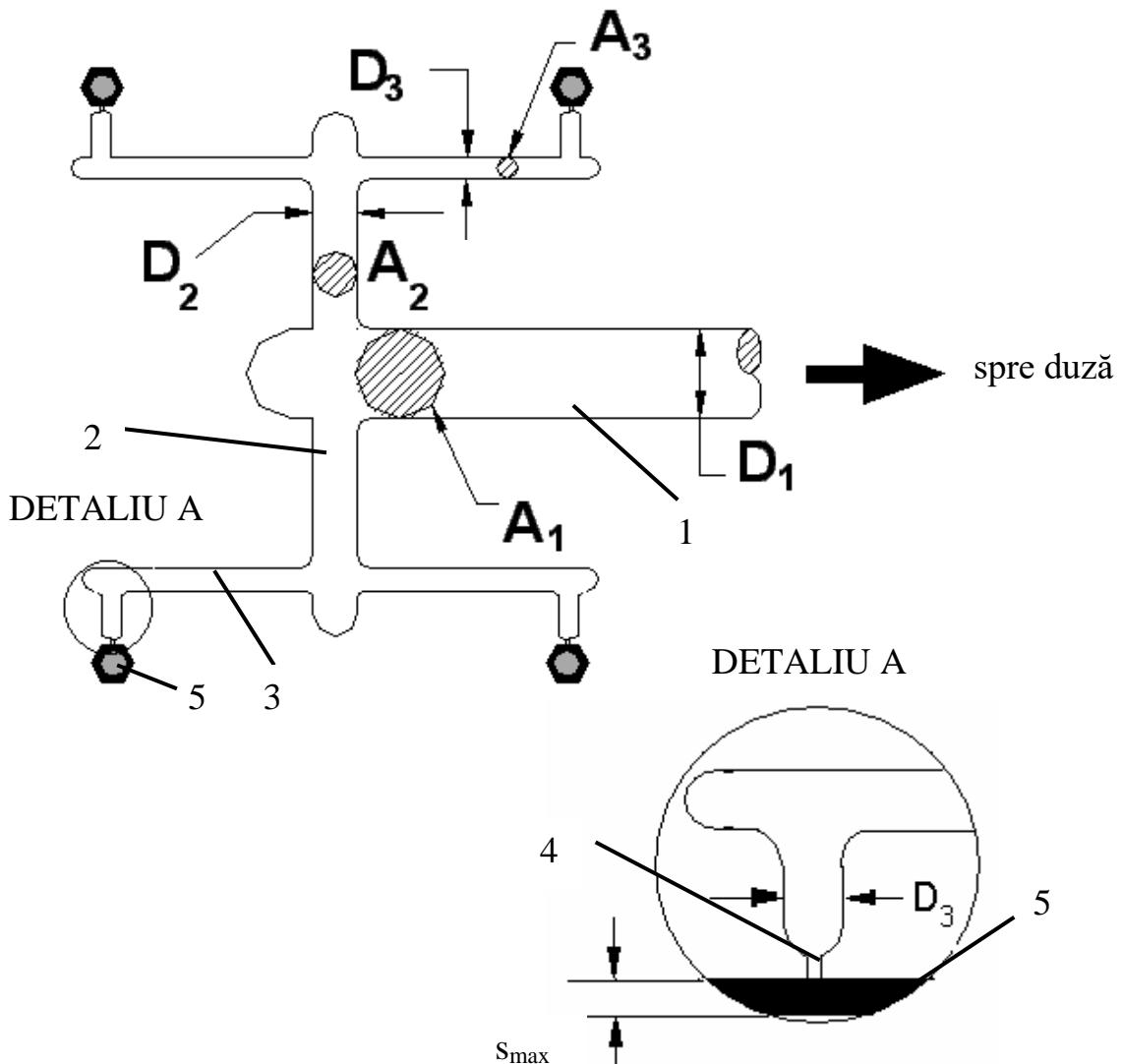


Fig.3.9 Canale de distribuție pentru un elastomer termoplastice (copolimer stirenic) 1- canal principal (caracteristici: diametrul D_1 , aria secțiunii transversale A_1), 2- canal secundar (D_2 , A_2), 3- canal terțiar (D_3 , A_3), 4- poartă, 5- reper, S_{\max} - grosimea maximă a peretelui reperului

Secțiunile canalelor sunt prezentate în Fig.3.11, iar cele recomandate sunt pozițiile b) și c).

Proiectarea canalelor începe de la reper spre duză. Diametrele canalelor fiind corelate cu secțiunea reperului.

În general, caracteristica canalelor de distribuție – \mathbf{D} (Fig.3.11) – are valori cuprinse între **2 și 13mm**.

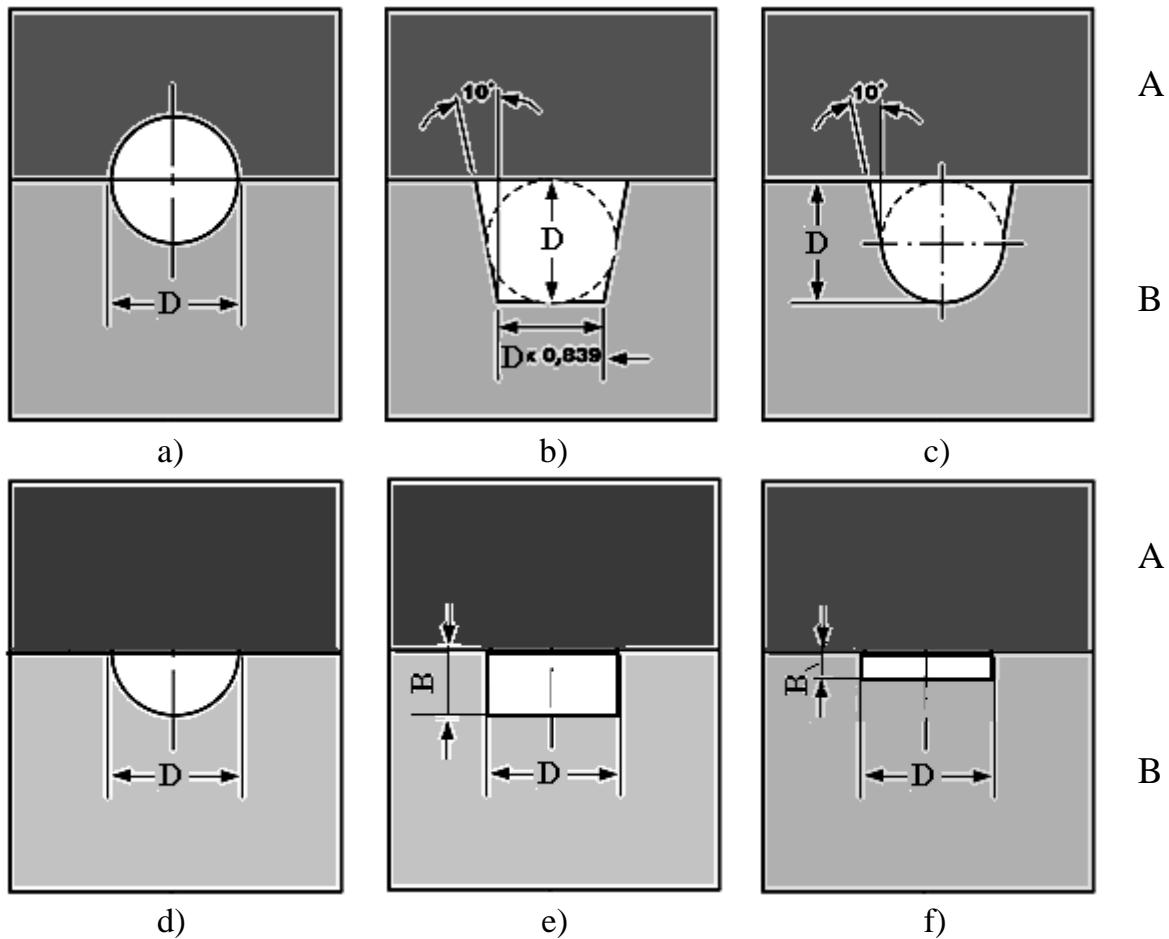


Fig.3.11 Secțiuni transversale prin canale

A- partea fixă, B- partea mobilă; a)- circulară; b)- trapezoidală; c)- trapez curb;
d)- semicirculară; e)- dreptunghiulară cu $B/D=0,5$; f)- dreptunghiulară cu
 $B/D=0,25$

Dispunerea rețelei de canale (echilibrarea), în cazul formelor cu mai multe cuburi, urmărește:

- realizarea unei simetrii,
- a unui traseu egal și
- a unei secțiuni constante corespunzătoare.



Vă mulțumesc pentru prezență și pentru atenția cu care m-ați urmărit!

„Design-ul ambalajelor”

Curs 4

Anul IV Design industrial

Poarta

Poarta este spațiul prin care topitura intră în cuiburi și trebuie să respecte următoarele condiții de proiectare:

- geometria și așezarea față de cub să permită o umplere rapidă și uniformă, fără să inducă defecte;
- să aibă cea mai mică secțiune și cel mai mic volum pentru o răcire rapidă la încheierea fazei de compactare;
- să permită o separare ușoară și fără risc, a rețelei de distribuție, de piesa formată.

Tipul de secțiune al porților este asemănător cu cel al canalelor de distribuție, iar dimensiunile porții trebuie să fie suficiente pentru a permite topituirii să pătrundă în fiecare cub în același timp.

Secțiunile transversale recomandate sunt: circulare, semicirculare și dreptunghiulare, iar așezarea (Fig.3.15) poate fi simetrică (de-o parte și de alta) în raport cu planul de separare sau excentrică (la suprafața planului de separare).

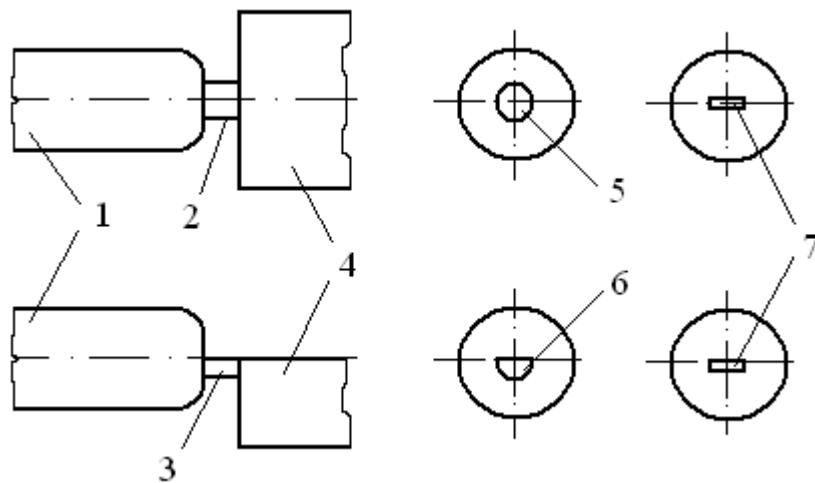
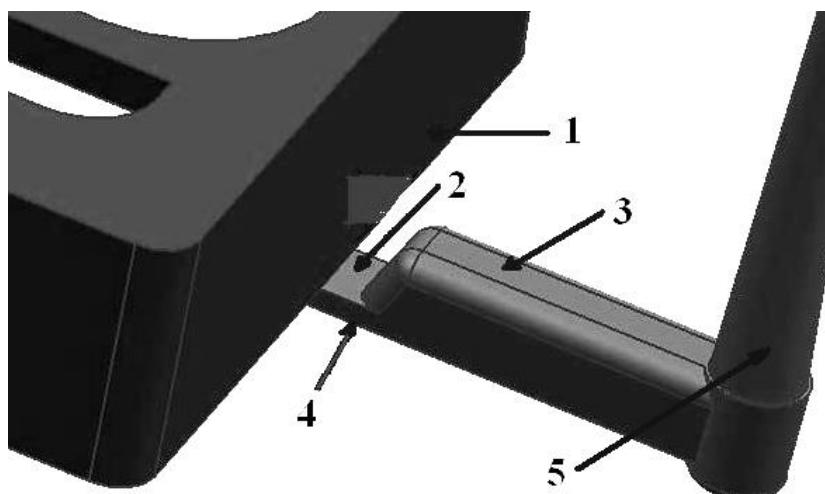


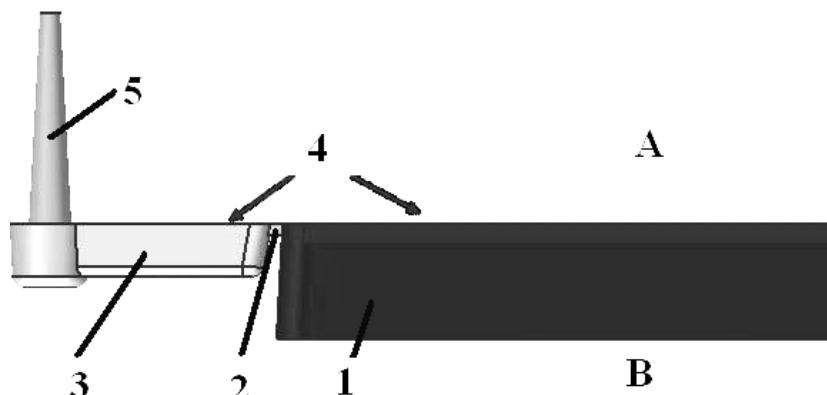
Fig.3.15 Secțiuni transversale și poziții pentru porți

1- canal de distribuție, 2- poartă simetrică, 3- poartă asimetrică, 4- reper, 5- secțiune circulară, 6- secțiune semicirculară, 7- secțiune dreptunghiulară

În figura 3.16 este prezentată o vedere a unei porți dreptunghiulare asimetrice, variantă des folosită.



a)



b)

Fig.3.16 Poartă dreptunghiulară la nivelul planului de separare (asimetrică)
 a)- vedere în spațiu, b)- vedere în plan; A- partea fixă, B- partea mobilă; 1- reper, 2- poartă dreptunghiulară, 3- canal de distribuție, 4- plan de separare, 5- ajutajul din duza de injecție

Un caz special care nu are poartă este injecția directă (Fig.3.17) care este folosită în cazul formelor cu un cub. Nu există o poartă propriu-zisă,

topitura trece direct din canalul duzei de injecție, în cuib. Desprinderea de reper a topiturii răcite se face manual.

A. Injecția cu poartă laterală (Fig.3.18) este un procedeu des folosit în cazul formelor cu 2 sau mai multe cuiburi care nu sunt foarte adânci. Poarta este plasată la marginea reperului, la suprafața planului de separare de partea reperului și necesită desprindere prin tăiere manuală.

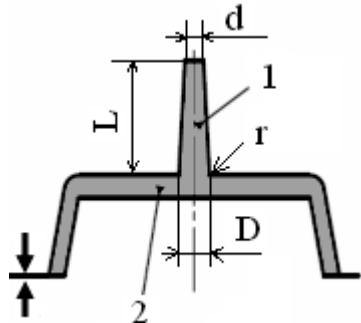


Fig.3.17 Geometria rețelei de distribuție la injecția directă
1- culee, 2- reper

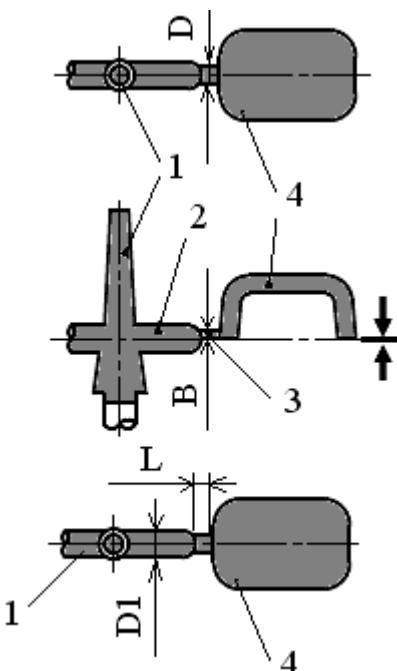


Fig.3.18 Geometria rețelei de distribuție la injecția cu poartă laterală
1- canalul duzei, 2- canal de distribuție,
3- poartă laterală, 4- reper

Fig.2.19 Geometria rețelei de distribuție la injecția cu poartă laterală și canal de distribuție la nivelul planului de separare

B. Injecția cu poartă tip evantai (Fig.3.20) este utilizată pentru formarea reperelor întinse (plate). Așezarea este la marginea reperului, la fel ca la injecția cu poartă laterală, iar desprinderea de reper necesită tăiere manuală.

Grosimea de intrare în cuib trebuie să fie mai mică decât 80% din grosimea reperului. Pentru repere din materiale termoplastice cu grosimea de

0,8mm, poarta va avea grosimea de 0,7mm. Dacă reperul este din elastomer cu grosimea de 0,8mm, poarta va avea grosimea egală cu a reperului. Lățimea porții variază de la 6mm până la 25% din lungimea cavității. În cazul reperelor foarte largi se folosesc porți evantai cu lățimea egală cu a reperului.

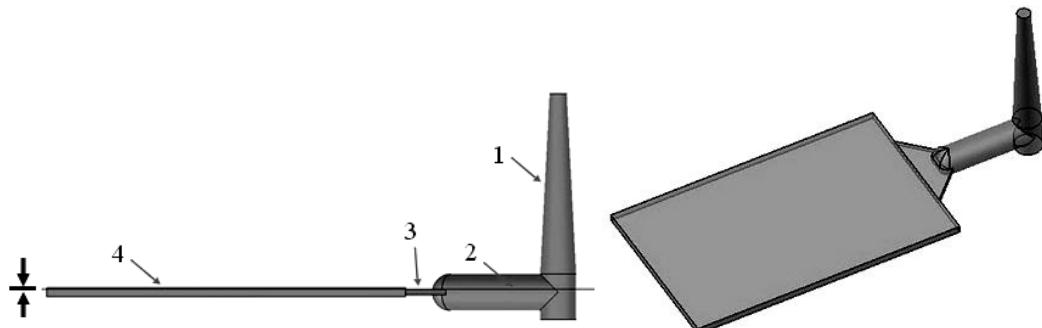


Fig.2.20 Geometria rețelei de distribuție la injecția cu poartă evantai

1- canalul duzei, 2- canal de distribuție, 3- poartă evantai, 4- reper

C. Injecția cu poartă film sau peliculă (Fig.3.21, 3.22) este similară celei cu poartă tip evantai, cu deosebirea că pereții reperelor plate sunt mai subțiri. Topitura, înainte de a intra în poartă, intră într-un canal extins de distribuție. Secțiunea canalului extins este, în general, circulară (Fig.2.22).

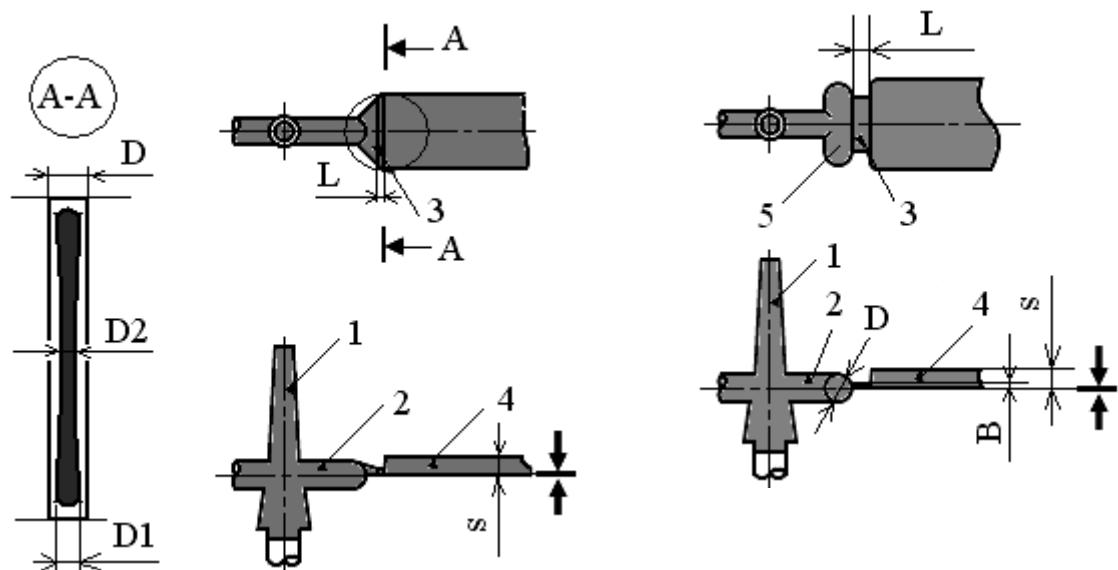


Fig.3.21 Geometria rețelei de distribuție

la injecția cu poartă peliculă

1- canalul duzei, 2- canal de distribuție,

3- poartă, 4- reper

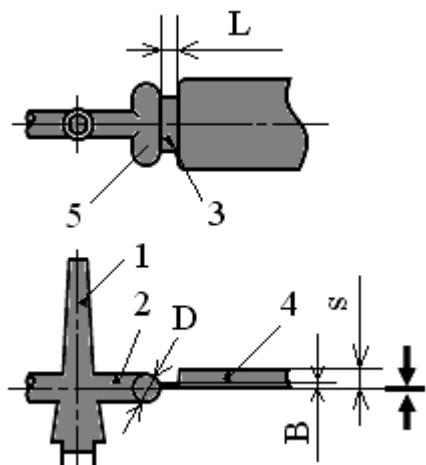


Fig.3.22 Injecție cu poartă peliculă cu

canal extins de distribuție, circular

1- canalul duzei, 2- canal de distribuție,

3- poartă film sau peliculă, 4- reper,

5- canal circular extins de distribuție

Așezarea porții film poate fi simetrică sau asimetrică în raport cu planul de separare.

D. Injecția cu poartă tunel (Fig.3.25÷Fig.3.28) este folosită frecvent pentru structurile la care reperele se desprind automat de poartă, la deschiderea formei. Poarta tunel poate fi dreaptă (Fig.3.25) sau curbată numită și poartă banană (Fig.3.26). Injecția cu poartă tunel se folosește pentru materiale elastice și pentru forme cu cavități multiple și repere mici, atunci când suprafața produsului nu permite nici o urmă vizibilă.

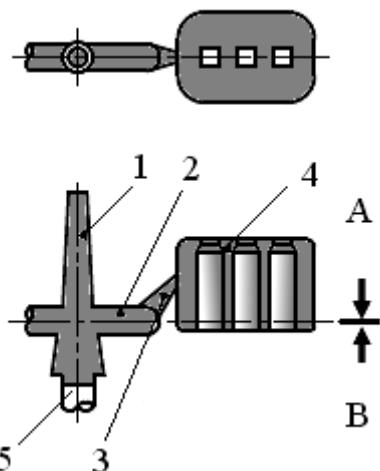


Fig.3.25 Poartă tunel drept
1- canalul duzei, 2- canal de distribuție,
3- poartă tunel drept, 4- reper, 5- tijă extractoare pentru culee

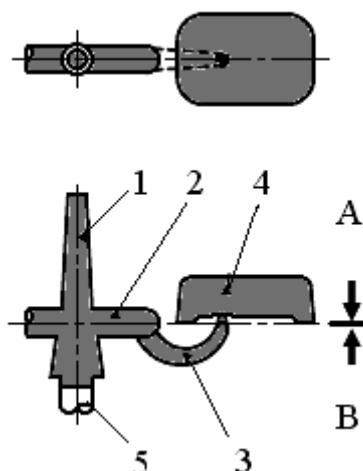


Fig.3.26 Poartă tunel curbat
1- canalul duzei, 2- canal de distribuție,
3- poartă tunel curbat, 4- reper, 5- tijă extractoare pentru culee

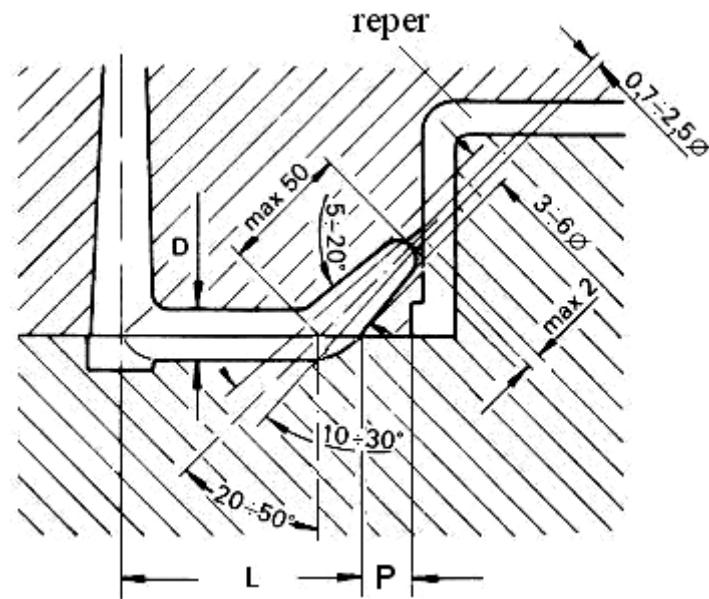


Fig.3.27 Geometria porții tunel drept

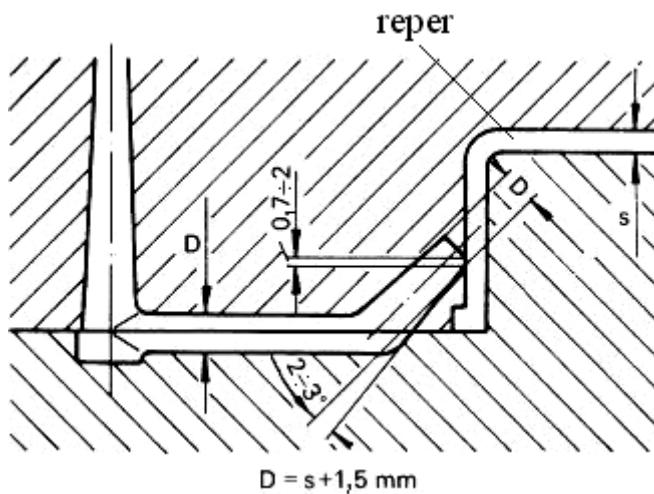


Fig.3.28 Geometria porții tunel curb

E. Injecția cu poartă disc (Fig.3.30) este folosită pentru obținerea reperelor tubulare cu secțiune circulară (repere tip manșetă), axial-simetrice, cu miezul montat la un singur capăt. Aceste repere nu prezintă urme de sudură pe suprafață. Este necesar o post-operare pentru îndepărarea totală a bavurii.

Pentru evitarea apariției deformațiilor reperelor trebuie îndeplinită condiția

$$\text{diametrul exterior al reperului} / \text{înălțimea reperului} \geq 1/5. \quad (3.28)$$

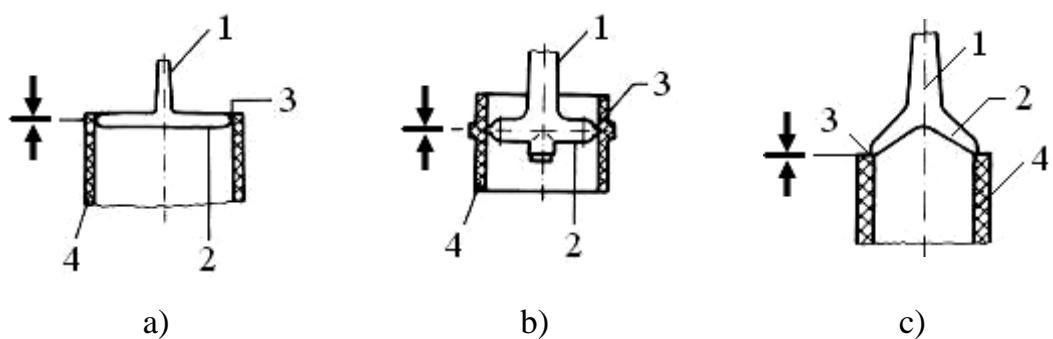


Fig.3.30 Tipuri de porți disc

a)- disc plan circular la capătul reperului; b)- disc plan circular, în interiorul reperului; c)- disc conic la 45° (poartă umbrelă); 1- canalul duzei, 2- canalul porții disc, 3- puncte pentru alimentarea cuibului (gâtuire), 4- reper

F. Injecția punctiformă conduce topitura printr-o poartă spre cuib direct din capul de injecție al mașinii (Fig.3.38).

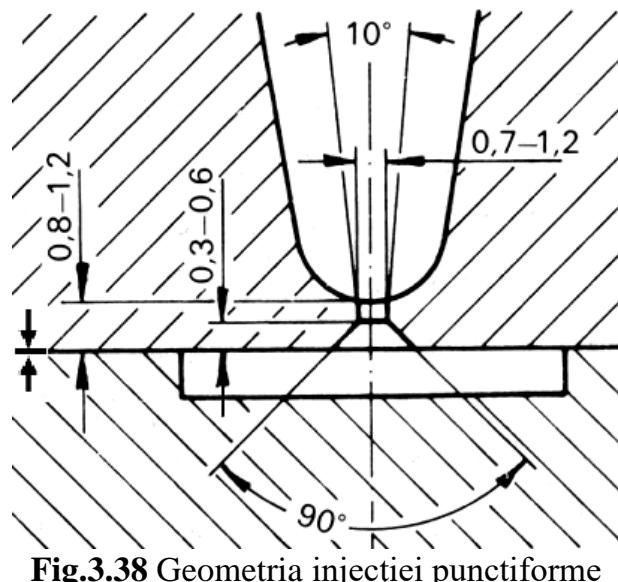


Fig.3.38 Geometria injecției punctiforme

G. Injecția cu canale încălzite (Fig.3.43) se utilizează pentru piese de înaltă calitate tehnică și pentru materiale polimerice dificil de prelucrat. Separarea porții este automată și apar deșeuri (date de rețea ușă întărită) numai la oprirea mașinii. Acest tip de injecție este scump mai ales datorită regulatoarelor

termice pentru fiecare ţeavă. Alimentarea cuiburilor se poate face cu duză cu încălzire indirectă, cu anticameră, pentru injecție directă (Fig.3.43)

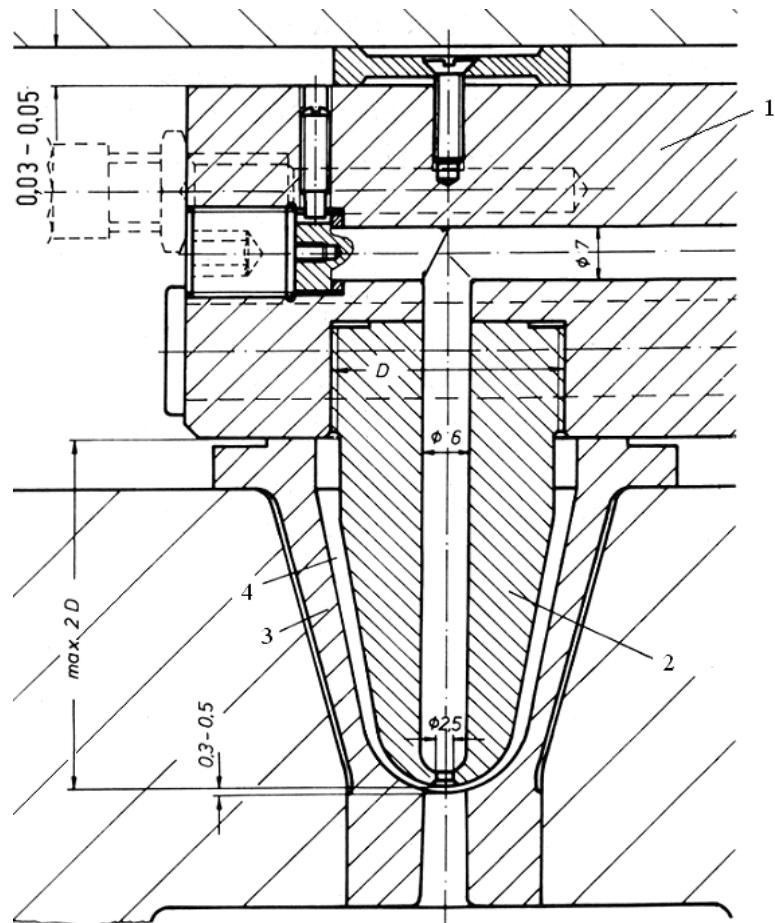


Fig.3.43 Injecție cu duză încălzită indirect și anticameră, 1- bloc distribuitor, 2- duză, 3- anticameră, 4- spațiu pentru materialul plastic cu rol izolator

H. Injecția materialelor termoreactive (termorigide și elastomeri) se realizează cu canale răcite (Fig.3.46) pentru menținerea topiturii la o temperatură sub cea care produce reticularea.

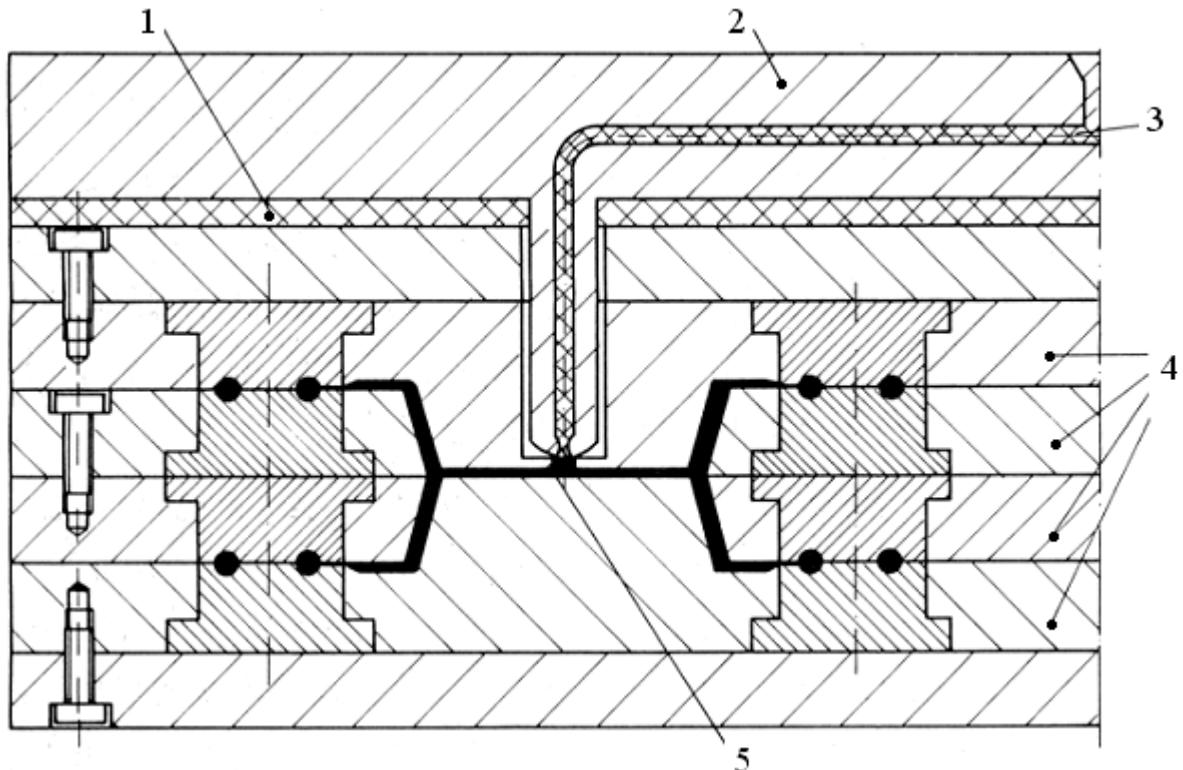


Fig.3.46 Injecție cu canale răcite pentru elastomeri

1- izolație, 2- distribuitor rece, 3- elastomer ne-vulcanizat, 4- părți încălzite ale formei, 5- elastomer vulcanizat

3.3 Construcția cuiburilor și dispunerea lor

Construcția cuiburilor se referă la aspectele geometrice (configurație și dimensiuni) care trebuie să conducă la formarea unui reper cerut. Pentru obținerea unor repere cu geometrie corectă și cu performanțe cât mai ridicate trebuie acordată o atenție egală proiectării formei și reperului. Acesta din urmă, după alegerea celui mai potrivit material termoplastice pentru realizare, trebuie să respecte o serie de reguli de proiectare legate de grosimea și geometria părților componente ale sale, de posibilitatea de extracție, de poziționarea față de planul de separare, de contracție etc.

3.3.1 Corelația reper-cuib

Reperul și cuibul sunt legate între ele prin reguli de proiectare și construcție, astfel că o proiectare corectă pentru reper, conduce la o construcție corectă a cuibului.

Reguli de proiectare și elemente constructive

În general, grosimea pieselor formate prin injecție din materiale termoplastice este de 2 până la 4 mm, iar la formarea prin injecție cu pereți subțiri, de aproximativ 0,5 mm. La grosimi peste 4 mm apar frecvent goluri în reper și retasuri la suprafață. Grosimea reperului trebuie, pe cât posibil, menținută constantă (Fig.3.47), iar trecerile de la o geometrie la alta trebuie făcute cît mai lent, folosindu-se raze de racordare la ambele fețe ale reperului (Fig.3.47-c).

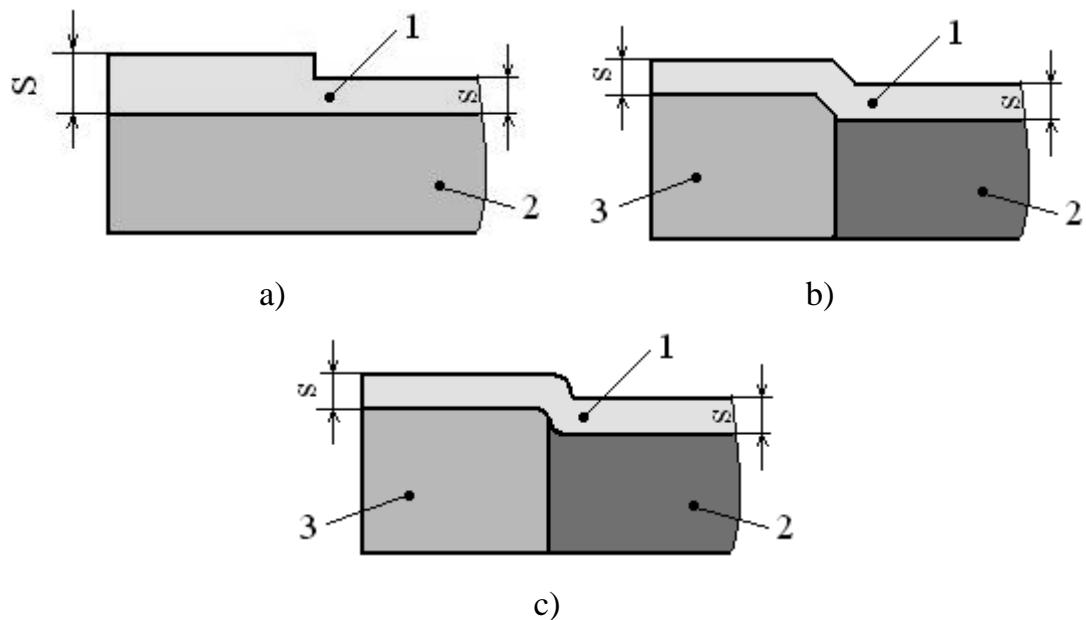
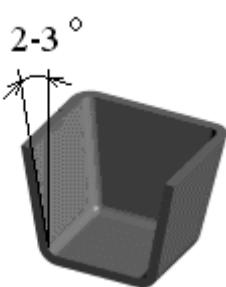
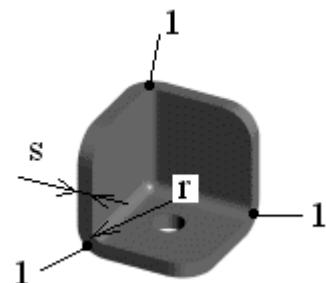


Fig.3.47 Proiectarea grosimii reperului

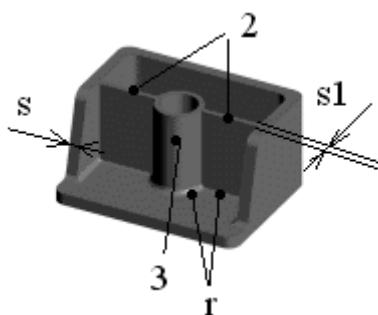
- a) –reper cu grosime variabilă, b)- variantă îmbunătățită (miezul este scindat în două bucăți), c)- cea mai bună soluție (miezul este scindat în două bucăți și există raze de racordare); 1- reper, 2-un miez al formei, 3- un alt miez al formei



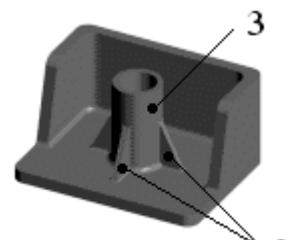
a)- înclinarea peretelui paralel cu direcția de demulare



b) rotunjirea colțurilor; $r \geq s$



c)- o variantă de construcție a bosajelor pentru orificii circulare; $s_1 \leq 0,6 \cdot s$ și $r \geq 0,25 \cdot s$



d) o altă variantă de construcție a bosajelor pentru orificii circulare

Fig.3.48 Elemente necesare pentru proiectarea poansonului
1- colțuri rotunjite, 2- nervuri, 3- bosaj circular; s- grosimea maximă a reperului, s1- grosimea nervurii

Pentru repere cu pereți paraleli cu direcția de demulare, poansonul trebuie proiectat cu o înclinare de $1-2^\circ$, pentru facilitarea eliminării reperului din formă (Fig.3.48-a). Colțurile se rotunjesc, raza interioară fiind cel puțin egală cu grosimea reperului (Fig.3.48-b).

În cazul existenței bosajelor pentru orificii (Fig.3.48-c,d), nervurile care le leagă de pereții reperului trebuie să fie proiectate cu o grosime cel mult egală cu 60% din grosimea maximă a reperului, iar razele de racordare trebuie să îndeplinească condiția

$$r \geq 0,25 \cdot s \text{ [mm].} \quad (3.50)$$

În cazul în care este necesară o rezistență mare a reperului pe o anumită direcție, soluția este montarea unor nervuri (Fig.3.49). Geometria nervurilor trebuie să îndeplinească condițiile: grosimea să fie 50-60% din

grosimea peretelui la care se atașează, înălțimea mai mică decât 3 grosimi de perete, să prezinte o rotunjire a colțurilor la punctul de fixare și o conicitate de cel puțin $0,25^\circ$.

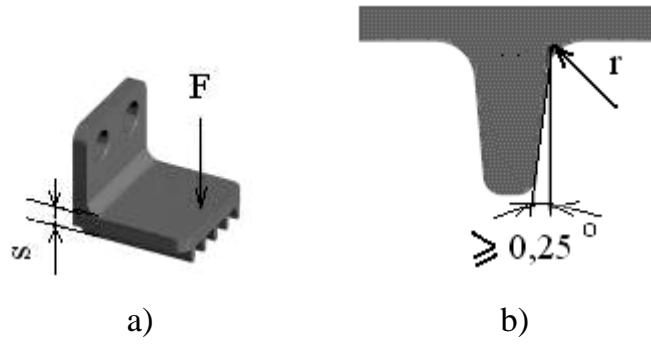


Fig.3.49 Compensarea grosimii reperului prin proiectarea unor nervuri
a)- poziția nervurilor, b)- geometria nervurii; F- sarcina la care e solicitat
reperul

În cazul miezurilor dreptunghiulare (Fig.3.50) este necesară realizarea unei teșiri, T, de 0,03 mm a colțurilor și a unei rotunjiri în partea orificiului (cavitatei) cu o rază de racordare, R, de 0,05 până la 0,15 mm. Pentru cazurile în care poansoanele sunt lungi și cu secțiune mică, acestea se execută dintr-o bucată cu placa port-poanson.

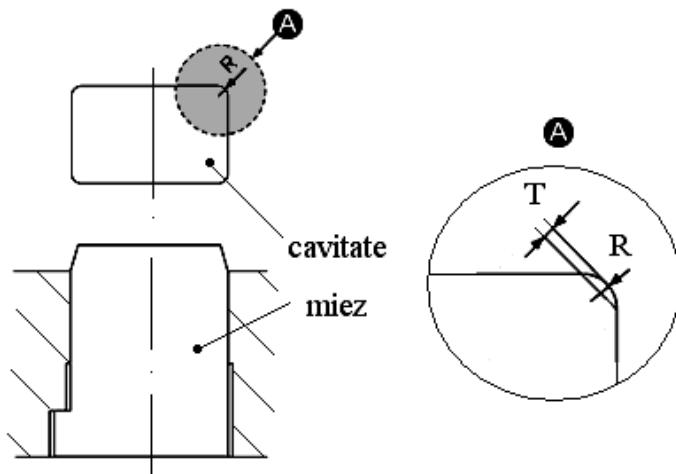


Fig.3.50 Geometria miezurilor (poansoanelor) dreptunghiulare
T- teșire, R- rază de racordare

Stabilirea dimensiunilor cuibului cu ajutorul contracției reperului

Dimensiunile reperului format sunt mai mici decât cele ale formei cauză fiind contracția materialului reperului (Fig.3.51). În general, valoarea contracției este de 0,2-2% din dimensiunea la care se raportează. O valoare exactă nu este posibil de obținut.

Stabilirea dimensiunilor corecte pentru cuiburi ține seama de această contracție și de dimensiunile finale ale reperului, relația de calcul fiind următoarea:

$$D_C = \frac{D_R}{1-C} \text{ [mm].} \quad (3.51)$$

unde: D_C este dimensiunea cuibului [mm], D_R – dimensiunea reperului [mm] și C – contracția [%].

Pentru exemplul din figura 3.51, relația (3.51) poate fi scrisă astfel

$$L_O = \frac{L}{1-C} \text{ [mm].} \quad (3.52)$$

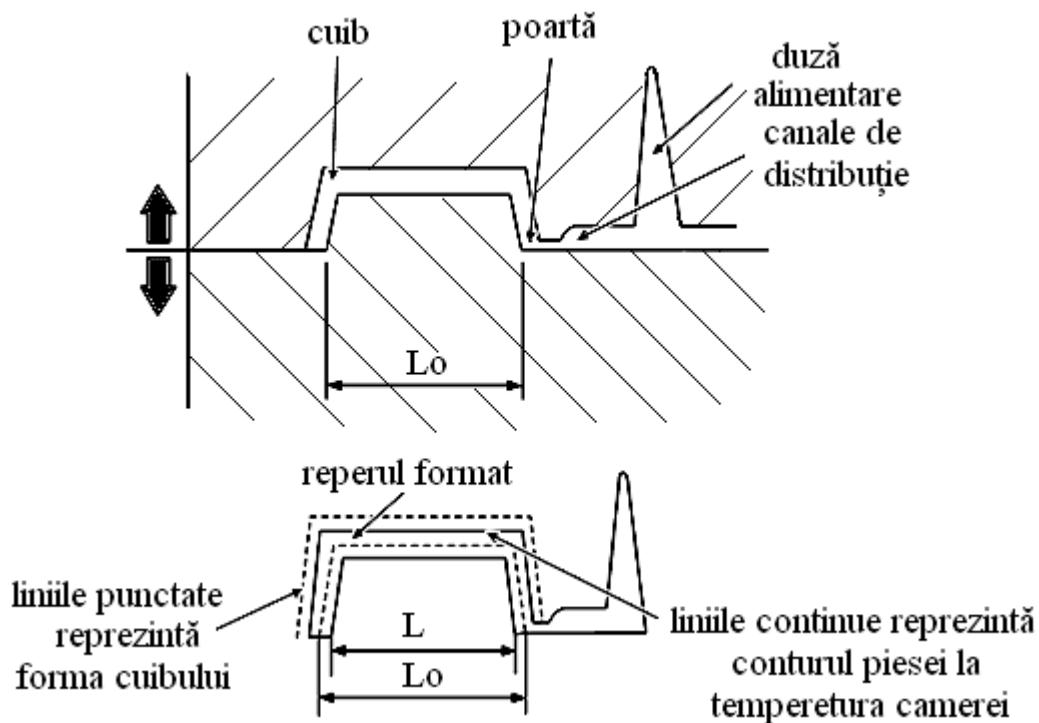


Fig.3.51 Geometria reperului raportată la cea a cuibului

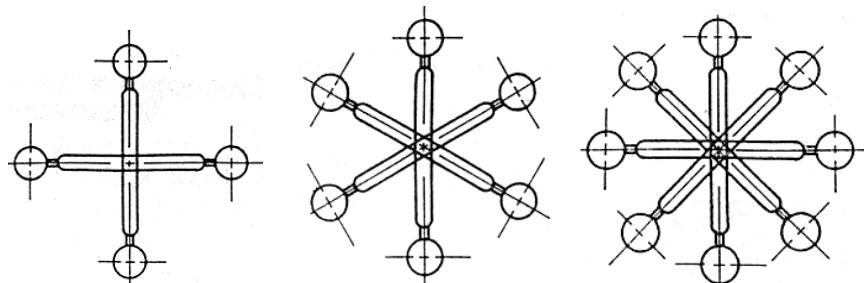
L - dimensiunea piesei formate la temperatura camerei (20°C), L_O -

dimensiunea cuibului

Pentru exemplificare, să stabilim dimensiunea unui reper format într-un cuib cu dimensiunea $L_O=100 \text{ mm}$, știind că materialul reperului are o contracție de $1,2\%$. Dimensiunea reperului va fi: $L = L_O (1 - 0,012) = 100 \cdot 0,988 = 98,8 \text{ mm}$.

3.3.2 Dispunerea cuiburilor

Cuiburile trebuie dispuse în spațiul dintre coloanele agregatului de închidere a formei într-o geometrie care să realizeze echilibrarea forțelor în formă. Exemple cu dispernări de rețele sunt prezentate în figurile 3.52 ÷ 3.53.



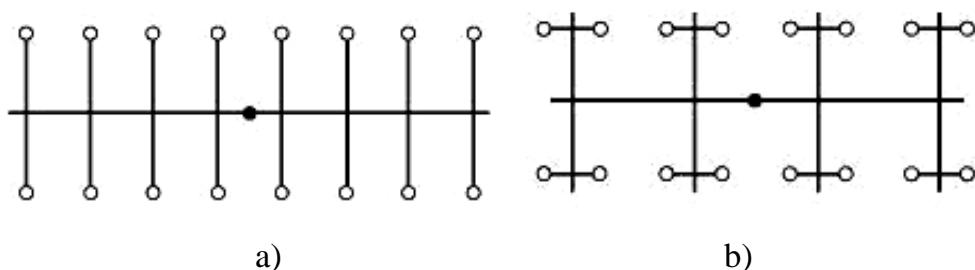
a)

b)

c)

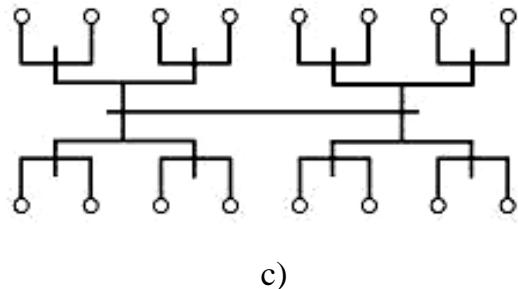
d)

Fig.3.52 Dispunerea circulară a 4 (a), 6 (b) și 8 (c, d) cuiburi



a)

b)



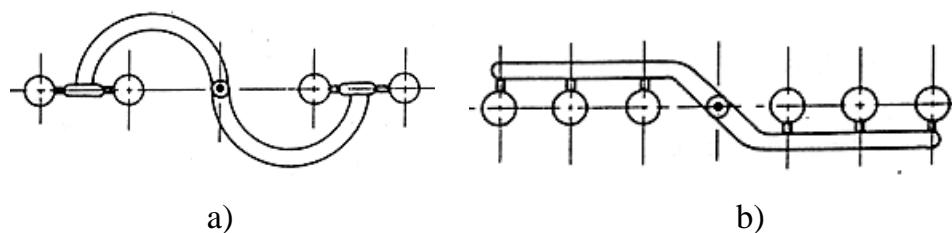
c)

Fig.3.53 16 cuiburi dispuse liniar și rețelele de injecție corespunzătoare
a)- rețea convențională, b)- rețea îmbunătățită, c)- rețea echilibrată în formă de H

Dispunerea echilibrată a rețelei de canale, în cazul formelor cu mai multe cuiburi, urmărește:

- realizarea unei simetrii,
- a unui traseu egal (din punct de vedere al umplerii și căderii de presiune) și
- a unei secțiuni constante corespunzătoare pentru canale.

În figura 3.55 sunt prezentate variante de rețele aliniate pentru repere cu filet, utilizate în cazul dispozitivelor de deșurubare cu cremalieră.



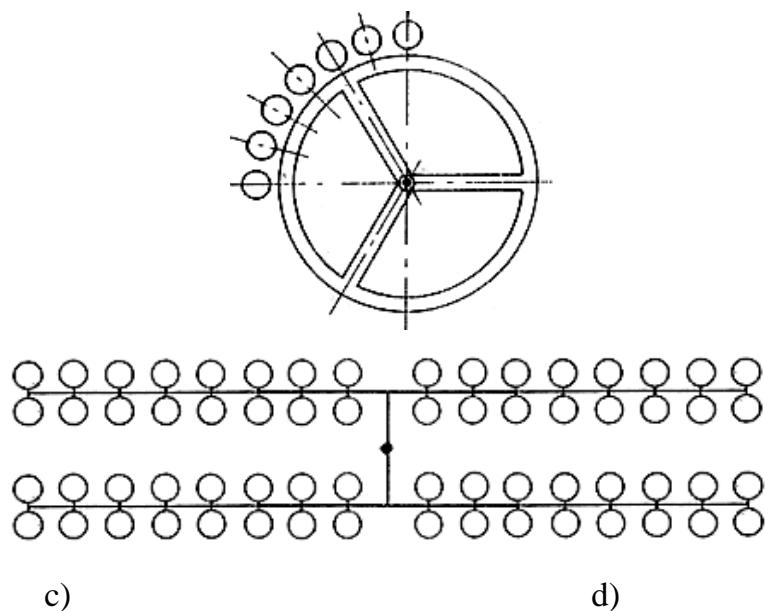


Fig.3.55 Alinierea amprentelor în cazul dispozitivelor de deșurubare cu cremalieră pentru: a)- 4 cuiburi, b)- 6 cuiburi, c)- 24 de cuiburi, d)- 64 de cuiburi



Vă mulțumesc pentru prezență și pentru atenția cu care m-ați urmărit!

„Design-ul ambalajelor”

Curs 5

Anul IV Design industrial

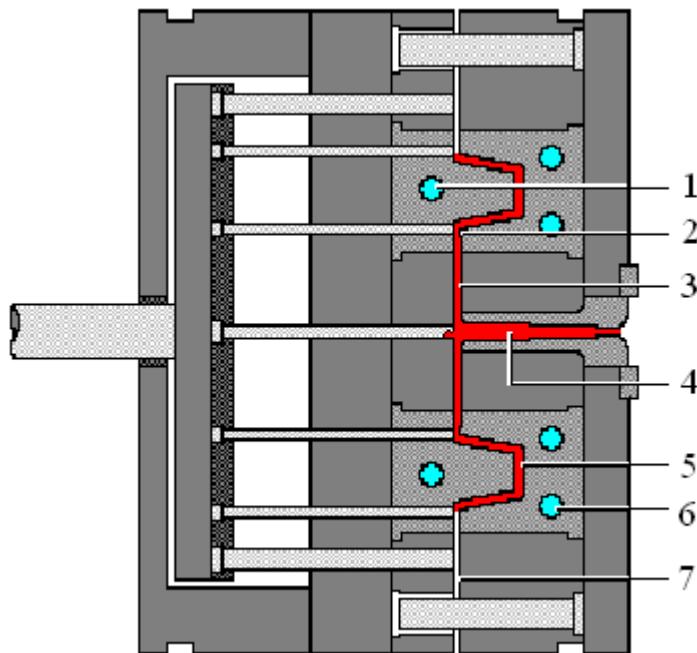
3.4 Sistemul de schimb de căldură (sistemul de temperare)

Sistemul de schimb de căldură este sistemul care fie îndepărtează cantitatea de căldură provenită de la topitura termoplastice sau din încălzirea elastomerilor și reacțiile chimice ale termorigidelor, fie face o încălzire a formei urmată de o răcire.

Răcirea FI este o parte crucială a ciclului de formare, deoarece are un impact major atât asupra **calității piesei**, cât și asupra **productivității FI**.

Multe defecte precum tensiunile reziduale, contractia și deformarea reperului sunt cauzate de răcirea neuniformă. Aceste defecte afectează calitatea piesei finale în aspect și precizie. Răcirea poate dura mai mult de două treimi din întregul ciclu de injecție, iar proiectarea unui canal de răcire eficient poate reduce timpul de răcire și poate îmbunătăți productivitatea injecției. **Prin urmare, proiectarea unui sistem de răcire optimizat ar atinge un timp minim de răcire și o răcire echilibrată (uniformă).** Pentru a avea o mai bună înțelegere a procesului de răcire la formarea prin injecție, modelarea răcirii asistată de calculator a fost utilizată ca instrument util pentru proiectarea sistemelor de răcire și evaluarea condițiilor de răcire.

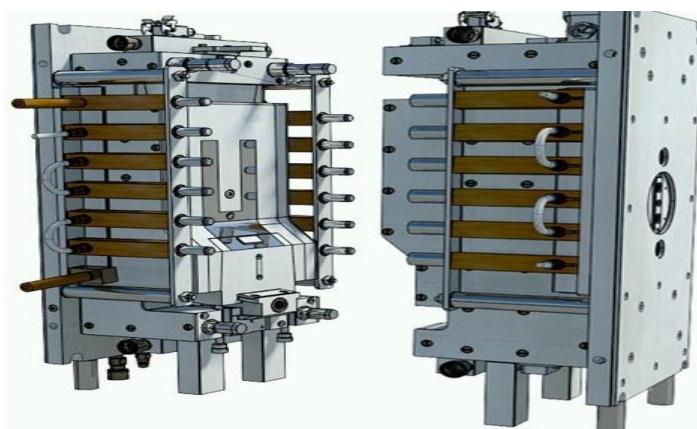
Pentru încălzire se folosesc: apa fierbinte, aburul și uleiul fierbinte, iar **pentru răcire**, apa sau apa cu etilenglicol, care circulă prin canalele practicate în formă (Fig.3.56).



a)

Fig.3.56 Temperarea formei de injecție cu agent care circulă prin canale (secțiune axială)
 1, 6- canale pentru agent,
 2- poartă, 3- canal de distribuție, 4- duză, 5- reper,
 7- ventilație

a)-poziționarea sistemului de schimb de căldură, b)-căile de schimb de căldură ale formei



b)

3.4.1 Recomandări constructive

Constructiv, sistemul de schimb de căldură din forma de injecție este compus dintr-un ansamblu de canale, șicane și țevi, care alcătuiesc circuitul/circuitele de răcire, dopuri pentru obturarea canalelor și controlul presiunii, elemente de legătură (raccorduri, distribuitoare etc.), tije și elemente de etansare, regulatoare de temperatură.

Dimensiunea canalelor trebuie să fie proporțională cu grosimea peretilor reperului, iar amplasarea lor trebuie să fie cât mai aproape de suprafața reperului, fără să slăbească rezistența și rigiditatea formei. Canalele sunt, în general, circulare sau semicirculare, sunt legate între ele și termostatate, iar lungimea lor trebuie să fie cât mai mică pentru ca diferența de temperatură, dintre ieșirea și intrarea apei de răcire, să nu depășească 5°C. Pentru a respecta această condiție se pot monta mai multe circuite de răcire. Viteza agentului de răcire este un alt factor ce trebuie controlat. Agentul de răcire trebuie să înceapă răcirea mai întâi a celor mai calde zone și apoi a celorlalte, lucru care obligă la fixarea, încă de la început, a locului de intrare a agentului și a direcției de deplasare în formă. Schimbările de direcție ale circuitelor de răcire trebuie să fie minime, iar etanșarea sistemului de schimb de căldură trebuie să fie perfectă.

3.4.2 Designul sistemelor de răcire/încălzire (circuite)

Sistemele de răcire sau încălzire se dispun în plăcile de formare, în poansoane și pastile și în bacuri. Variantele constructive pentru răcirea și încălzirea formelor de injecție sunt aceleași, de aceea în continuare sunt prezentate variantele cu referire la răcire.

Circuite de temperare (răcire/încălzire)

Circuitele de răcire (prin canale circulare) pot fi pe un nivel sau într-un singur plan (Fig.3.58) sau pe mai multe niveluri (Fig.3.59).

Forma circuitului de temperare depinde de: geometria reperului, numărul de cuburi, sistemul de extracție, calitate și precizia dimensională a reperului, aspectul suprafetei reperului, proprietățile materialului polimeric etc.

Mărimea canalelor de răcire (diametru, lungime) depinde de debitul și temperatura agentului termic.

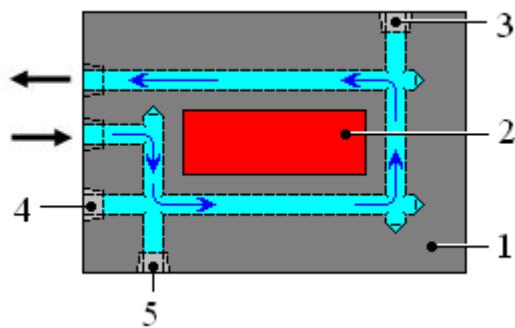


Fig.3.58 Circuit simplu de răcire a formei, pe un singur nivel (vedere de sus)
1- placă, 2- cavitate,
3, 4, 5- dopuri filetate pentru obturarea canalului

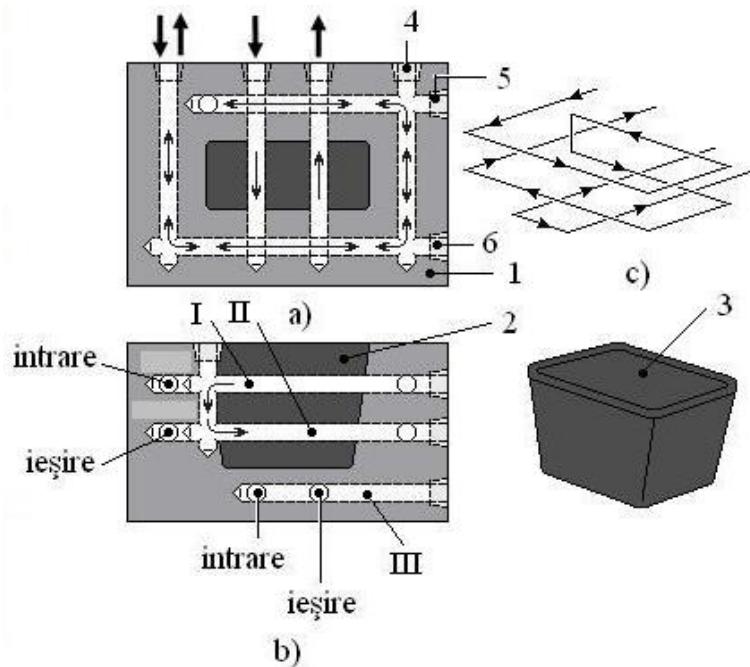


Fig.3.59 Circuit de răcire a formei pe trei niveluri
a)- vedere de sus,
b)- vedere din lateral;
c)- traseul agentului
1- placă, 2- cavitate,
3- reper,
4, 5, 6- dopuri filetate pentru obturarea canalului;
I, II, III- nivelul 1, 2 și 3 de amplasare a circuitului agentului

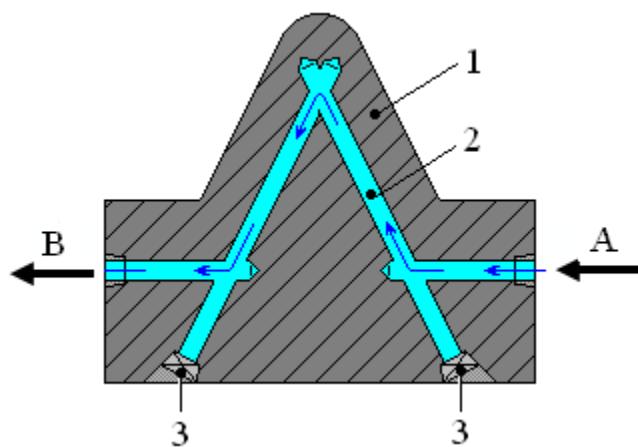


Fig.3.60 Circuit de răcire a poasonului
1- poanson, 2- circuitul agentului, 3- dopuri filetate pentru obturarea canalului;
A- intrare agent, B- ieșire agent

În cazul circuitului simplu pe un nivel, canalele au la ambele capete o zonă filetată pentru conectare rapidă la circuitul agentului de răcire. Săgețile

îngroșate indică locul în care intră sau ieșe agentul de răcire, iar săgețile subțiri, direcția de deplasare a agentului prin canale.

Pentru dirijarea curgerii pe același nivel (Fig.3.58) sau pe mai multe niveluri (Fig.3.59), unele capete ale canalelor se obturează cu dopuri filetate.

Răcirea duzei

Variantele constructive pentru răcirea duzei sunt prezentate în figurile 3.61 și 3.62.

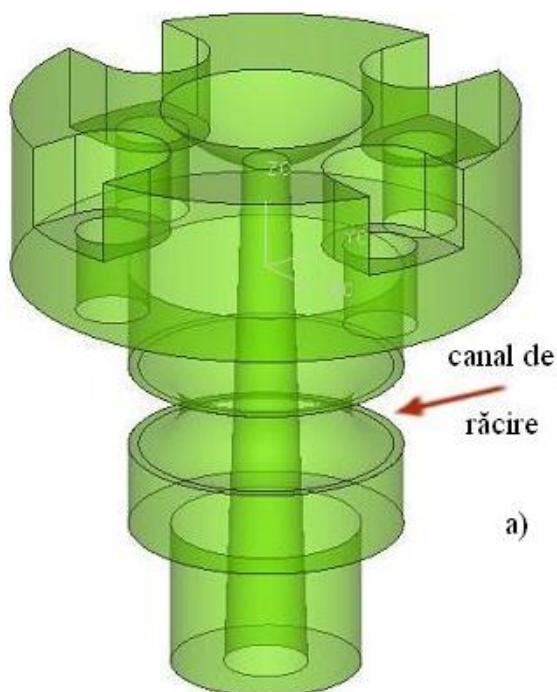


Fig.3.61 Răcirea duzei cu ajutorul unui canal circular

- a)- vedere transparentă cu poziția canalului de răcire în raport cu ajutajului duzei,
- b)- vedere cu circulația agentului

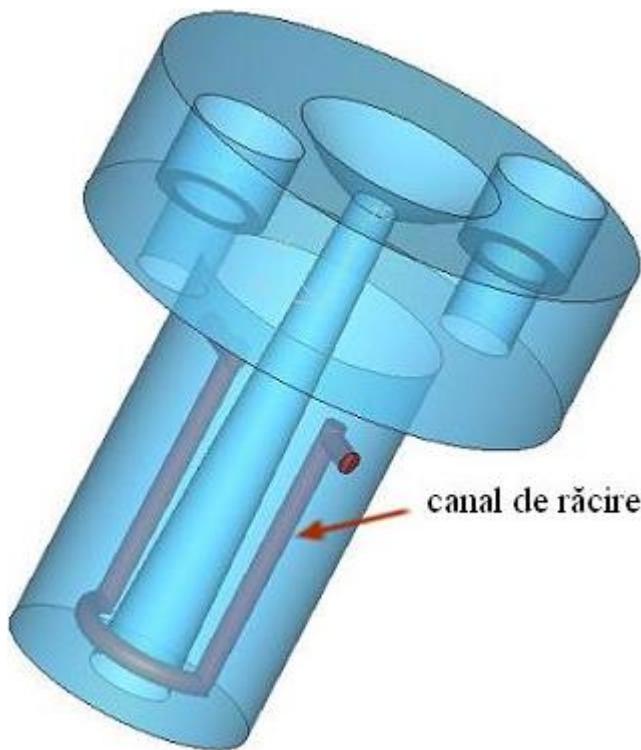


Fig.3.62 Răcirea duzei cu ajutorul unui canal circular practicat de-a lungul ajutajului

Răcirea plăcilor

Plăcile formei care trebuie, în general, răcite sunt: plăcile de formare (Fig.3.65), care au sau nu pastile și plăcile port-poanson (Fig.3.70). Aceste plăci au forme circulare și dreptunghiulare (în general, pătrate).

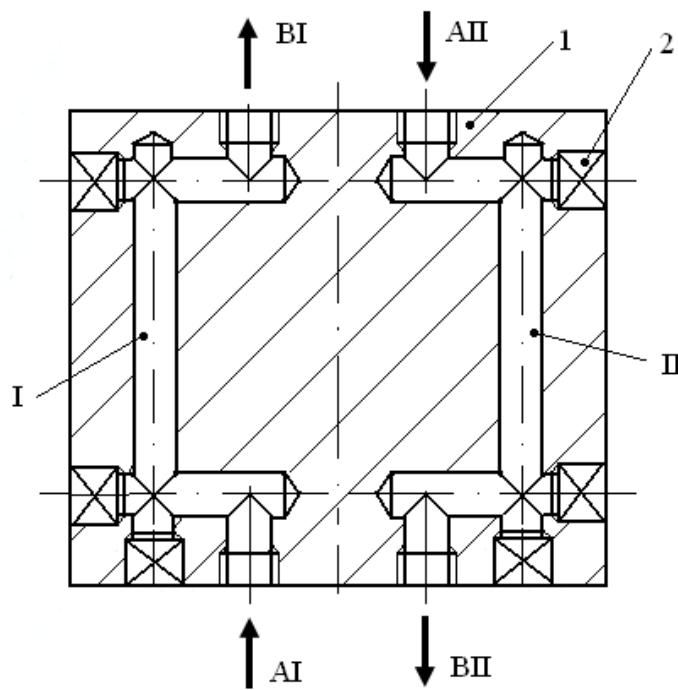


Fig.3.65 Dirijarea agentului în placă de formare, prin două circuite cu canale circulare
I, II- circuite ale agentului
1- placă de formare, 2- dop filetat pentru obturarea canalelor, AI- intrare agent în circuitul I,

BI- ieșire agent din circuitul I,

AII- intrare agent în circuitul II,

BII- ieșire agent din circuitul II

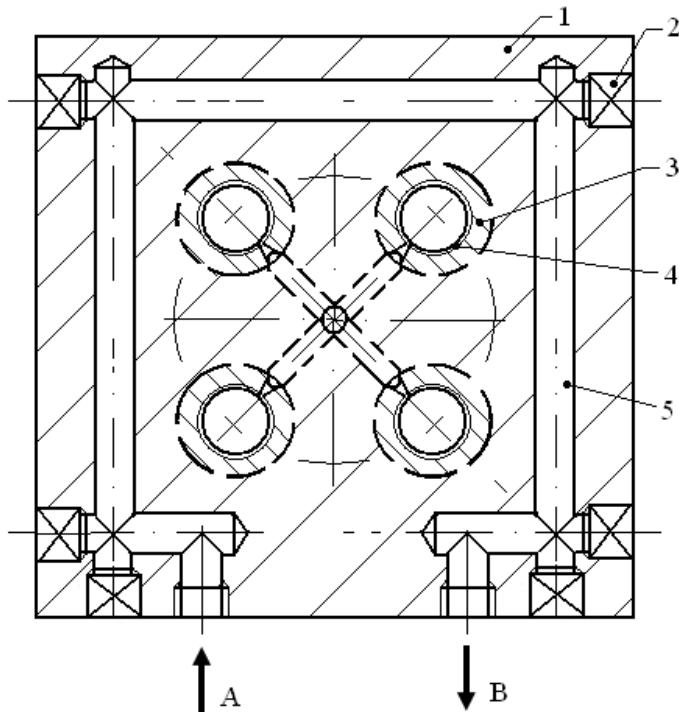


Fig.3.70 Secțiune prin circuitul de răcire în port-poanson

1- placă de formare, 2- dop filetat pentru obturarea canalelor, 3- pastilă, 4- reper, 5- canale de răcire

În plăcile care conțin pastile cu cavități circulare sau tronconice se pot realiza circuite în jurul cavității prin practicarea unui canal cu secțiune dreptunghiulară și traseu circular asemănător unei caneluri (Fig.3.71). Cu A și B s-au notat intrarea și respectiv, ieșirea agentului din pastilă.

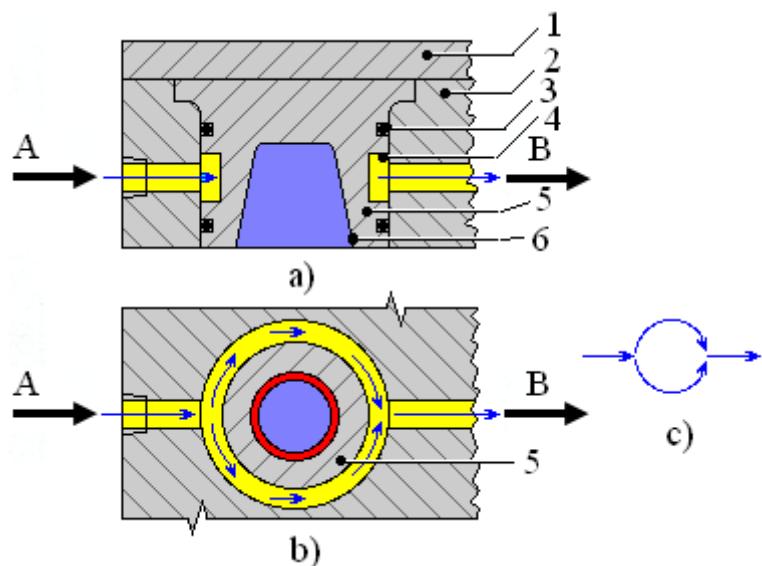


Fig.3.71 Circuit de răcire în pastila de formare
 a)- secțiune axială,
 b)- secțiune prin canalul 4, c)- traseul agentului;
 1- placă de închidere superioară, 2- placă care susține pastila, 3- inel de etanșare (O-ring),
 4- canal inelar dreptunghic pentru agent,
 5- pastilă,
 6- suprafața cavității

Recomandări referitoare la distanțele de amplasare a canalelor circulare
 sunt prezentate în mai multe lucrări de specialitate. Astfel, pentru amplasarea canalelor se recomandă, utilizând notațiile din figura 3.73, următoarele valori:

$$d \geq 4,5 \text{ [mm]} \quad (3.53)$$

$$a = (1 \div 5) \cdot d \text{ [mm]} \quad (3.54)$$

$$c \approx (2,5 \div 5) \cdot d \text{ [mm].} \quad (3.55)$$

Pentru orientare, raportat la grosimea reperului, se pot adopta valorile din tabelul 3.6.

Tabel 3.6 Amplasarea canalelor în funcție de grosimea reperului (notații din

Fig.3.73)

Grosimea reperului, s [mm]	Diametrul canalului, d [mm]	Distanța de la peretele reperului la axa canalului, a [mm]	Distanța între axele canalelor, c [mm]
0 ÷ 1	4,5 ÷ 6	11,3 ÷ 15	10 ÷ 13
1 ÷ 2	6 ÷ 8,5	15 ÷ 21	13 ÷ 19
2 ÷ 4	8,5 ÷ 11	21 ÷ 27	19 ÷ 23
4 ÷ 6	11 ÷ 14	27 ÷ 35	23 ÷ 30,5
6 ÷ 8	14 ÷ 18	35 ÷ 50	30,5 ÷ 40

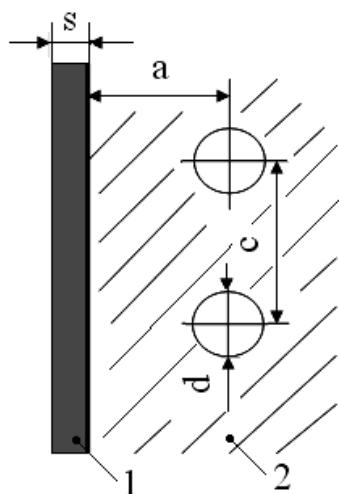


Fig.3.73 Așezarea canalelor de răcire
 1- reper, 2- placă

d - diametrul canalului
 a - distanța de la peretele reperului la axa canalului,
 c - distanța între axele canalelor,
 s - grosimea reperului

Răcirea poansoanelor sau miezurilor

Răcirea poansoanelor depinde de forma și dimensiunile acestora. Astfel, pentru poansoane utilizate la forme cu un singur cub circular, de dimensiuni mari și adâncime mare, se folosesc miezuri filetate, care ghidează agentul (Fig.3.74).

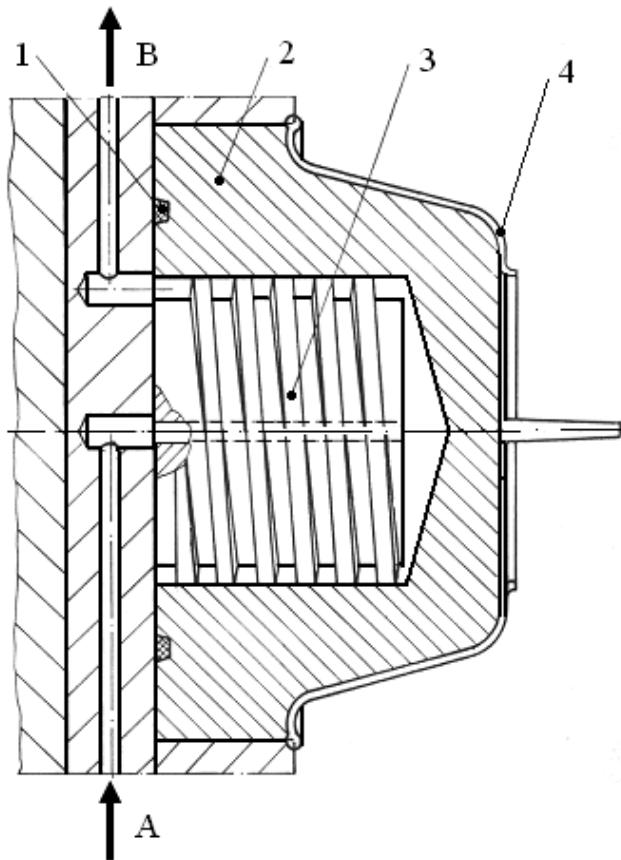


Fig.3.74 Răcirea poansoanelor pentru repere mari și adânci
 A- intrare agent, B- ieșire agent; 1- garnitură pentru etanșare, 2- poanson, 3- miez filetat la exterior și cu orificiu central pentru ghidarea agentului de răcire, 4- reper

Pentru repere înalte și de diametre mai mici (piese înguste), există mai multe sisteme de răcire a poansoanelor (Fig.3.75).

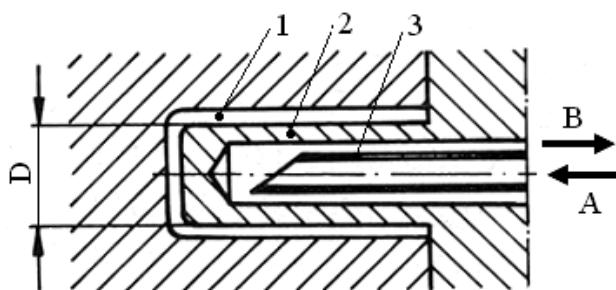


Fig.3.75 Răcirea poansoanelor pentru piese înguste (diametrul, D, al poansonului ≥ 8 mm)
 1- reper, 2- poanson, 3- țeavă

Pentru răcirea poansoanelor înguste, lungi și foarte lungi utilizate la repere zvelte, se apelează la soluția din fig.3.78.

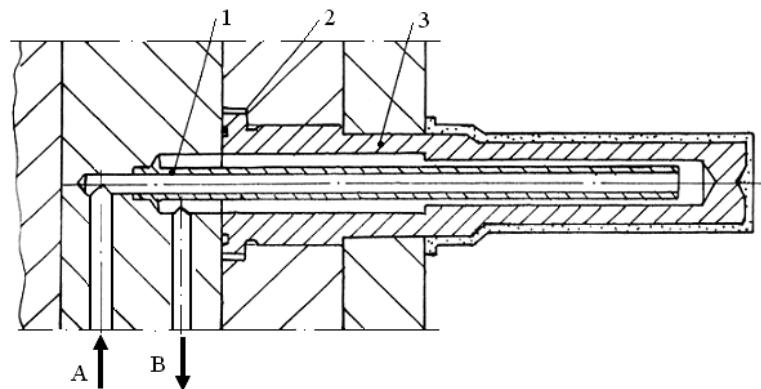
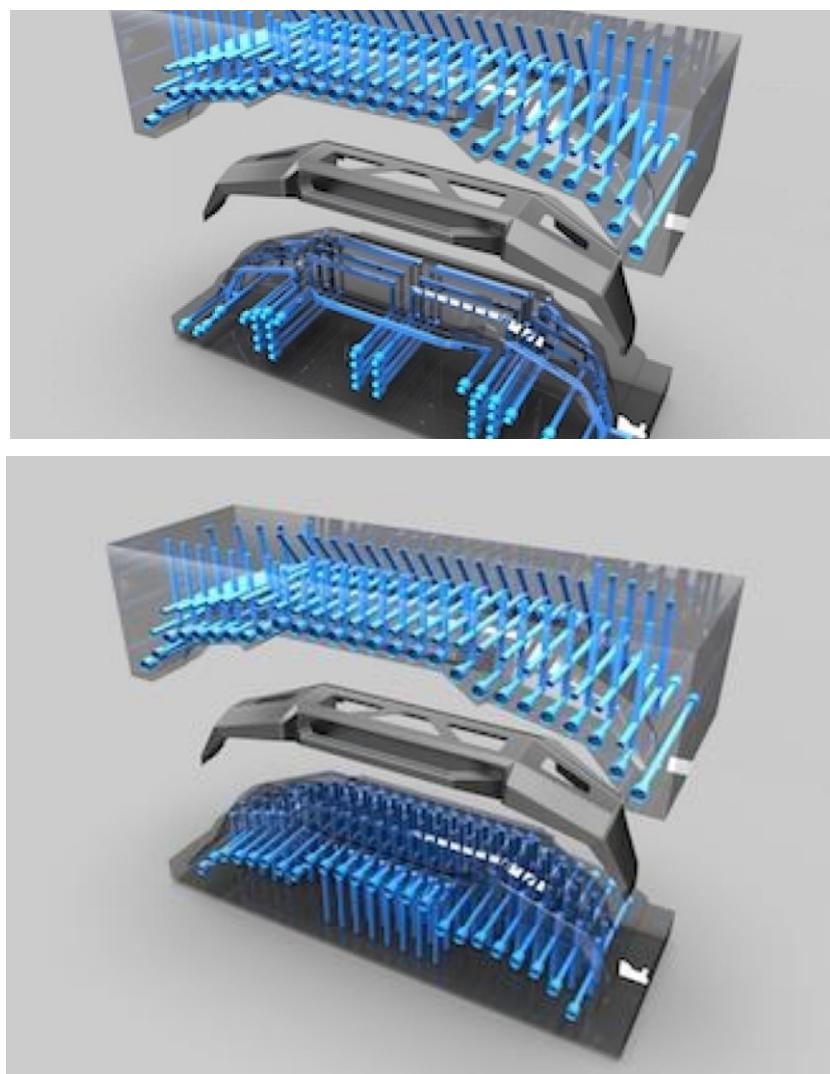
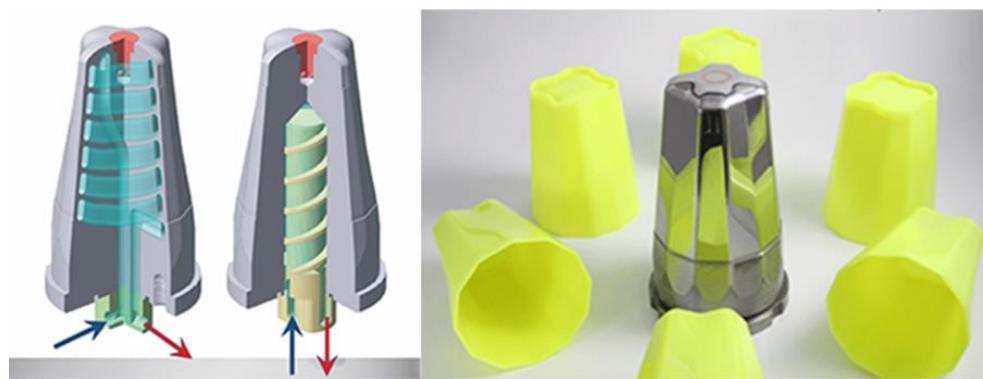
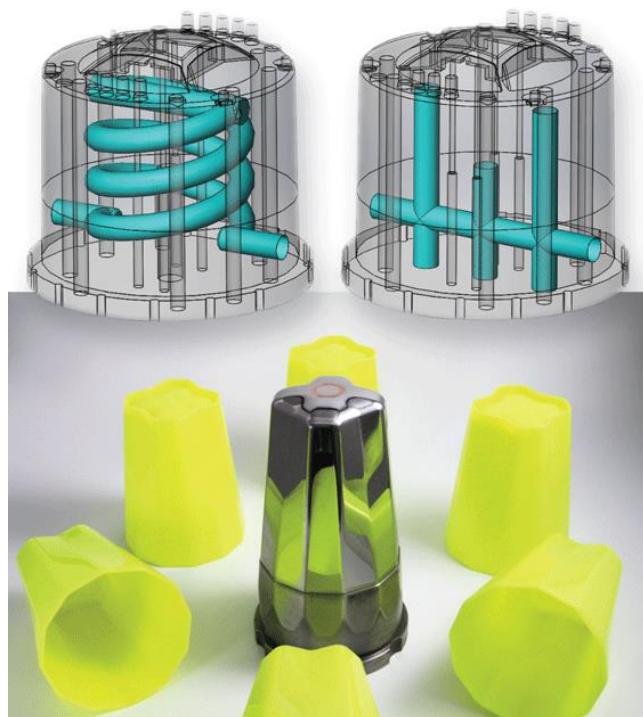


Fig.3.78 Răcirea poansoanelor foarte lungi și înguste, 1- țeavă, 2-garnitură, 3- poanson





În stânga este un exemplu de FI metalică cu canale de răcire sinterizate (calitatea răcirii mai bună) obținută prin tipărire cu o imprimantă 3D. În dreapta sunt canale de răcire prelucrate convențional. Canalele conforme se obțin printr-o tehnică de sinterizarea metalică directă cu laser, care este o tehnologie cheie utilizată pentru imprimarea miezurilor FI (numite și inserții de matriță). Astfel, o imprimantă laser 3D sinterizează pulbere de metal strat dupăstrat. Acest proces permite inginerilor să optimizeze proiectarea canalelor de răcire. Canalele de răcire sinterizate pot fi imprimate în orice formă și mai aproape de reper decât pot realiza metodele clasice. Canalele de răcire sinterizate economisesc timp, reduc deșeurile și îmbunătățesc calitatea reperelor formate prin injectare.



3.4.3 Calculul circuitelor de răcire

1 Bilanțul termic de-a lungul ciclului de formare

Cantitatea de căldură ce trebuie evacuată forțat din formă, adică cantitatea de căldură care trebuie îndepărtată de agentul de răcire, rezultă din ecuația bilanțului termic de-a lungul ciclului de formare (Fig.3.79):

$$Q = Q_c + Q_{rd} + Q_{cd} + Q_r \quad [W] \quad (1)$$

unde Q este cantitatea de căldură introdusă de topitură în formă [W],

Q_c - cantitatea de căldură transferată convectiv de la peretele formei [W],

Q_{rd} - cantitatea de căldură eliminată din formă prin radiație [W],

Q_{cd} - cantitatea de căldură eliminată din formă prin conductione [W],

Q_r - cantitatea de căldură evacuată din formă de agentul de răcire [W].

Primii trei termeni din partea dreapta a egalității reprezintă cantitatea de căldură transferată din formă în mod natural între topitură, formă și mediul, ultimul termen măsoară cantitate de căldură evacuată forțat, prin agentul de răcire.

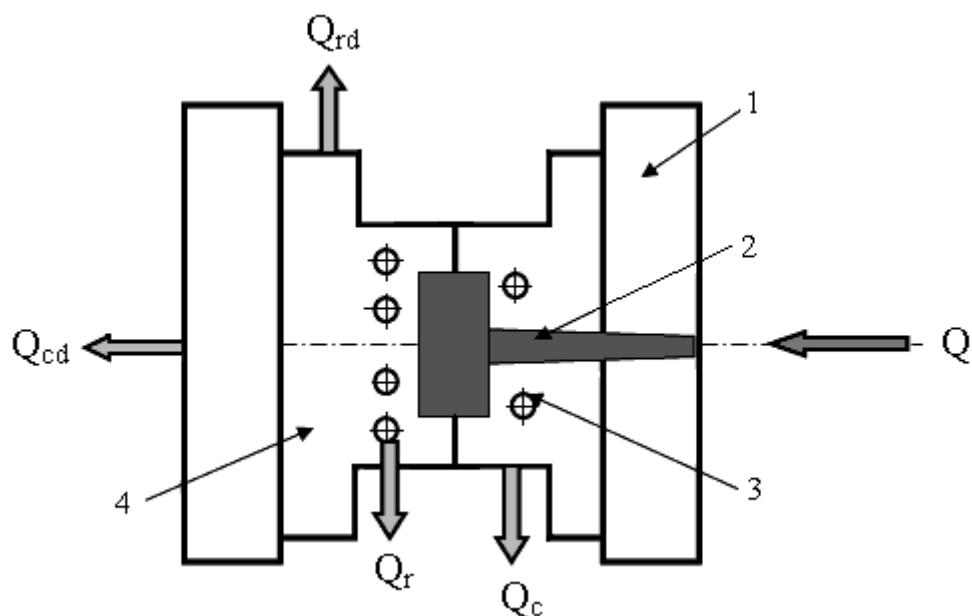


Fig.3.79 Bilanțul termic în forma de injecție
1- platou, 2- topitură, 3- sistem de răcire, 4- formă de injecție;

Cantitatea de căldură, Q , se calculează cu relația:

$$Q = \Delta H \cdot Q_m \quad [W] \quad (2)$$

unde ΔH este variația entalpiei specifice a topitului în intervalul dintre intrarea în formă a topitului (T_t) și evacuarea din formă a topitului solidificată (T_e) [J/kg]; Q_m – debitul masic al materialului polimeric, pentru condițiile de formare [kg/s]. Pentru aceasta este necesară cunoașterea temperaturilor de intrare/injecție (T_t =temperatura topitului) și de ieșire/evacuare (T_e) ale materialului polimeric din formă. De exemplu, pentru PMMA diagrama p-V-T este ce din fig.3.80, unde este prezentat și modul de stabilire a temperaturii de evacuare din formă (T_e).

Să presupunem că presiunea topitului de PMMA în formă este de 100 MPa (1000 bar).

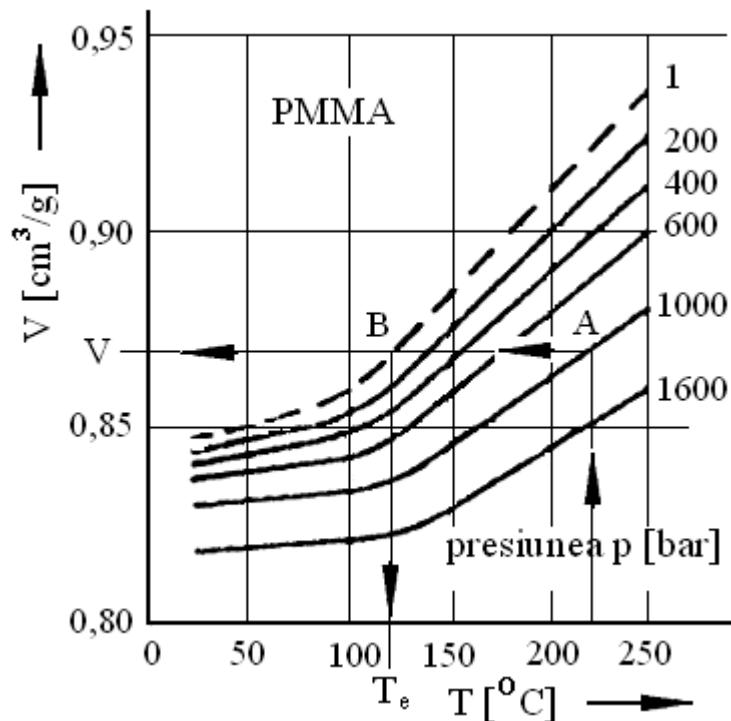
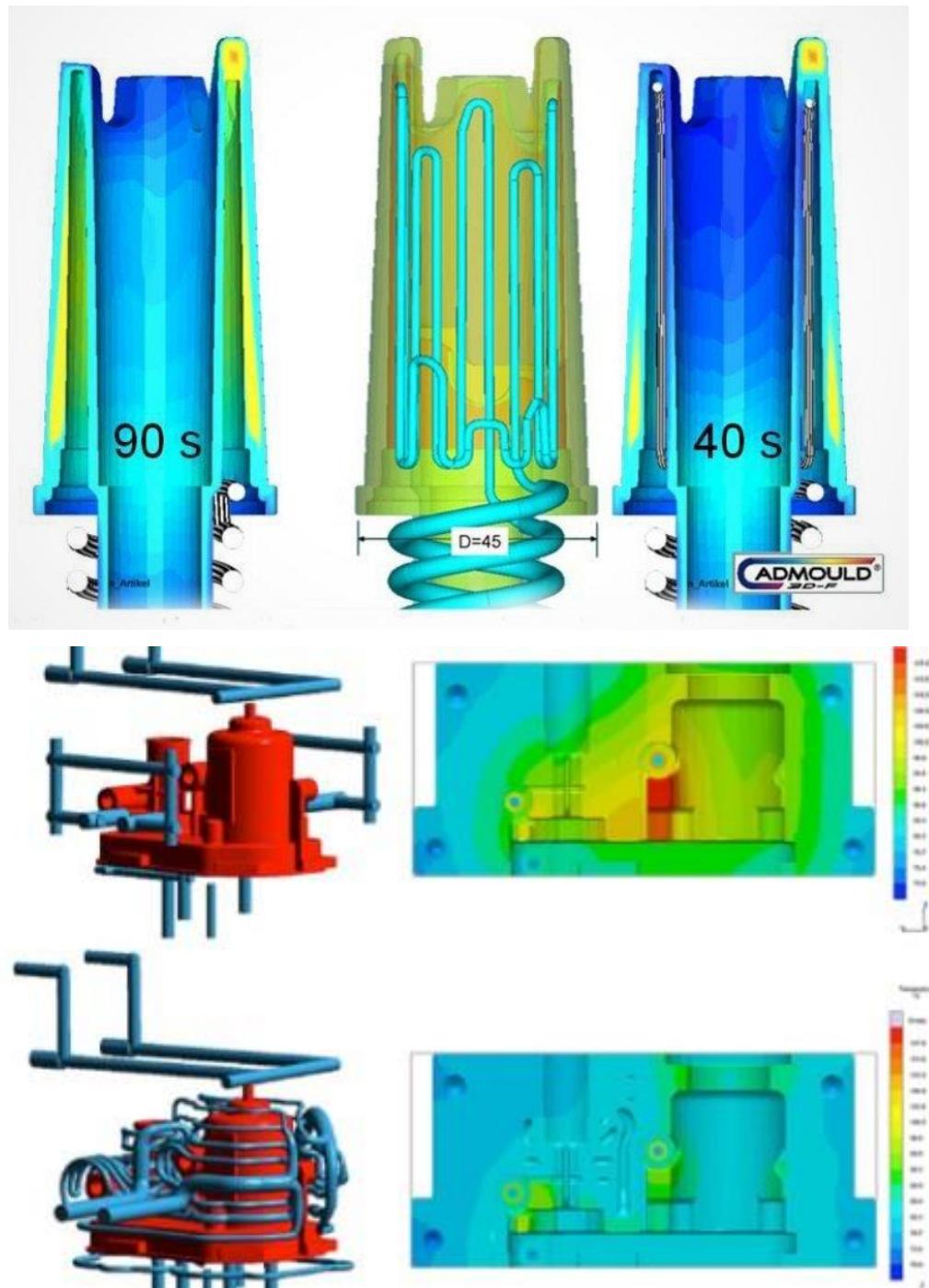


Fig.3.80 Lucru cu diagrama p-V-T
 $T_t=220^\circ\text{C}$
 $T_e=120^\circ\text{C}$

2 Calculul timpului de răcire

Factorul economic decisiv în funcționarea unei forme de injecție este viteza de transfer termic între materialul polimeric injectat și formă, de aceea acest aspect a fost abordat de mulți specialiști. Cele mai economice metode fiind cele ale simulării răcirii.



Sigmasoft Virtual Molding

Înainte de a dimensiona un circuit de răcire se alege agentul de temperare. **Pentru răcirea formelor se utilizează apă dedurizată și aditivată, saramură de concentrație 20%, etilenglicol, ulei sau apă cu etilenglicol.** Etilenglicolul are avantajul de a nu forma cruste (depunerile minerale) și de a nu produce ruginirea circuitelor.

Fluxul termic, care caracterizează viteza de transmitere a căldurii, poate fi considerat unidimensional și astfel ecuația lui Fourier devine (ecuația conductionei termice unidirectionale):

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{\rho \cdot c_p} \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (3)$$

unde notațiile sunt: T - temperatura, t - timpul, λ - coeficientul de conductivitate termică, ρ - densitatea, c_p - căldura specifică și x - distanța de la peretele cald, toate cu referire la polimeri. Cu ajutorul relației (3) se determină timpul de răcire pentru un reper cu geometria cunoscută.

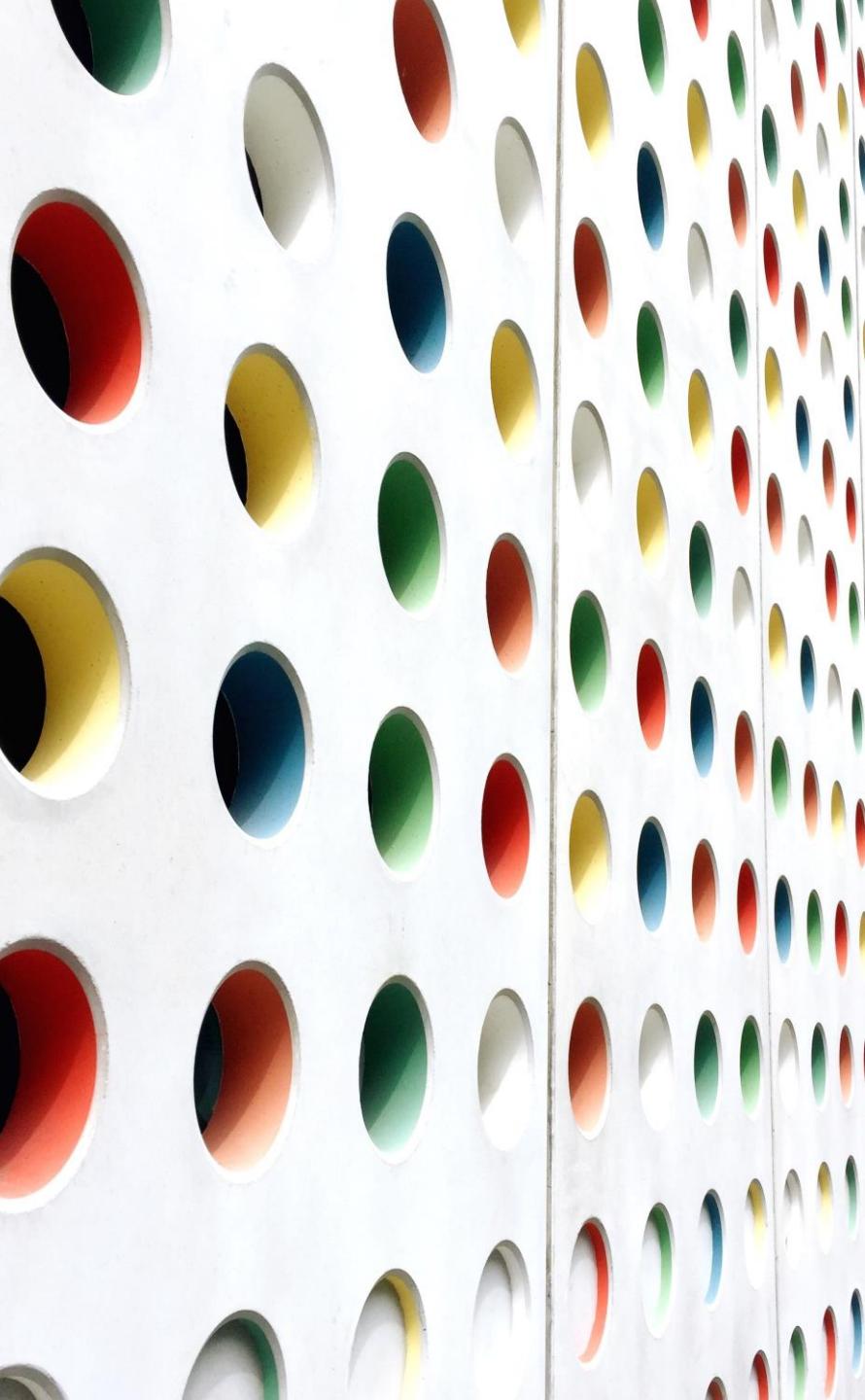
De exemplu, pentru repere cubice timpul minim de răcire pentru materialul polimeric aflat în cub se calculează cu relația:

$$t_r = \frac{s^2}{a_{ef} \cdot \pi^2} \ln \left(\frac{8}{\pi^2} \frac{T_t - T_f}{T_e - T_f} \right) [s] \quad (4)$$

în care s este grosimea reperului [mm], a_{ef} – coeficientul mediu de difuzivitate termică a materialului polimeric [mm^2/s] la temperatura peretelui formei; T_t – temperatura topituirii [$^\circ\text{C}$], T_f – temperatura peretelui formei [$^\circ\text{C}$], T_e – temperatura reperului (medie din secțiune) la evacuare [$^\circ\text{C}$], l – latura cubului [mm],

În relația (4) valorile temperaturilor sunt cunoscute, deoarece T_t , T_f sunt parametri de proces, iar T_e se stabilește din diagrama p-V-T în funcție de parametri de proces.

Vă mulțumesc pentru prezență și pentru atenția cu care m-ați urmărit!



„Design-ul ambalajelor”

Curs 6

Anul IV Design industrial

Titular curs: prof.dr.ing. Mariana-Florentina Ștefănescu

3.5 Sistemul de extragere/aruncare (evacuare) din FI a topiturii întărite (reper și rețea/culee)

3.6 Sistemul de închidere a FI. Forțele de strângere

3.7 Stabilirea timpului ciclului și a productivității formei

3.8 Sistemul de poziționare (aliniere/centrare) și de conducere a formei

3.5 Sistemul de extragere/aruncare (evacuare) din FI a topiturii întărite (reper și rețea/culee)

Eliminarea (aruncarea sau evacuarea) reperelor și a topiturii întărite, în rețelele de distribuție, se realizează prin sistemul de extracție sau aruncare care poate fi mecanic, pneumatic sau hidraulic și combinatii.

Dintre acestea, varianta de extragere mecanică este cea mai răspândită. Aruncarea mecanică se realizează mai ușor când reperul rămâne în partea mobilă a formei. În cazul materialelor termoplastice se folosește, mai des, aruncarea mecanică.

Modul de acționare al acestui sistem este următorul:

- la deschiderea formei, tija (știftul) de aruncare ia contact cu opritorul mașinii de injecție,
- placa aruncătoare este împinsă înainte împreună cu știfturile de aruncare, știfturile de aruncare scot reperul de pe poanson,
- știfturile readucătoare întorc placa aruncătoare în poziția inițială odată cu închiderea formei și începerea unui nou ciclu.

Cele mai utilizate variante de aruncare mecanică sunt cele cu știfturi/tije de aruncare (Fig.1), cu aruncătoare tubulare tip mâncă (Fig.2), cu placă dezbrăcătoare (Fig.3) și sisteme mai complicate de deșurubare, pentru piese cu filet interior/exterior.

Fig.1 Extractie cu știfturi/tije aruncătoare

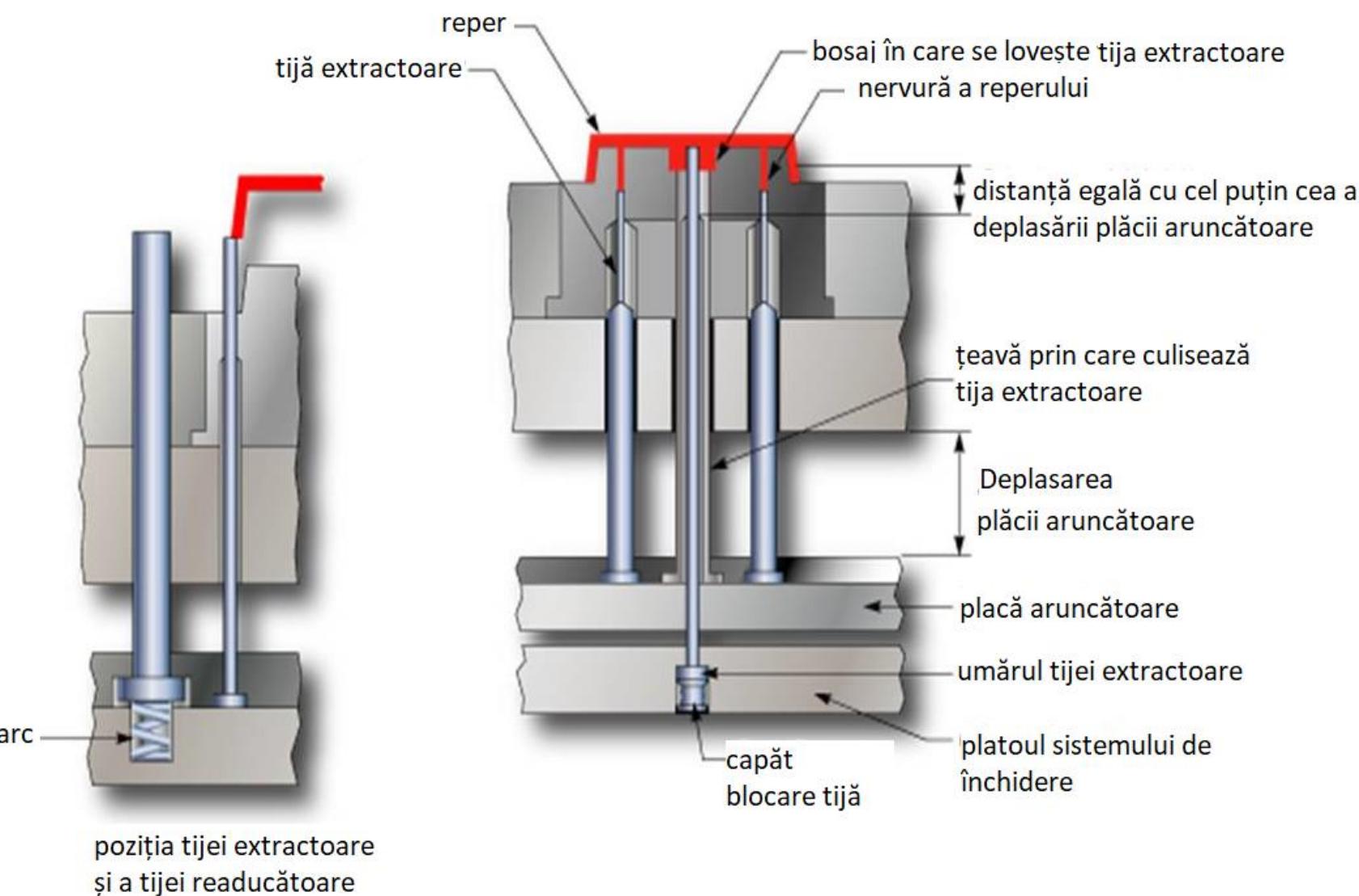
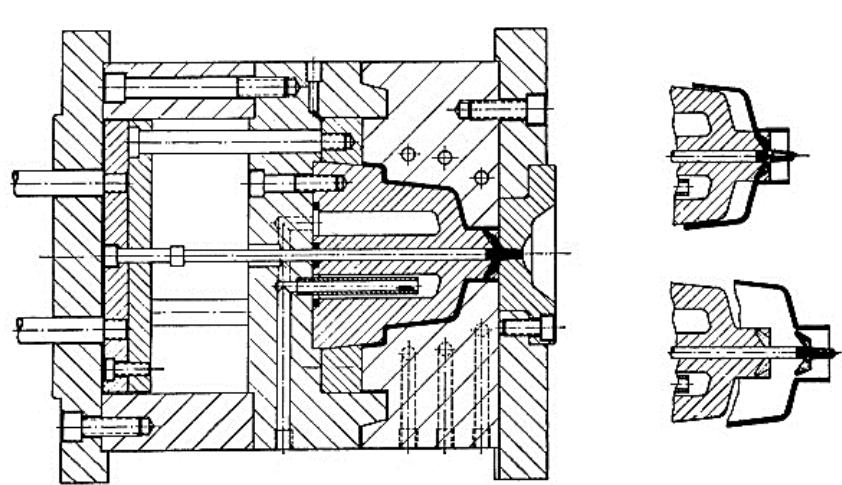
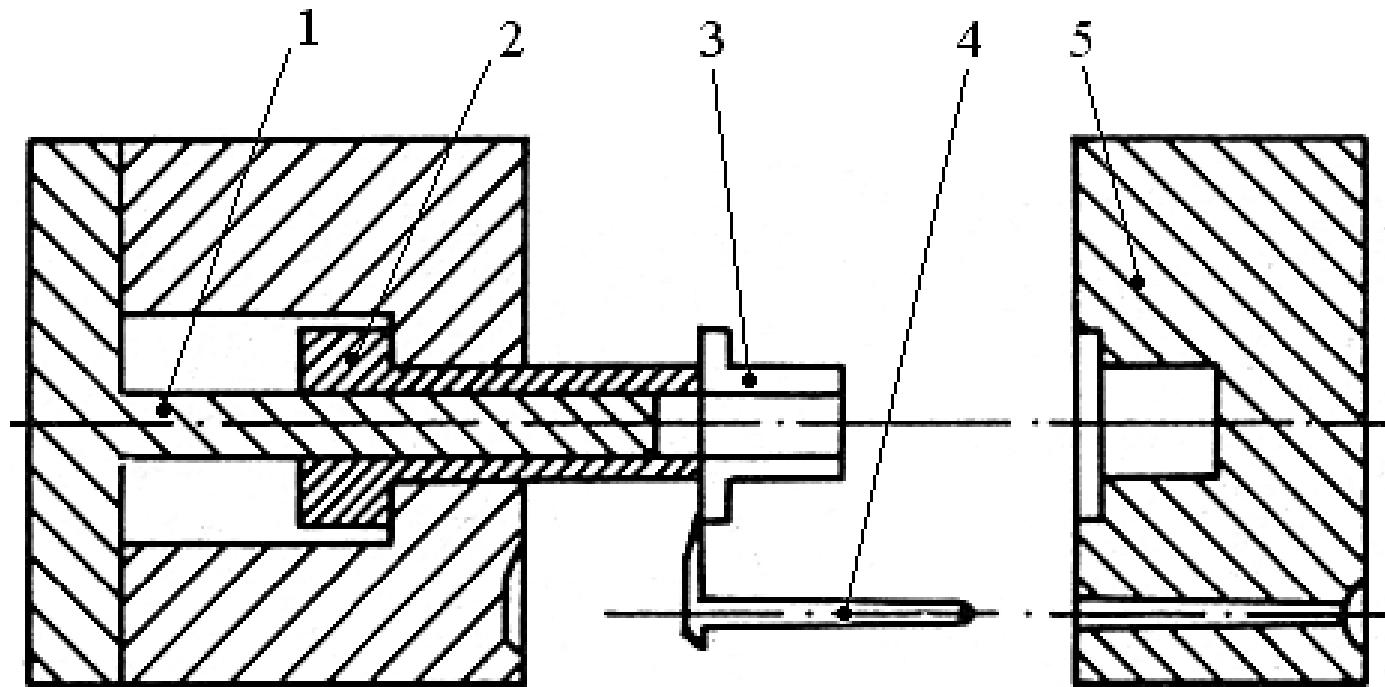
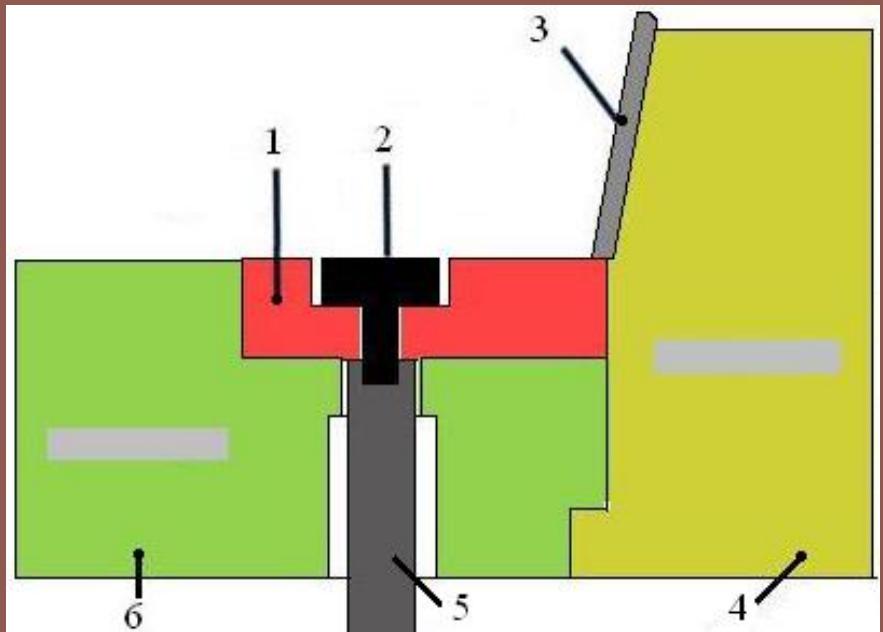


Fig.2 Aruncător
tubular (tip mâne că) –
formă deschisă (schiță
simplificată)

1- miez/poanson, 2- aruncător
tubular, 3- reper, 4- rețea,
5- cavitate

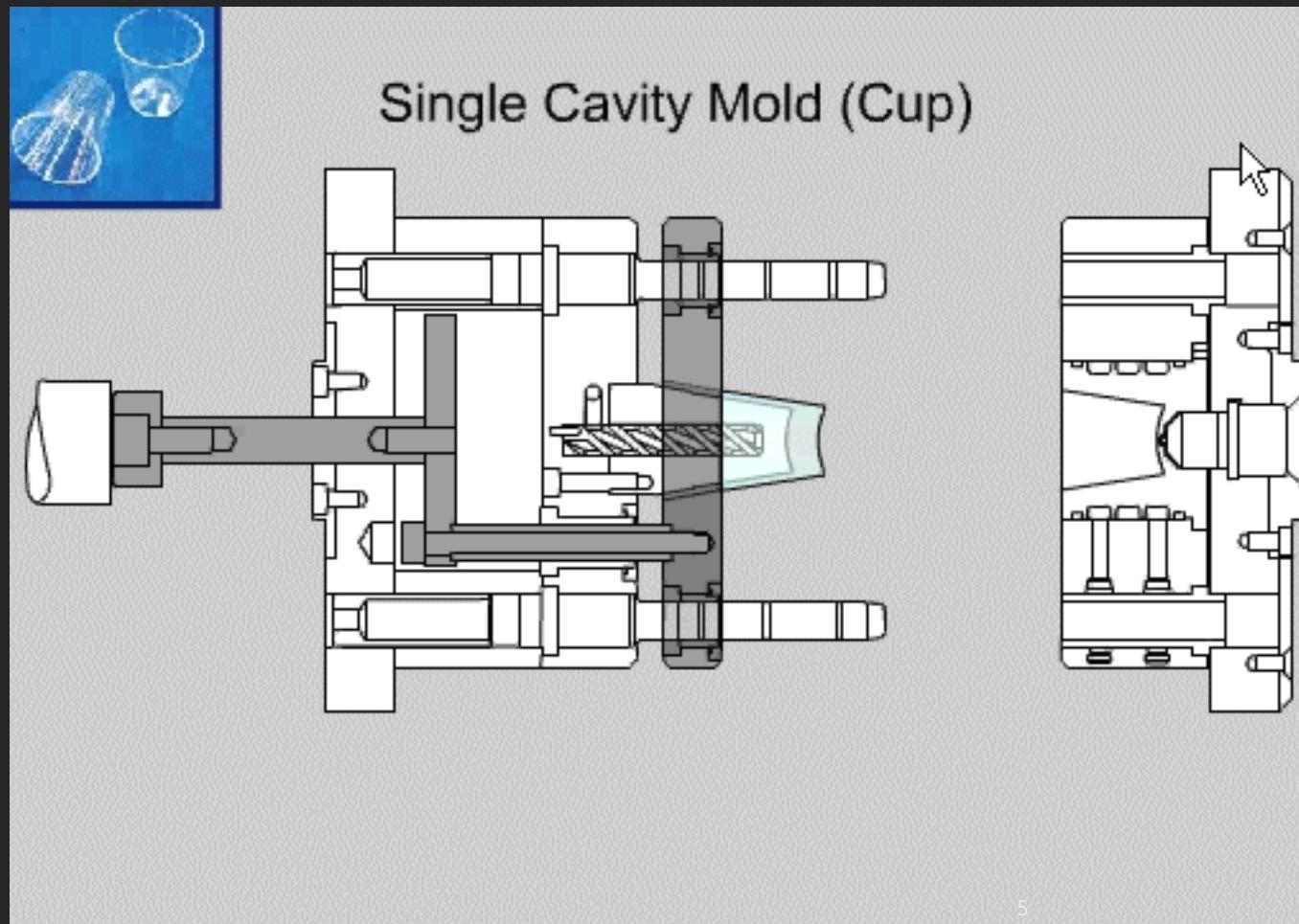


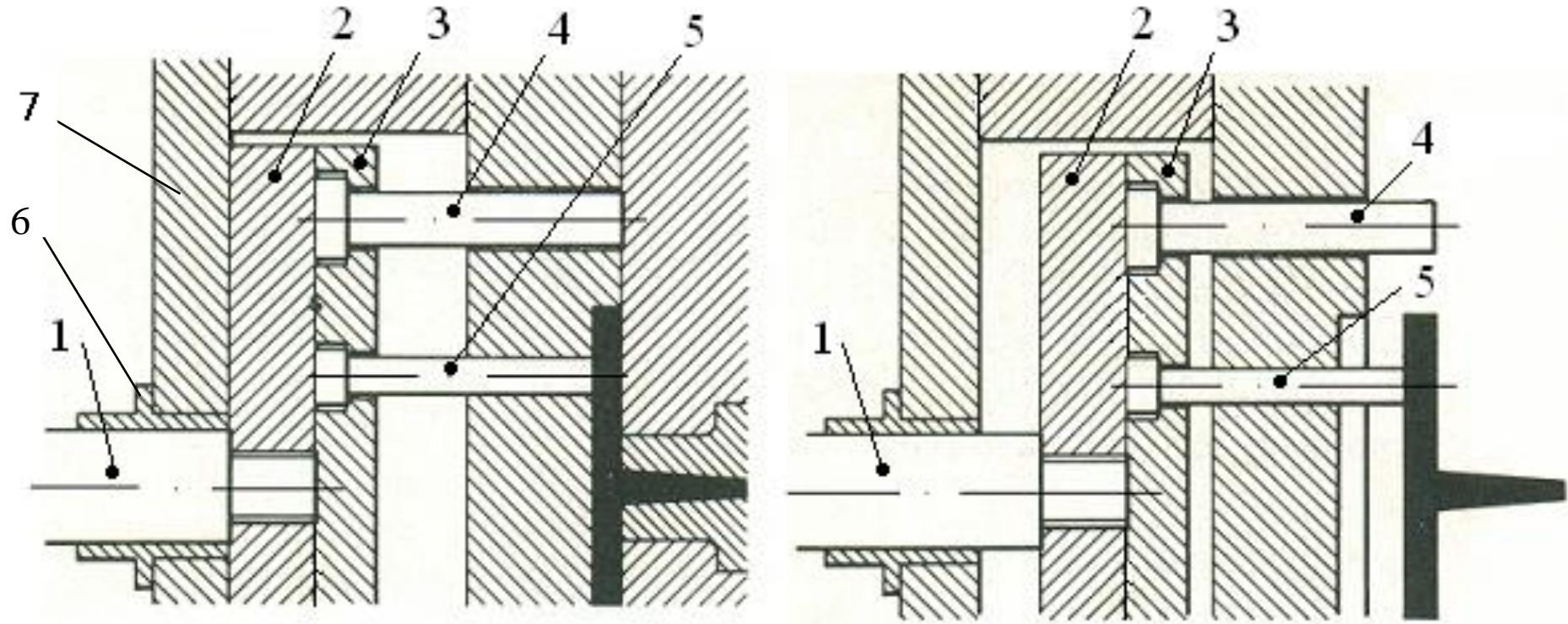


1- placă dezbrăcătoare, 2- bolț extractor,
3- reper, 4- poanson, 5- știft aruncător,
6- placă de formare pentru miez

12/16/2020

Fig.3 Extractie cu placă dezbrăcătoare





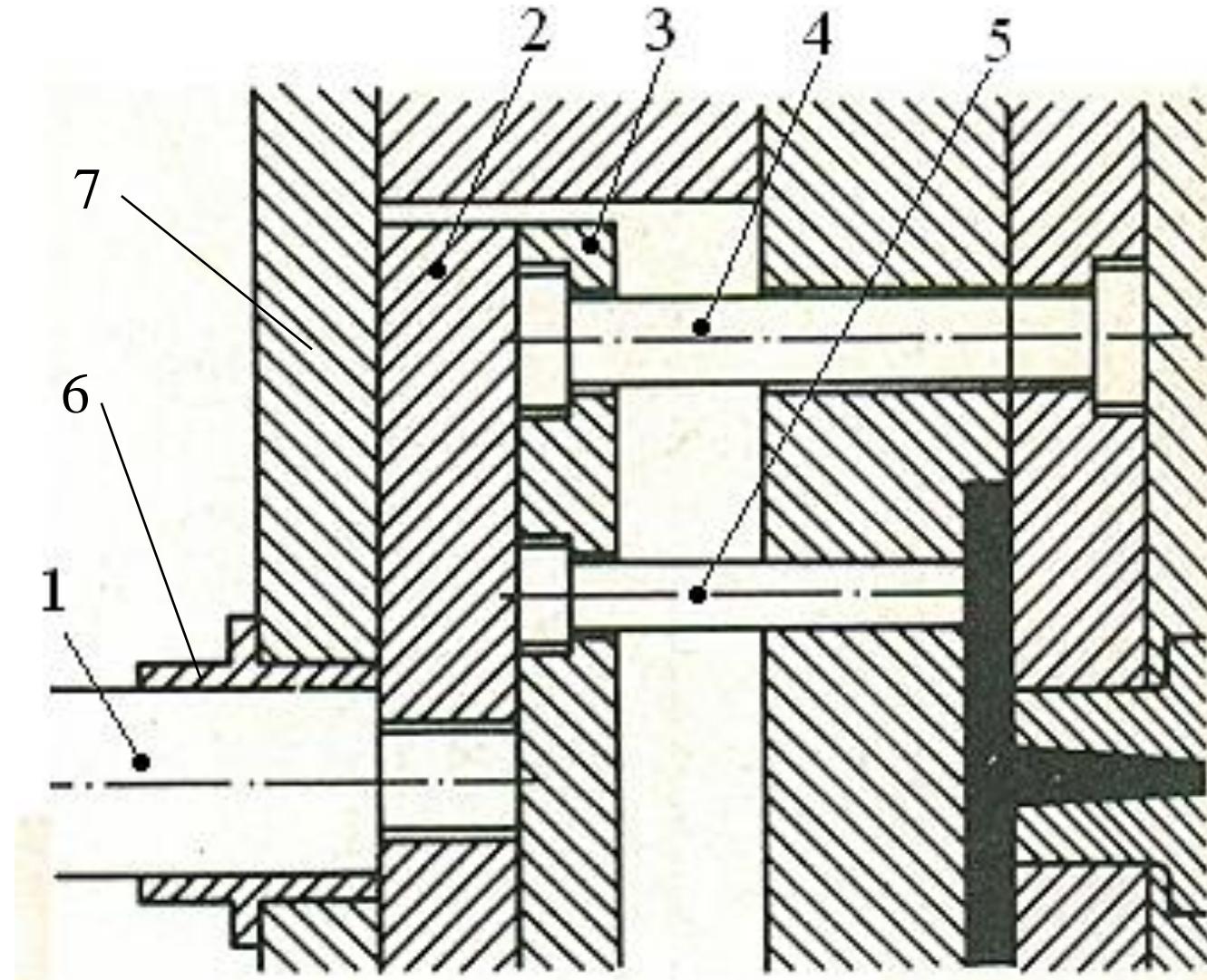
Revenirea aruncătoarelor se realizează în diferite moduri, cele mai folosite fiind cu știfturi readucătoare și cu arc. În figura 4 este prezentat un sistem de revenire cu știft readucător (4), iar în figura 5, știftul readucător are și contra știft.

În figurile 4 și 5 ajustajele recomandate pentru asamblarea tijei de aruncare (1) cu bucșa de conducere (6) sunt H7 / g6. Ajustajele dintre bucșa de conducere (6) și placă de prindere (7) sunt H7 / k6.

Fig.4 Utilizarea știftului readucător (tijă de revenire); a)- formă închisă, b)- formă deschisă; 1- tijă de aruncare, 2- placă aruncătoare, 3- placă port-aruncătoare, 4- știft readucător, 5- aruncător, 6- bucșă de conducere, 7- placă de prindere

Fig.5 Știft readucător cu contra-știft

1- tijă de aruncare, 2- placă aruncătoare, 3- placă port-aruncătoare, 4- știft readucător cu contra-știft, 5- aruncător, 6- bucșă de conducere, 7- placă de prindere



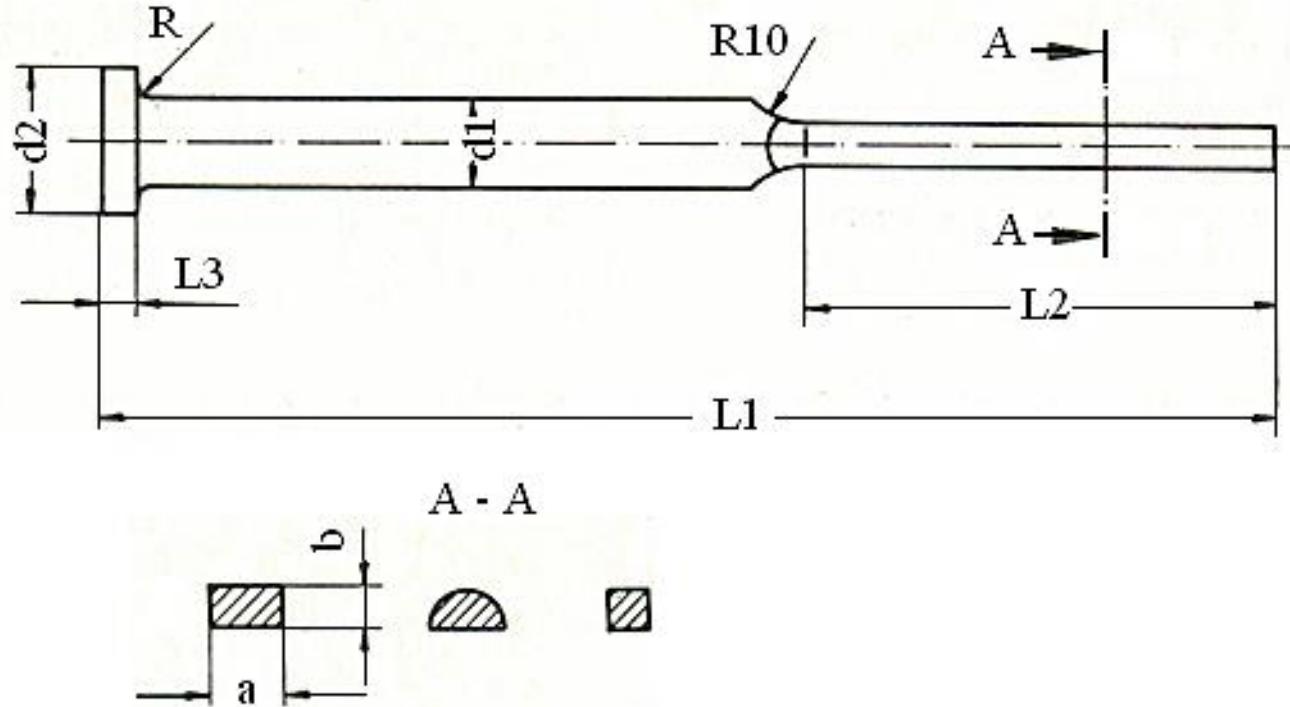
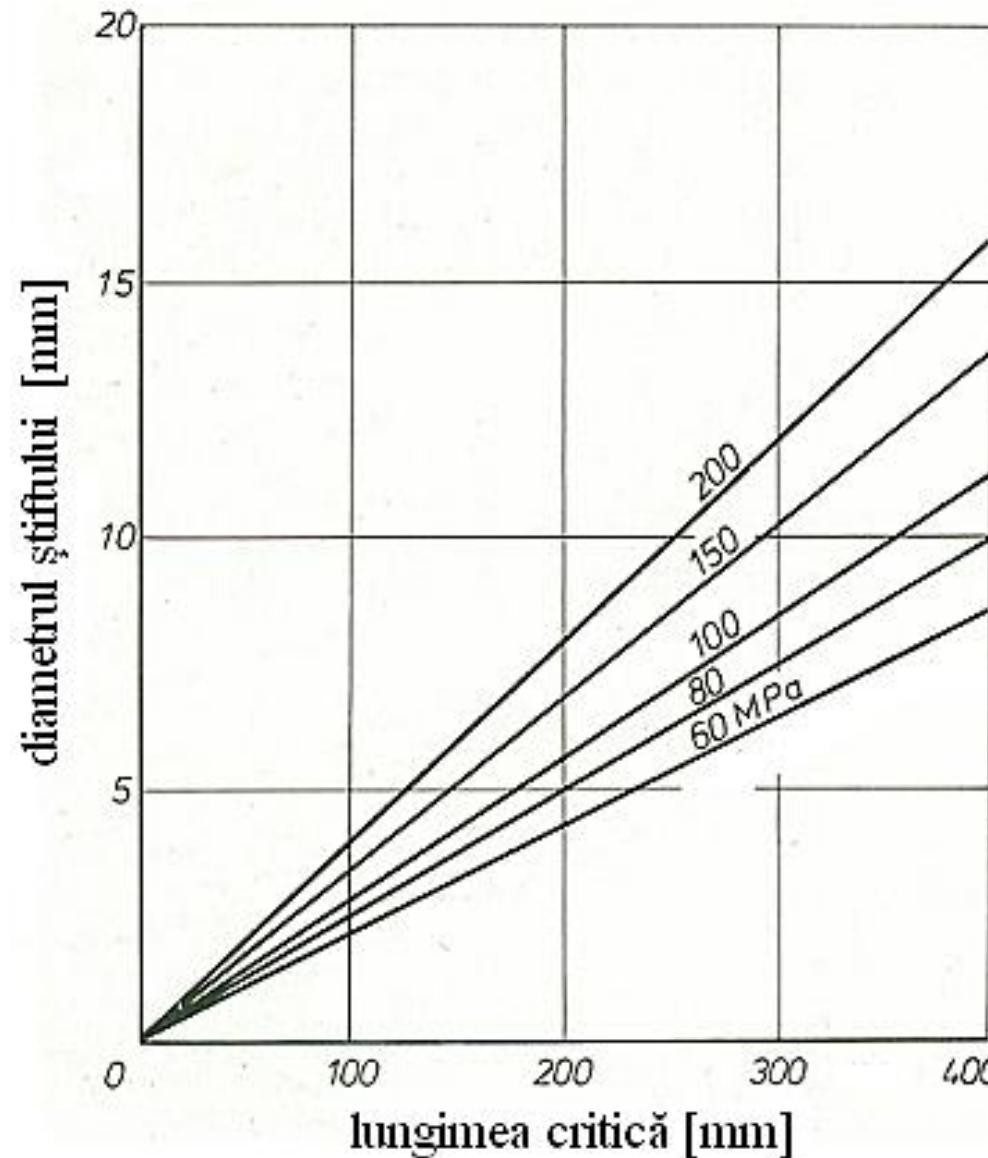


Fig.6 Exemplu de știft de aruncare cu corp cilindric cu diametru mare care se prelungeste printr-o tijă cu secțiune necirculară

Fig.7 Corelația dintre diametrul știftului de aruncare și lungimea lui critică, în funcție de presiunea de injecție



3.6 Sistemul de închidere a FI. Forțele de strângere

Sistemul de închidere aproape cele două semiforme, la început cu o viteză mai mare decât spre finalul cursei.

După ce au fost stabilite geometria, masa reperului și configurația formei se trece la determinarea forțelor ce apar în funcționarea formei. Pentru o proiectare detaliată a sistemului de extracție (numărul, poziția și tipul elementelor sistemului) este necesară **cunoașterea forțelor, a căror valoare poate sugera necesitatea schimbării poziției reperului în formă și chiar a întregului sistem de alimentare cu scopul de a reduce amplitudinea acestor forțe.**

Forțele de desfacere/deschidere și extracție sunt practic rezultatul interacțiunii dintre **tendința de mărire a cavității sub acțiunea presiunii de injecție și contracția materialului solidificat.**

Forța de desfacere/deschidere este funcție de presiunea de contact, iar **cele de extracție** se opun forțelor de frecare și sunt, în general, cele ce produc dificultăți.

Insuficienta cunoaștere a comportării materialului polimeric **influențează negativ productivitatea**, mai ales în cazul unor noi produse, la care corectiile ulterioare ale formei pot fi nejustificate de scumpe.

Parametrii care afectează mărimea forțelor în funcționare (închidere - menținere, deschidere - extracție) pot fi grupați în **patru categorii**:

I - parametrii materialului polimeric:

- coeficienții de frecare: interni și externi
- caracteristici termodinamice: diagrama p-v-T, coeficientul de dilatare termică, contracția;

II - caracteristicile formei:

- rigiditatea;
- dependența p-T în sistemul de răcire;
- materialul: caracteristici termice, prelucrarea suprafețelor;

III - characteristicile reperului:

- forma secțiunilor transversale;
- grosimea pereților;
- mărimea proiecției ariei pe planul de separare;
- existența și amplasamentul nervurilor;

IV - parametrii de proces:

- evoluția presiunii de-a lungul procesului;
- evoluția temperaturii pereților formei și a topiturii;
- temperatura de extracție;
- timpul de extracție;
- randamentul formării privit prin cadența extracțiilor.

Proiectarea sistemului/agregatului de închidere a formei de injecție se referă la:

- calculul forței necesare de strângere a formei și
- alegerea agregatului optim de închidere.

Relația de calcul a forței necesare de strângere a FI, a agregatul de închidere, este:

$$(F_{IF})_{necesara} = A_p \cdot p_M \quad [N] \quad (1)$$

unde A_p este aria obținută prin proiecția tuturor cuiburilor și canalelor de distribuție, pe planul de separare [mm²] (Fig.8); p_M – presiunea maximă din cuib [MPa]; în funcție de materialul polimeric și de geometria reperului, p_M este cuprins între 20 și 100 MPa, și ea reprezintă presiunea din faza de compactizare și menținere.

Fig.8 Exemple de proiecții (a-d) ale diferitelor repere pe planul de separare XY

1- reper, 2- proiecția reperului pe planul de separare

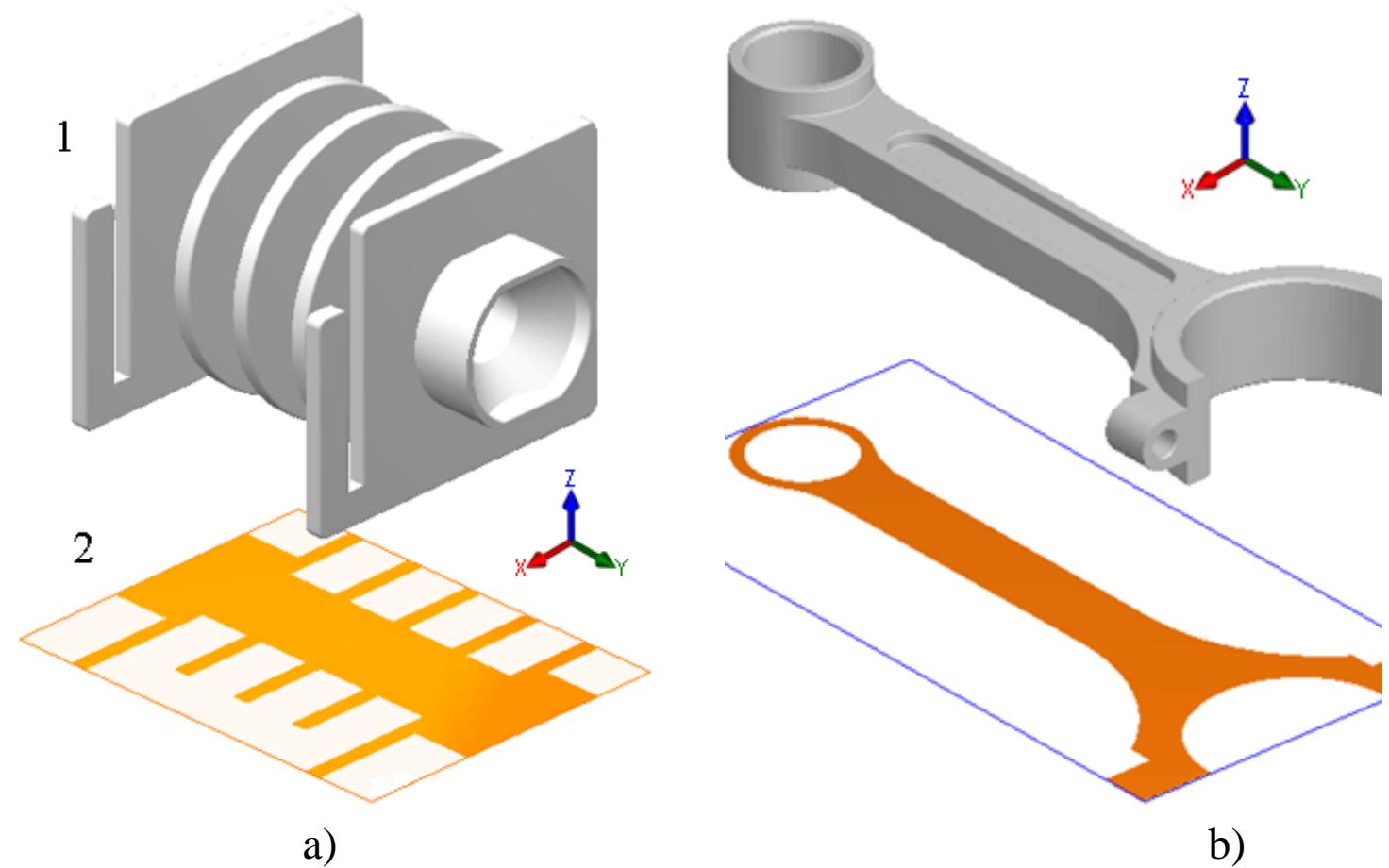
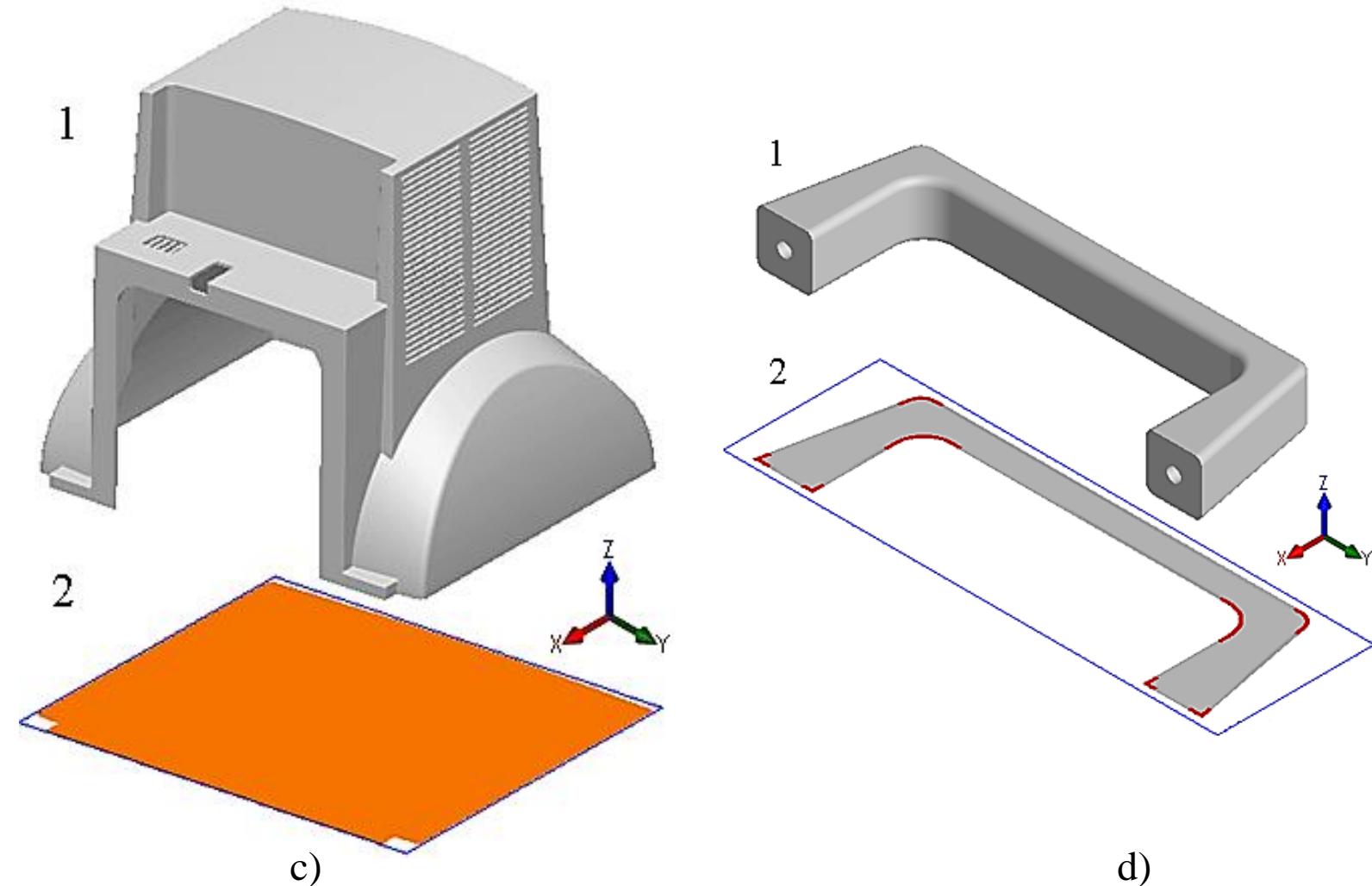


Fig.8 Exemple de proiecții (a-d) ale diferitelor repere pe planul de separare XY

1- reper, 2- proiecția reperului pe planul de separare



Agregatul de închidere se alege astfel încât forța lui maximă de strângere, F_{IF} , să îndeplinească condiția:

$$F_{IF} > (F_{IF})_{\text{necesară}} \quad [N] \quad (2)$$

Aggregatele de închidere sunt standardizate, astfel că alegerea agregatului care să îndeplinească condiția (2) trebuie ales din gama de forțe imediat următoare celei necesare.

3.7 Stabilirea timpului ciclului și a productivității formei

Durata unui ciclu de formare, t_c , se calculează cu relația:

$$t_c = t_i + t_r + t_e + t_{id} \quad [s] \quad (3)$$

unde t_i este timpul de injecție [s], t_r – timpul de răcire [s], t_e – timpul de extracție [s], t_{id} – timpul de închidere-deschidere al formei [s].

Practica a demonstrat că suma timpilor de injecție, extracție și închidere-deschidere reprezintă aproximativ 30% din timpul ciclului, astfel că, în lipsa altor date, t_c se poate calcula cu următoarea relație

$$t_c = \frac{t_r}{0,7} \quad [s]. \quad (4)$$

Productivitatea (P) formei proiectate este:

$$P = \frac{n \cdot t_p}{t_c} \quad [\text{bucăți}] \quad (5)$$

unde n este numărul de cuiburi din FI [bucăți], t_p – timpul de producție [s], t_c – timpul ciclului [s].

3.8 Sistemul de poziționare (aliniere/centrare) și de conducere a formei

Sistemul de centrare și conducere are un rol vital în funcționarea formei. Ca urmare a faptului că, de-a lungul funcționării forma este închisă și deschisă de mii sau sute de mii de ori, ea trebuie să fie **ghidată astfel încât:**

- **semiformele să poată fi ermetic îinchise,**
- **toate părțile componente ale formei să fie foarte corect aliniate și**
- **forma să fie poziționată cu exactitate față de unitatea de injecție.**

Centrarea și conducerea incorectă pot provoca, pe de-o parte, deteriorarea formei, iar pe de altă parte, apariția unor defecte ale piesei formate, ca de exemplu: deplasări în planul de separare, bavuri, grosimi neuniforme etc.

Atfel, **centrarea/alinierea și conducerea se realizează în interiorul și exteriorul IF prin:**

1. **alinierea centrului semiformelor și capului de injecție al mașinii cu axa cilindrului de plastifiere și injecție (poziționare externă) prin inelul de centrare;**
2. **centrarea plăcilor semiformelor (poziționare internă) cu ajutorul știfturilor de centrare și**
3. **centrarea și conducerea ansamblului semiformelor prin coloane și bucșe de ghidare cu umăr, precum și bucșe de poziționare.**

3.8.1 Construcția inelelor de centrare

Inelul de centrare este o flanșă care se montează pe semiforma fixă, centrând duza de injecție și blocându-i deplasarea.

Geometria inelelor de centrare variază (Fig.9), iar în cazul prelucrării materialelor termorigide acestea sunt formate din două bucăți care permit montarea unui strat izolator între formă și capul de injecție al mașinii. Inelul de centrare realizează **centrarea/alinierea externă**.

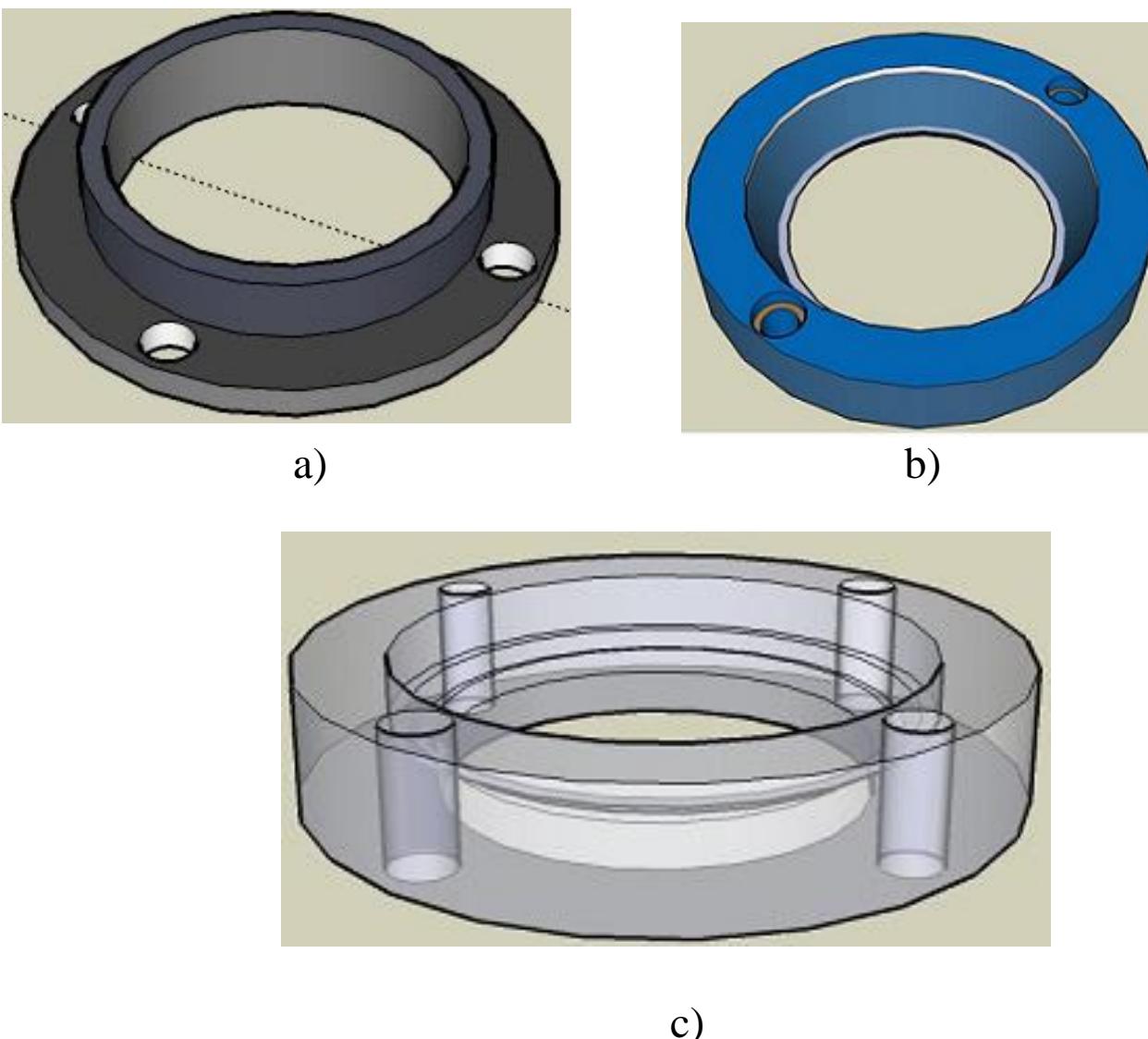


Fig.9 Inele de centrare

a)- cu secțiune în L, b)- cu secțiune dreptunghiulară, c)- cu secțiune în L la interior

3.8.2 Construcția elementelor de conducere și de poziționare (centrare)

Centrarea/alinierea internă se referă pe de-o parte, la plăcile care alcătuiesc semiformele și pe de altă parte, la semiforme între ele.

Centrarea plăcilor care alcătuiesc semiformele se realizează cu știfturi de centrare (Fig.10-poz.8), iar **fixarea diferitelor plăci**, se face cu suruburi de prindere (Fig.10-poz. 1, 4 și 7). În figura 10 avem planuri diferite de realizare a secțiunilor.

Conducerea se realizează prin coloanele și buștele de ghidare (Fig.9- poz.2 și 3, Fig.10), în număr de patru din fiecare, care formează ***unitatea de conducere internă***. La deschiderea formei, coloanele de ghidare rămân fie în jumătatea fixă (cel mai des), fie în cea mobilă.

Coloanele se poziționează cât mai aproape de marginea formei. Pentru a exista o centrare bună, între coloane și buștele de ghidare trebuie să existe toleranțe strânse, iar găurile coaxiale să fie executate simultan în toate plăcile.

Fig.10 Centrarea internă a formei

1- șurub de prindere a plăcilor sistemului de aruncare, 2- coloană de ghidare, 3- bucă de ghidare, 4- șurub de prindere, 5- placă fixă de formare, 6- placă mobilă de formare, 7- șurub de prindere, 8- știfturi de centrare

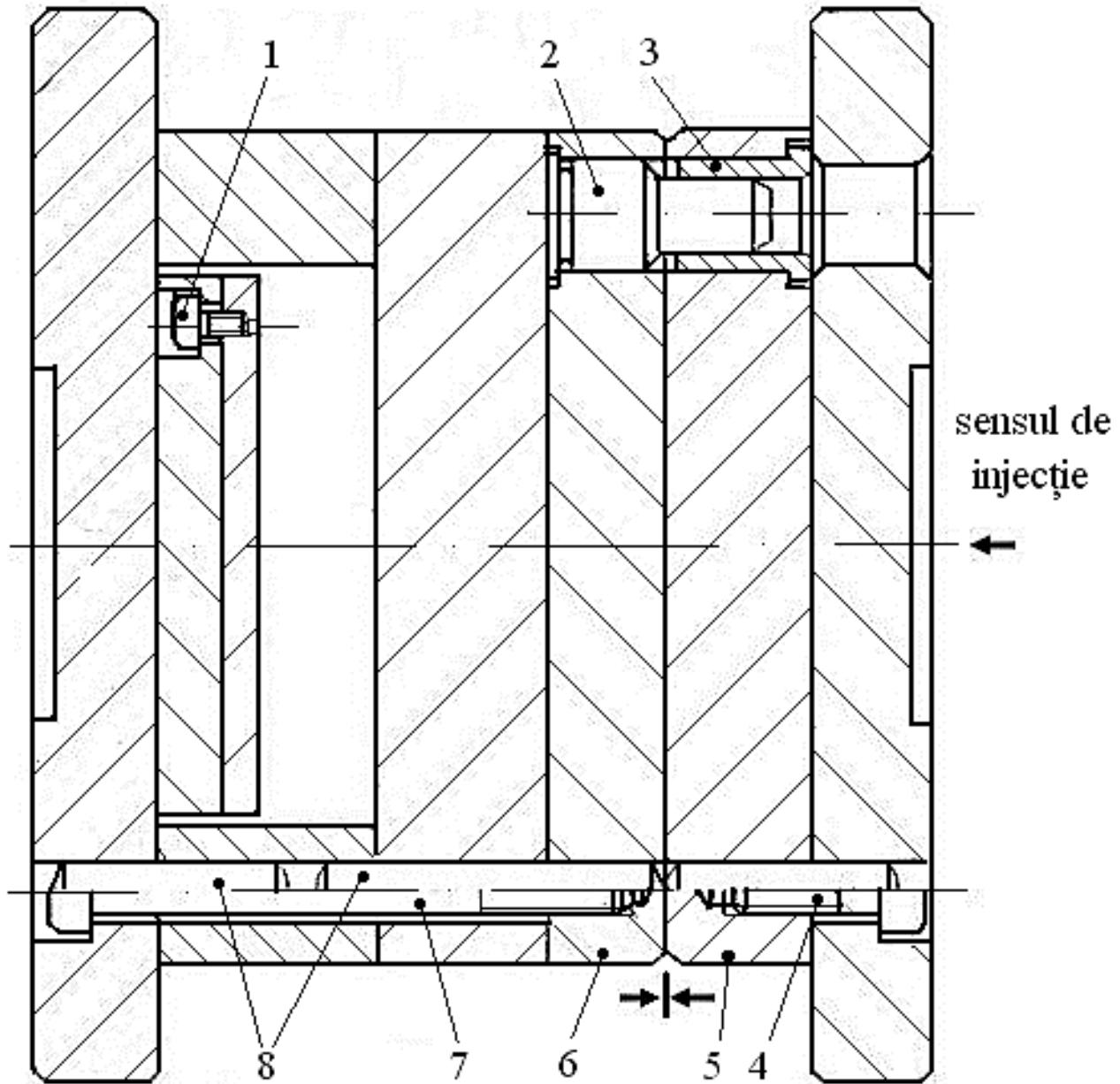


Fig.11 Tipuri de coloane de ghidare
a)- fără şanţuri de ungere,
b), c)- cu şanţuri de ungere

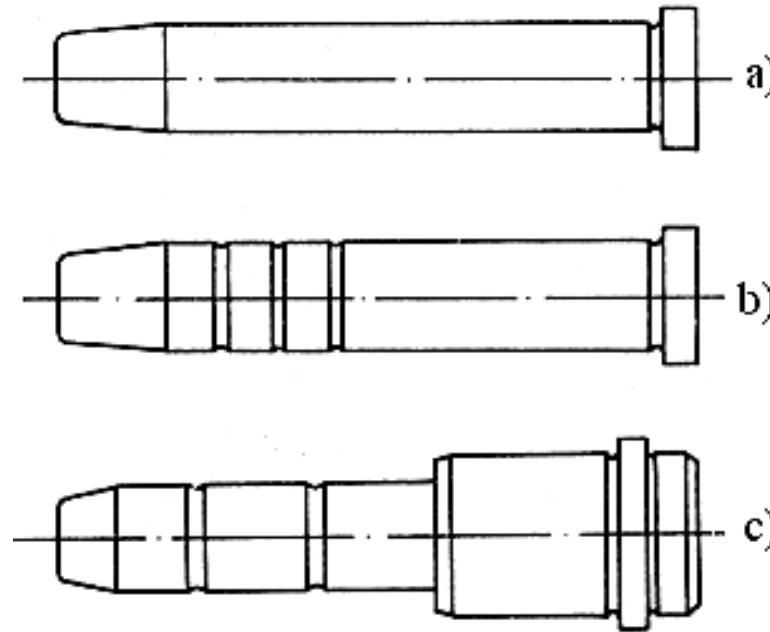
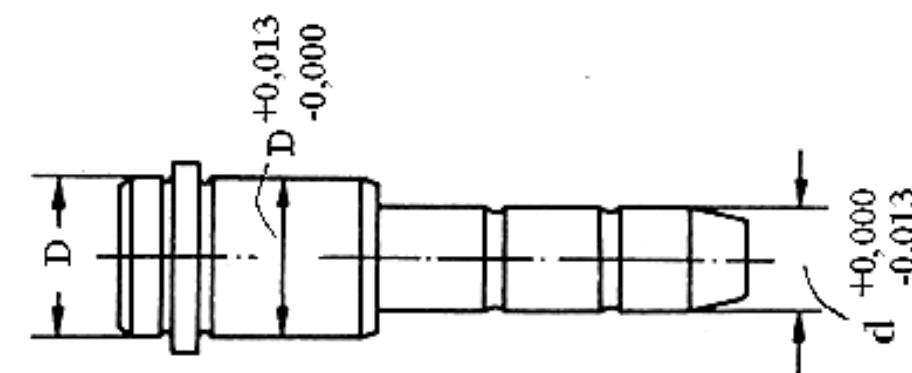


Fig.12 Toleranțele recomandate
pentru coloana de ghidare



În general, diametrul de lucru al coloanelor de ghidare, d (Fig.12), este cuprins între 10 și 50 mm, valoarea diametrului fiind corelată cu mărimea formei. Diametrul de fixare, D (Fig.12) îndeplinește condiția

$$D = d + 7 \text{ [mm].} \quad (6)$$

Fig.13 Toleranțele recomandate pentru bucșele de ghidare
d- diametrul coloanei de ghidare (fig.12)

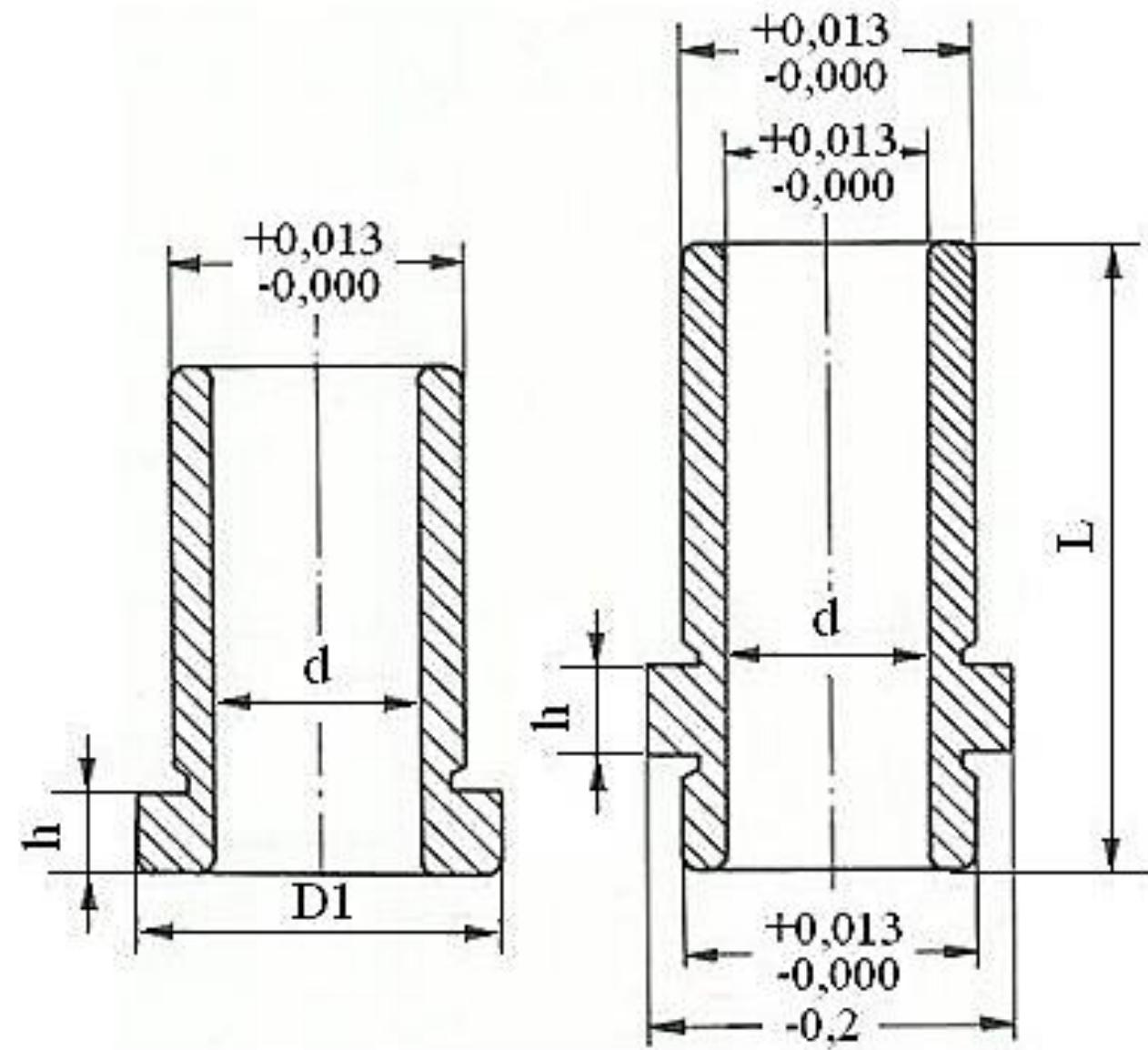
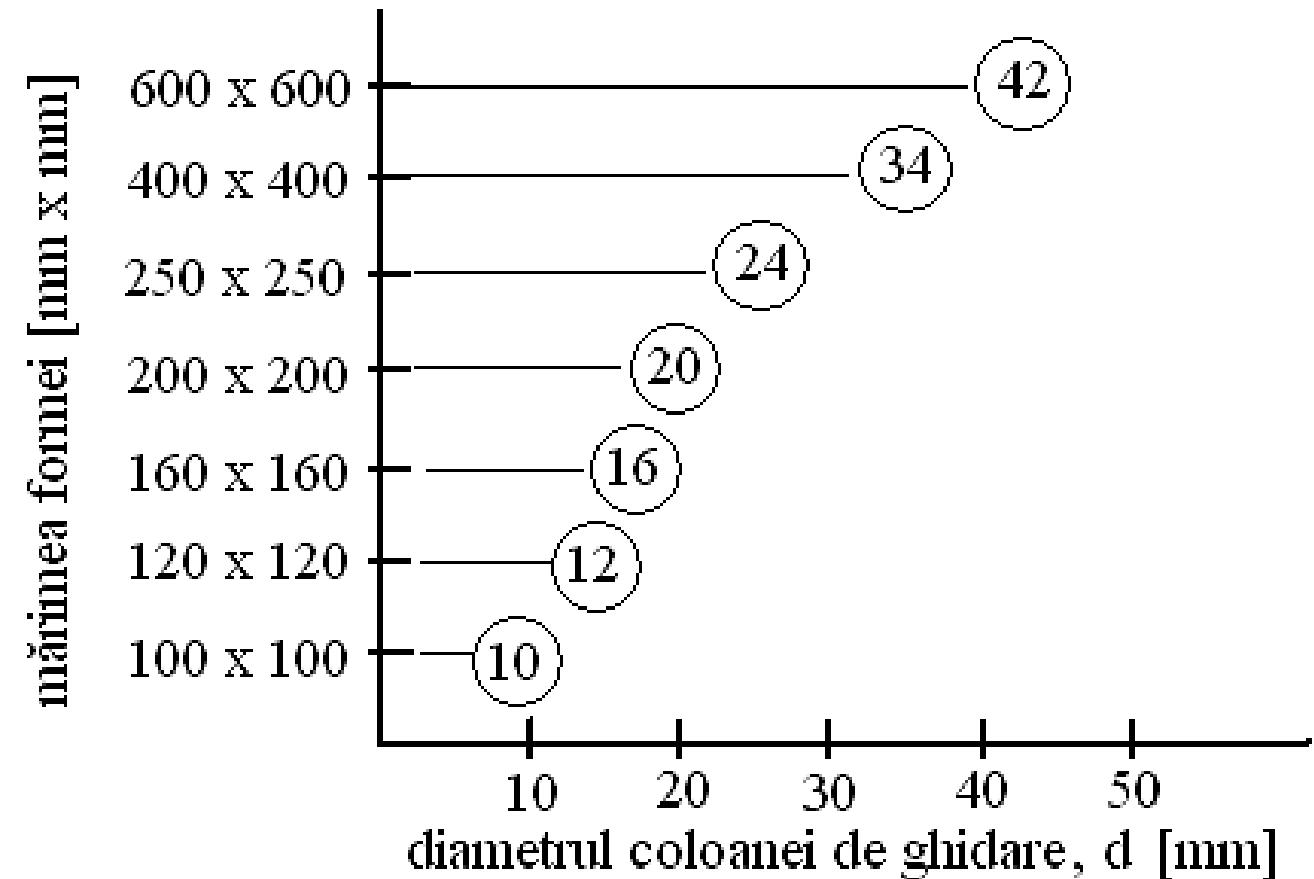
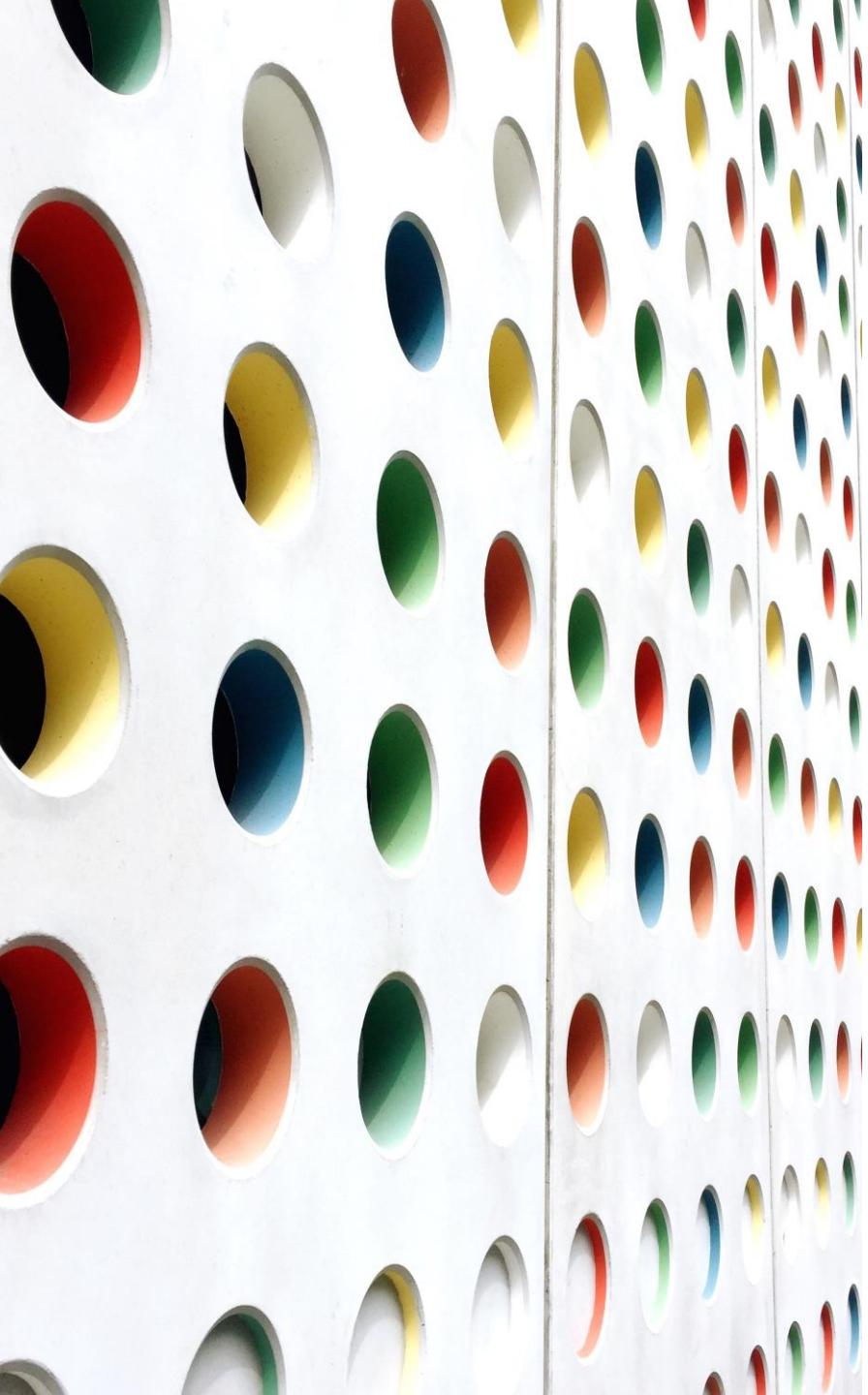


Fig.14 Diametrul coloanei de ghidare în funcție de mărimea formei.





**Vă mulțumesc pentru prezență și pentru atenția cu care m-ați
urmărit!**



„Design-ul ambalajelor”

Curs 7

Anul IV Design industrial

Titular curs: prof.dr.ing. Mariana-Florentina Ștefănescu

3.9 Fixarea FI pe platourile unității de închidere

3.10 Aerisirea (ventilarea) formelor de injecție

Cap.4 Proiectarea asistată în domeniul formelor de injecție

Cap.5 Materiale pentru construcția componentelor formei de injecție

5.1 Oteluri

5.2 Materiale neferoase

Cap.6 Elemente de menenanță la formarea prin injecție

6.1 Aspecte generale ale menenanței

6.2 Detalierea unui *Plan de întreținere preventivă*

3.9 Fixarea FI pe platourile unității de închidere

Există două modalități de montare a formei pe platourile unității de închidere: direct (Fig.15) și indirect (Fig.16, Fig.17). Primul sistem prinde forma prin bolțuri sau magnetic (Fig.18), iar cel de-al doilea, prin cleme (agrafe) și bolțuri. Bolțurile se dispun în colțurile platoului, dacă acesta este pătrat, sau de-a lungul unei circumferințe, pentru platourile/formele circulare.

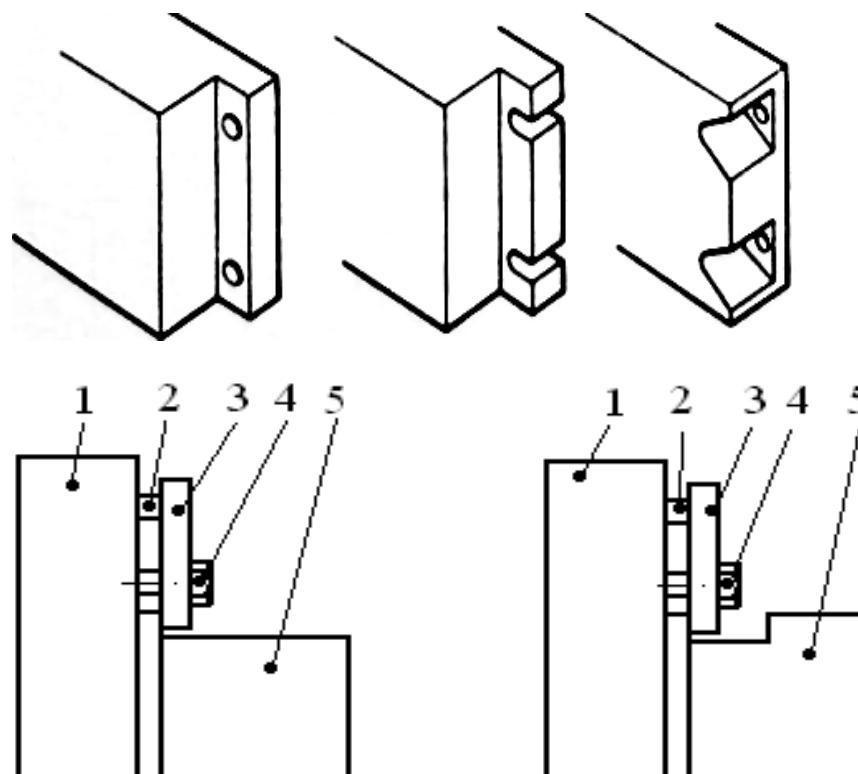
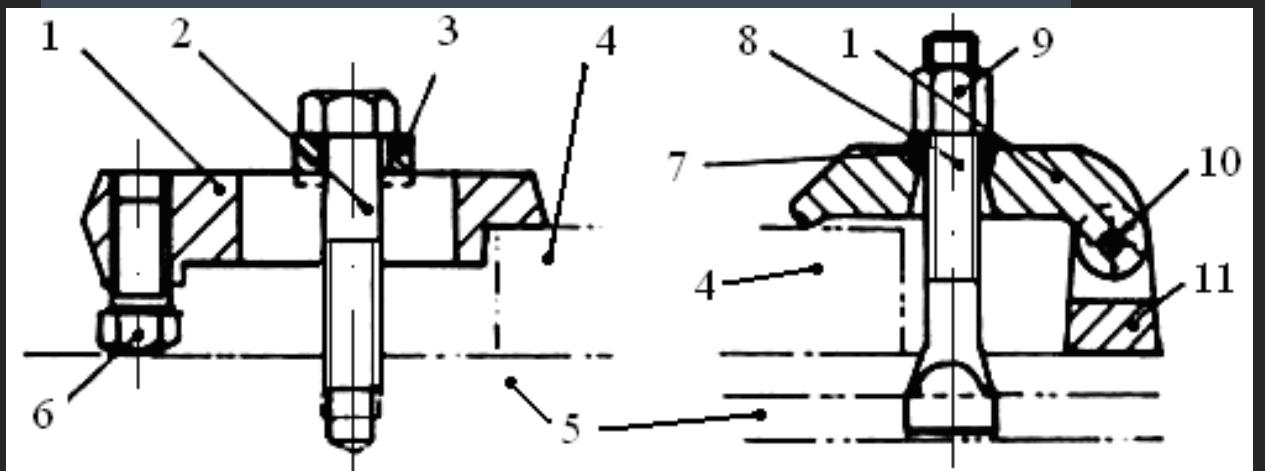


Fig.15 Prelucrări ale formei necesare pentru prinderea directă pe platoul unității de închidere

Fig.16 Prinderea indirectă a formei pe platourile unității de închidere
1- platou, 2- piesă distanțieră, 3- placă de strângere, 4- bolt,
5- formă



a)

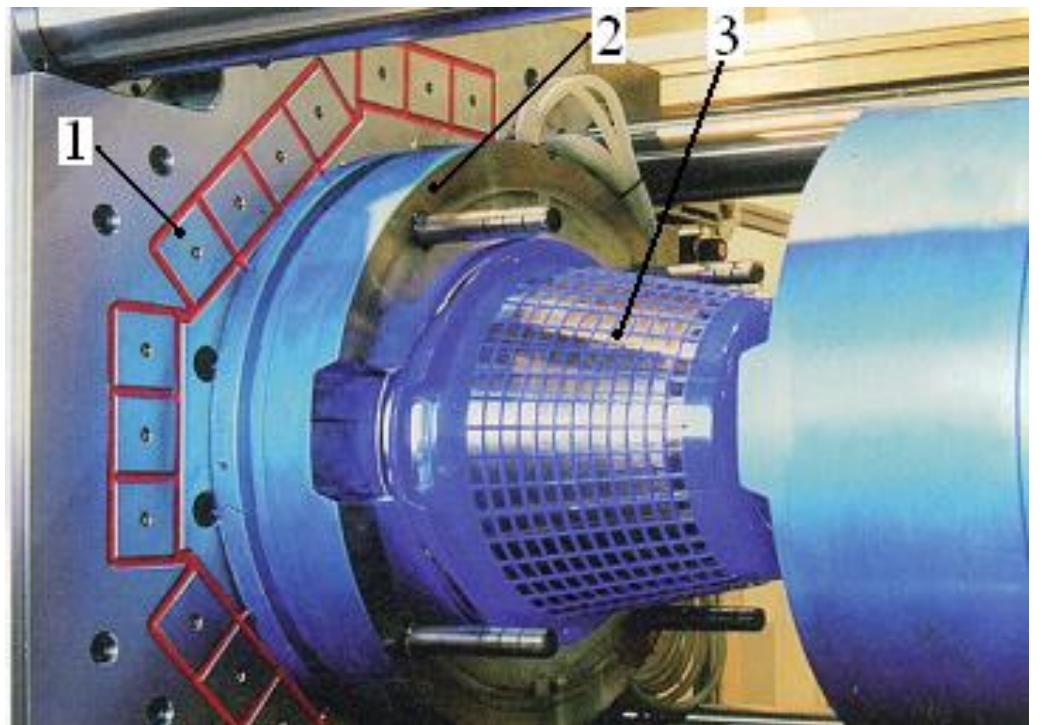
b)



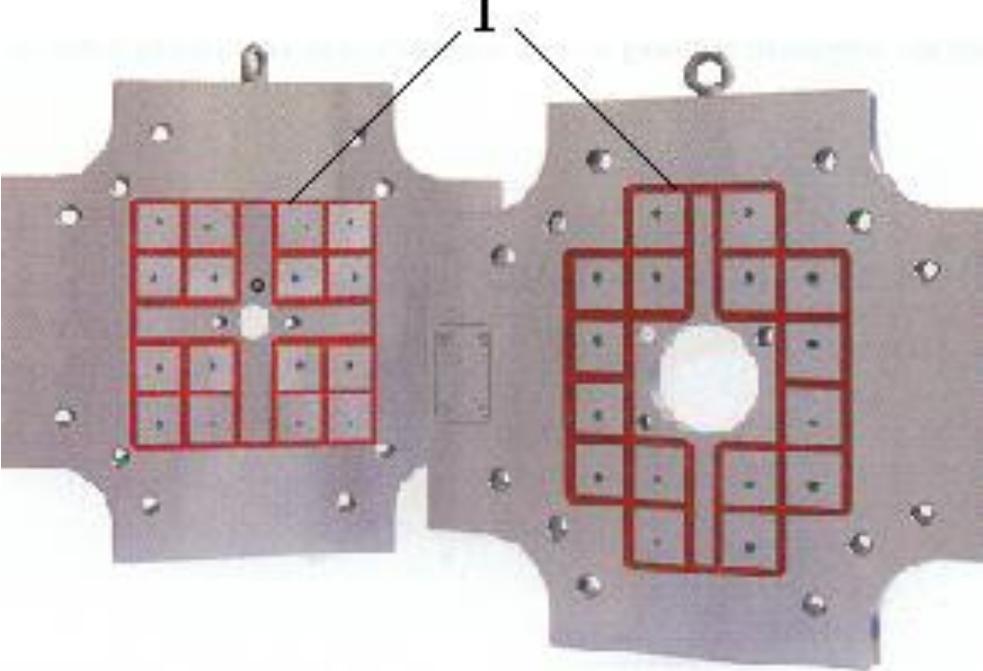
c)

1/11/2021

Fig.17 Prinderea indirectă a formei:
 a) și b)- secțiuni; c)- vedere pentru secțiunea a)
 1- clemă, 2- bolț, 3- piesă de legătură,
 4- formă, 5- platoul unității de închidere,
 6- șurub de ajustare (reglare), 7- șaibă, 8- bolț cu
 cap în T, 9- piuliță, 10- tijă pivotantă,
 11- placă de asamblare



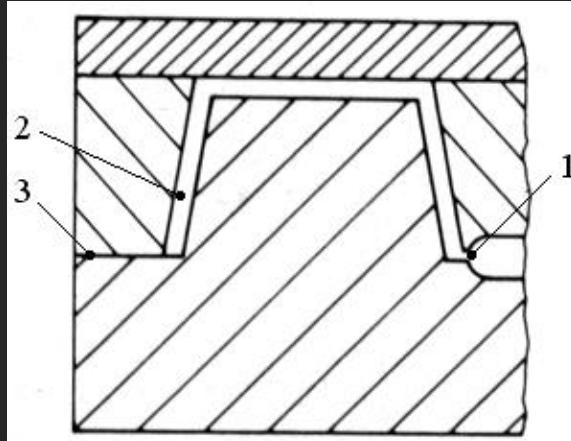
a)



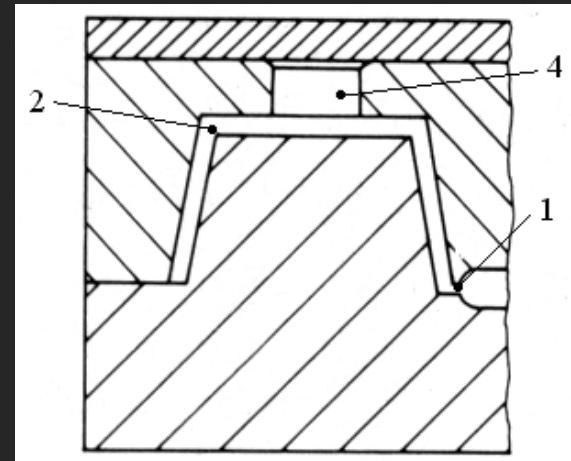
b)

Fig.18 Sistem magnetic pentru fixarea formei: a)- platourile magnetice, b)- platourile magnetice în procesul de formare;
1- sistem magnetic de prindere, 2- semiforma mobilă, 3- reper tip coș

Sistemul magnetic de prindere pe platouri este ideal în cazul operării la temperaturi ridicate. Este un sistem care necesită 1-2 secunde pentru a realiza fixarea sau desfacerea formei, este sigur și eficient chiar în condițiile în care forma este fierbinte în momentul demontării.



a)



b)

Fig.19 Variante de aerisire a formelor de injecție

a)- printre suprafețele planului de separare, b)- prin intermediul unui poanson cu aerisire; 1- poarta de alimentare a cuibului, 2- cuib, 3- plan de separare, 4- poanson

3.10 Aerisirea (ventilarea) formelor de injecție

Calitatea produselor formate prin injecție este decisiv influențată de aerisirea (ventilarea) formei care are rolul de a asigura evacuarea aerului din formă, în timpul umplerii acesteia cu topitură.

În unele cazuri nu este necesară o proiectare specială a aerisirii formei, pentru că aerul se poate evaca:

- ✓ printre suprafețele planului de separare (pentru suprafețe care au rugozitatea în jurul valorii de 240 µm) – Fig.19-a),
- ✓ prin intermediul unui poanson cu aerisire (Fig.19-b) și
- ✓ de-a lungul tijelor extractoare (Fig.20).

Pentru piese circulare sau tip pahar,
aerisirea se realizează montând
poansonul cu joc.

Astfel, în literatură sunt recomandate
următoarele valori pentru acest joc:

-
- sub 0,015 mm, pentru PP, PA, PE și
 - sub 0,03 mm, pentru PS, ABS, PC,
PMMA.

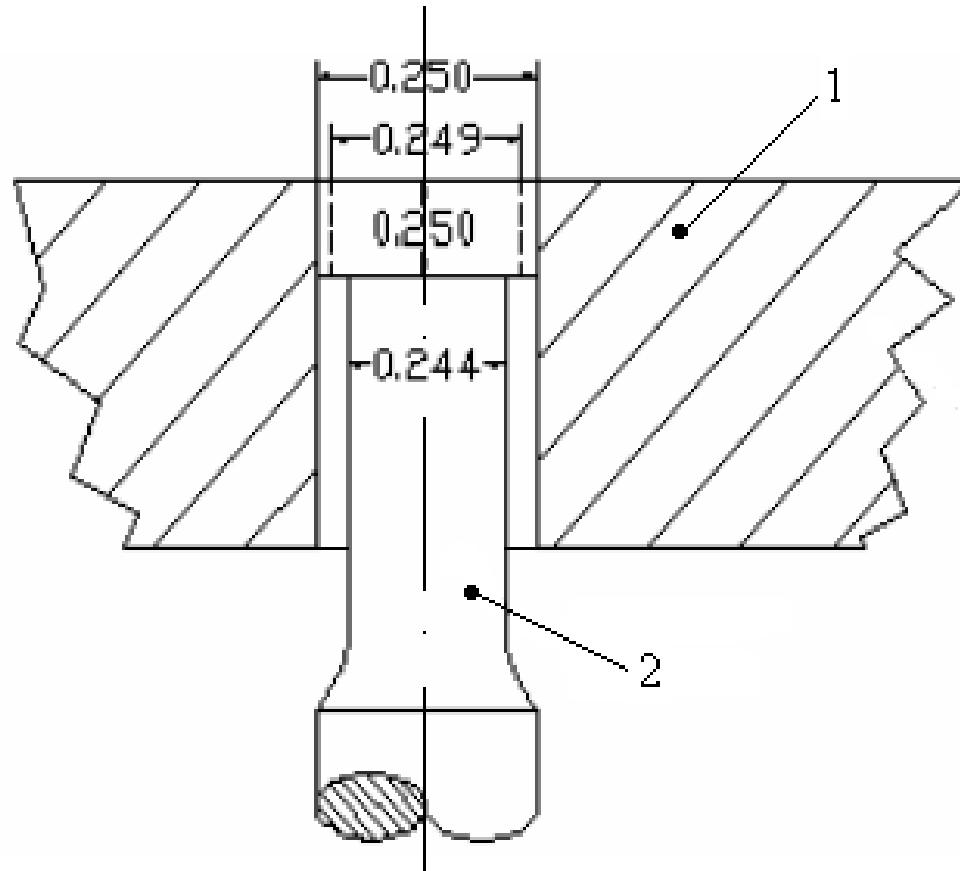


Fig.20 Aerisirea formelor de injecție de-a lungul tijelor extractoare în
cazul unui elastomer termoplastice

1- placă cu cavitatea, 2- tijă extractoare

În multe situații însă, aerul nu poate părăsi forma în timpul umplerii și atunci este necesară practicarea unor goluri sau canale (numite canale de fugă), în care aerul să se refugieze (Fig.21 și Fig.22). Aceste canale se practică atât pentru aerisirea rețelei de distribuție, cât și pentru aerisirea

cuiburilor, adâncimea celor dintâi fiind de două ori mai mare decât adâncimea celor pentru cuiburi. Canalele de aerisire se aseamănă cu niște porți foarte mici.

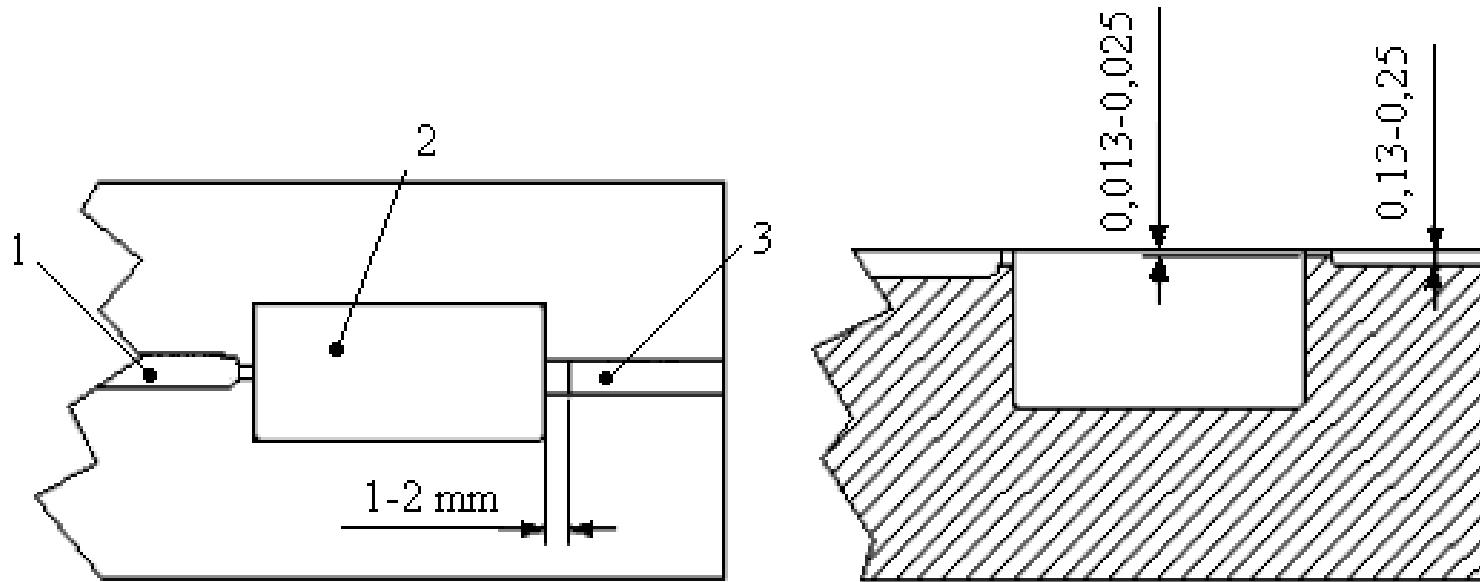


Fig.21 Aerisirea cu canal de fugă pentru formarea reperelor cu secțiuni oarecare din elastomer termoplastice; a)- vedere de sus, b)- secțiune; 1- canal de alimentare a cuibului, 2- cuib, 3- canal de aerisire sau de fugă

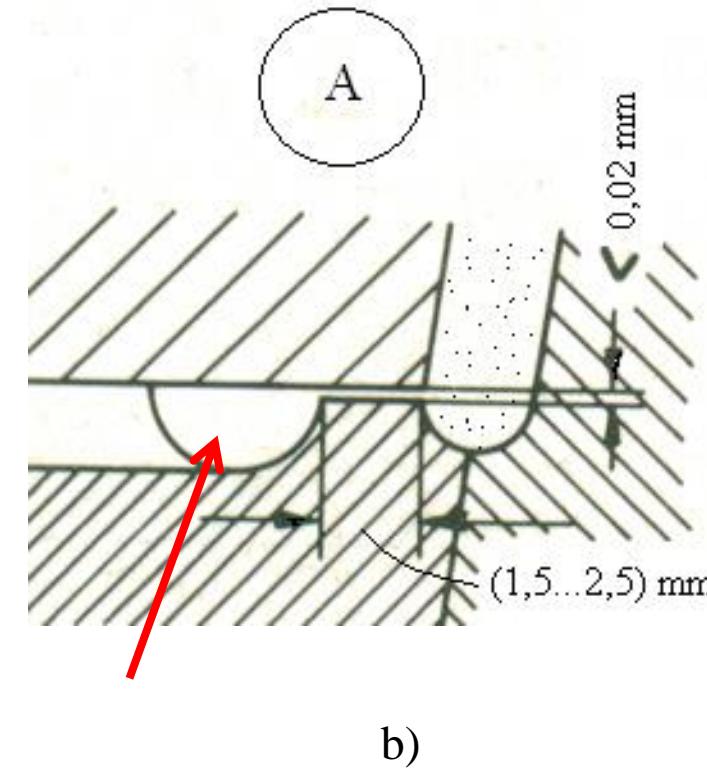
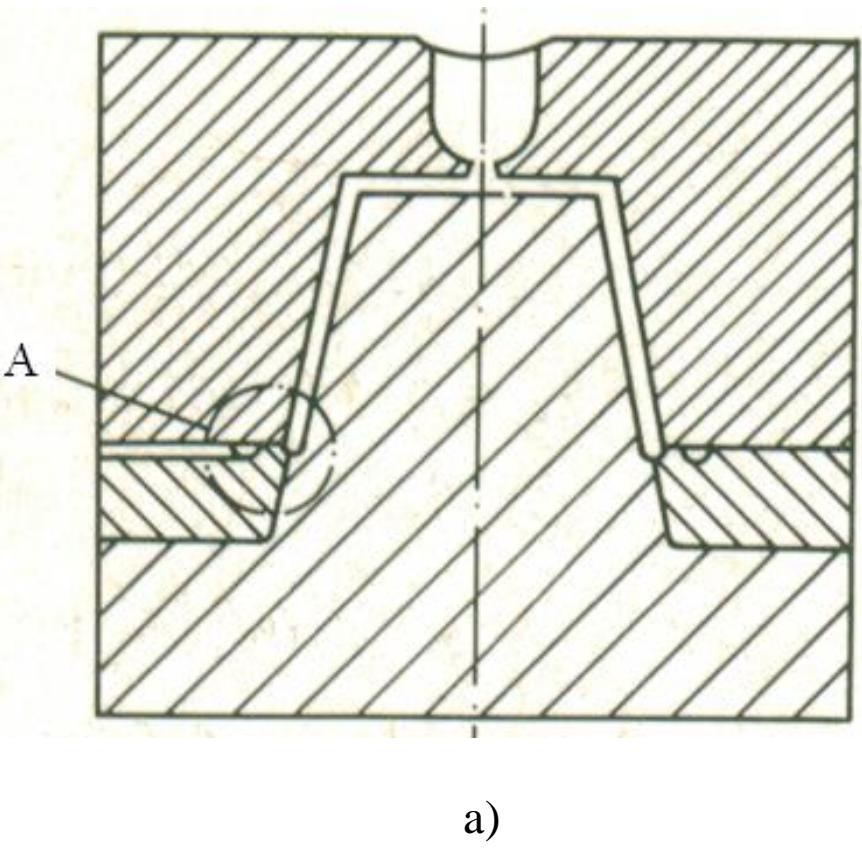
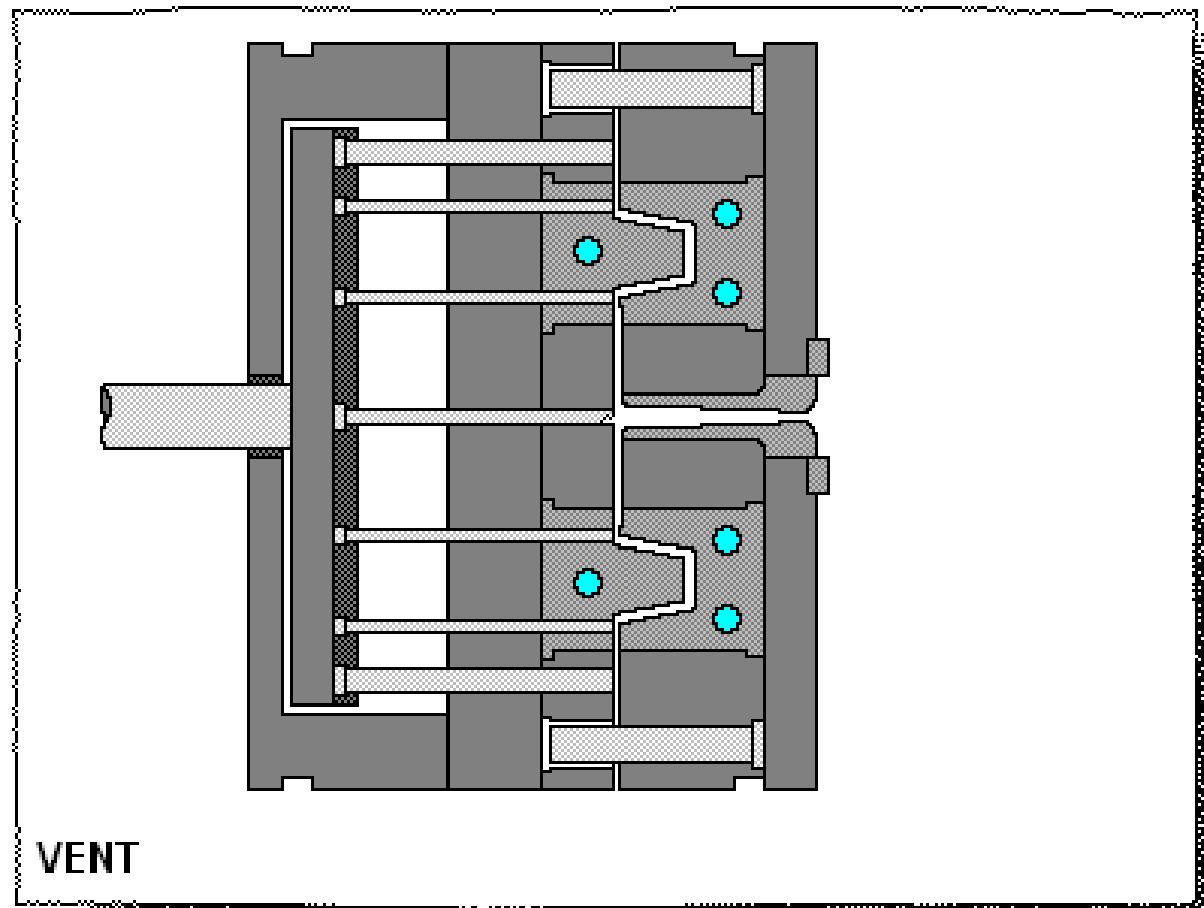


Fig.22 Aerisirea formelor prin practicarea unor canale inelare în planul de separare: a) secțiune cuib, b) detaliu A (săgeata indică canalul de fugă)

Ventilare



OBSERVAȚII

1. Aerisirea trebuie să fie amplasată în zona care se umple ultima și acolo unde se produc linii de sudură.
2. Aerisirea se poziționează opus porții.
3. Dimensiunea canalelor de aerisire pentru topituri din materiale termoplastice depinde de proprietățile topiturii.

Cap.4 Proiectarea asistată în domeniul formelor de injecție

De-a lungul ultimilor 20 de ani, simularea numerică a procesului de formare prin injecție bazată pe modele analitice a devenit o practică curentă, încurajată de viteza de lucru tot mai mare a calculatoarelor și de prețul lor în continuă scădere. Au apărut astfel instrumentele de proiectare asistată CAD (Computer Aided Design), simulare CAE (Computer Aided Engineering) și tehnologie microprocesată CAM (Computer Aided Manufacturing). Modelele generate în CAD sunt verificate în CAE și apoi introduse în CAM care controlează mașinile și utilajele conexe de fabricație.

Trebuie menționat faptul că, eforturile de cercetare în acest domeniu au început în 1974, inițiate fiind de colectivul de cercetătorii al prestigioasei universități americane Cornell University (Cornell Injection Molding Program -CIMP) condus de K.K. Wang, în cadrul unui grant. **Programul s-a derulat din 1974 până în 2002. CIMP a stabilit bazele științifice de lucru, pornind de la caracteristicile materialelor polimerice, analiza curgerii, până la predicția calității reperului ce se va forma. Astfel, a apărut instrumentul de lucru CAE în formarea prin injecție, instrument care, până în prezent, și-a câștigat un loc binemeritat în practica industrială aducând încă un motiv de mândrie universității, care a dat omenirii 41 de laureați Nobel.**

Pentru domeniul formării prin injectie, au fost elaborate, de diverse firme, soft-uri CAE dedicate:

- proiectării produsului,
- proiectării formei (matriței),
- fabricării formei (matriței),
- analizei curgerii prin formă (umplerea, echilibrarea umplerii, răcirea, deformația reperului etc.),
- predicției calității reperului (rezistență, tenacitate, aspect etc.).

Înainte de începerea proiectării unei forme sau reper, utilizarea unui program de tip Mold Flow Analysis atenționează în privința apariției unor probleme tehnice de proiectare sau fabricare. De exemplu, **PASSAGE/COMPRESSION** este un program cu element finit pentru simularea umplerii formelor de injectie în 3D, pentru repere cu pereți subțiri, iar **Moldflow** este un program pentru proiectarea traseului de curgere prin formă, prin varierea atât a dimensiunilor sistemului de alimentare-distribuție cât și ale cavității, astfel încât să se poată controla curgerea. Produsul soft **Moldflow** (invenție a australianul *Colin Austin* pentru care a câștigat *John Derman Memorial Award* pentru invenție tehnică), după intrarea pe piața europeană din anii 80, a cunoscut o răspândire la nivel mondial, fiind, în prezent, unul dintre cele mai utilizate programe de simulare a curgerii. Programul **POLYFLOW** este un program cu element finit pentru aplicații din domeniul Computer aided processing pentru curgeri ne-Newtoniene, proiectarea formelor și controlul procesului de formare.

Programul **C-MOLD** este dedicat stabilirii parametrilor pentru realizarea condițiilor optime de proces, particularizat pe tip de material polimeric.

În prezent se lucrează în mod curent cu instrumente de tip **CAD** (de exemplu, Solidworks, CADKEY, ANSYS, Pro/ENGINEER, CATIA, Inventor, AutoDesk/AutoCAD, Solid Edge, etc.) pentru realizarea de modele plane și tridimensionale ergonomicice și estetice pentru reperele formate.

Pentru ușurarea proiectării formelor și îmbunătățirea calității procesului de formare prin injectie, în ultimii ani se folosesc instrumente integrate în proiectare și în proces, de tip **Rapid Prototyping** și tehnici de tip **Reverse Engineering.**

În prezent eforturile din domeniul proiectării asistate sunt **îndreptate spre detalii și spre extinderi de proces, și anume:**

- extinderea analizei 3D în cazul curgerii prin canale a polimerilor,
- formarea reperelor din materiale compozite cu fibre și din polimeri reactivi,
- extinderea modelării asupra formării asistate de gaz, co-injecției, micro-formarea prin injecție etc.

În viitor se prevede îmbunătățirea acurateței simulării și a eficienței, ceea ce implică o cunoaștere mai profundă a proprietăților materialelor polimerice, realizată printr-o cercetare mai amănunțită.

De asemenea, se urmărește realizarea unui grad mai mare de automatizare prin creșterea inteligenței online a controlului procesului.

Ca urmare a evoluției continue a tehnologiei Internetului, instrumentele CAE bazate pe Web pentru proiectare, producție, monitorizarea procesului și controlul lui vor cunoaște o nouă etapă.

Instrumentele CAE vor fi, probabil, integrate într-un sistem globalizat de planificare a resurselor.

Cap.5 Materiale pentru construcția componentelor formei de injecție

În alegerea materialelor de construcție pentru componentele formei trebuie să se țină seama de considerente inginerești (rezistență la solicitări, asigurarea unei bune funcționalități), estetice (aspectul suprafetei) și economice (costul realizării și deservirii).

Cele mai utilizate materiale pentru construcția formelor de injecție sunt oțelul, aliajele moi neferoase și materialele nemetalice.

Pentru o parte dintre reperele formate fie se impune o textură specială a suprafetei din motive practice (de exemplu, rizuri pentru evitarea alunecării la apucare), fie se dorește o anumită textură din motive estetice. În aceste cazuri se procedează la crearea unor ondulații sau texturi artificiale, realizate pe suprafața cavității, prin tehnici similare sablării sau gravării. **Procedeul se numește „texturare” și se realizează cu ajutorul lichidelor corozive care, în contact cu metalul, erodează controlat suprafața acestuia.** În aceste condiții, suprafața cavității trebuie să fie lustruită cât mai uniform posibil, mai ales pentru suprafetele prelucrate mai întâi prin electroeroziune, iar materialul utilizat pentru întreaga cavitate trebuie să fie identic ca marcă și procedeu de obținere.

5.1 Oțeluri

Oțelurile pentru construcția componentelor formei trebuie să prezinte următoarele caracteristici:

- rezistență și rigiditate,
- rezistență termică,
- o bună capacitate de transfer termic,
- rezistență la uzură,
- rezistență la coroziune,
- prelucrare mecanică (prin aşchiere, şlefuire etc.) ușoară.

Calitatea suprafeței reperului este cu atât mai bună cu cât capacitatea de lustruire a oțelul este mai mare.

Componentele care vin în contact cu topitura trebuie să reziste la temperaturi mari, presiuni foarte mari, uzură și coroziune.

Pentru piesele care vin în contact cu materialul polimeric se recomandă următoarele materiale:

- **OLC 10, OLC 15, 15Cr08**, pentru confecționarea cuiburilor (pastile, poansoane), coloanele de ghidare care trebuie să reziste la uzură și compresiune;
- **21TiMoCr12**, pentru confecționarea componentelor formelor mijlocii și mari, cu amprente adânci, supuse la sarcini mari;
- **OSC8, OSC9, OSC10** utilizate pentru duze și bacuri, bucșe de ghidare, bucșe de conducere, bucșe de centrare, plăci extractoare;
- **WCrNi40, MoCrNi15, MoCr30** utilizate pentru confecționarea extractoarelor de culee, șifturilor de aruncare;
- **OLC 45, OLC 55** utilizate la confecționarea tijelor aruncătoare, tijelor filetate și OLC 15 pentru plăcile de formare;
- **40Cr130**, pentru elemente active în contact cu material plastic cu acțiune corosivă;
- **38MoCrAl09, 41MoCr11, 50VCr11**, pentru confecționarea plăcilor aruncătoare și port-aruncătoare, suporturi pentru pastile;
- **OL 60, OLC 45**, pentru plăcile de prindere, plăcile distanțiere, plăcile intermediare.

5.2 Materiale neferoase

Materialele neferoase cele mai folosite pentru confecționarea componentelor formelor de injecție sunt aliajele de aluminiu, cupru și staniu.

Rezistența relativ scăzută a aluminiului, care face ca prelucrarea lui în componente ale formei să fie mai rapidă, limitează durata de viață a acestora.

Pentru piesele care vin în contact cu materialul polimeric se recomandă următoarele materiale:

- **aliaje Be-Co-Cu** care prezintă conductibilitate și ductilitate bune și se pot lustrui; se folosesc pentru componente care trebuie să reziste la coroziune;
- **aliaje bismut-staniu (aliaje „cero”)** care prezintă avantajul reproducerii cu acuratețe a suprafețelor, își măresc rezistența prin îmbătrânire și prezintă o mare stabilitate dimensională; se folosesc la componente de tip pastile, plăci de formare, poansoane;
- **aliaje de zinc** utilizate în cazul prototipurilor sau formelor pentru serii mici; aliajul prezintă o temperatură mică de topire ($410-450^{\circ}\text{C}$) și creează suprafețe netede.

Cap.6 Elemente de menenanță la formarea prin injecție

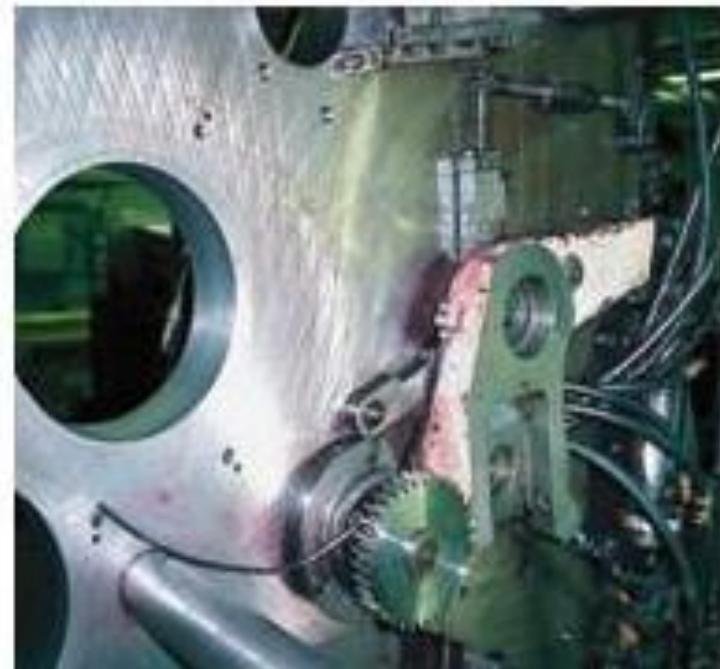
6.1 Aspecte generale ale menenanței

După încheierea operației de formare prin injecție, este necesară efectuarea menenanței (întreținerii) formei prin operații de demontare și curățare a componentelor, lucrări de reparare, inspecție etc.

Pe suprafața cavității și miezului, precum și pe suprafața planului de separare, se acumulează depunerile de material ars (asemănător funinginii) provenite de la materialul polimeric prelucrat, precum și pungi (depozite) de gaze condensate (Fig.6.1). Inițial, când forma de injecție este încă la o temperatură ridicată, depunerile sunt în stare lichidă, iar conținutul de apă din gaze se evaporă. Odată cu răcirea formei, depunerile se solidifică, iar vaporii de apă formează picături pe suprafetele formei. Toate acestea sunt cauza apariției ruginii și corodarea formei. La atingerea acestei stări, scade calitatea suprafetelor reperelor formate și ventilarea formei este îngreunată, ceea ce conduce la apariția unor smulgeri de material (ciupituri) pe suprafetele componentelor formei.



a)



b)

Fig.6.1 Formă de injecție înainte (a) și după (b) întreținere

Frecvența realizării întreținerii formei depinde de mai mulți factori, cum ar fi managementul calității reperului, mărimea formei etc. Astfel, pentru forme cu perioadă scurtă de utilizare este necesară efectuarea întreținerii o dată la câteva zile, în timp ce în cazul formelor cu perioade lungi de utilizare, întreținerea se efectuează o dată la două luni.

Ultima inspecție și întreținere a formei trebuie să se realizeze înainte de scoaterea ei de pe agregatul de injecție, în acest mod fiind posibilă verificarea funcționării formei fără a fi implicată încă o mașină. Se realizează astfel ultimele formări de repere și se poate evalua calitatea formei.

O metodă comună de întreținere a formelor de injecție este aceea a ledezasambla, de a curăța fiecare componentă, ultrasonic sau prin imersare într-un solvent organic, și de a elimina rugina prin lustruire urmată apoi de galvanizare. Piezele afectate, într-o mare proporție, de rugină trebuie înlocuite.

Mentenanța preventivă a formei de injecție urmărește:

- reducerea timpilor morți,
- scăderea rebuturilor,
- respectarea termenelor de livrare.

Mentenanța generală se bazează pe statisticile avariilor care dau informații despre:

- grupurile de componente care sunt susceptibile de deteriorare,
- necesarul de personal care să efectueze reparația,
- timpul și echipamentul necesar pentru reparație și
- numărul de cicluri de funcționare a formei până la avarie.

Mentenanța comună are în vedere următoarele elemente:

- linile de răcire, care nu trebuie deteriorate în urma manevrărilor și depozitărilor, precum și curățirea acestor linii de depuneri;
- suprafețele formei, care se pot deteriora ca urmare a tensiunilor foarte mari la care sunt supuse; deteriorarea apare și ca urmare a resturilor de polimer solidificat care rămân prinse între componente, precum și a lubrifiantilor, toate acestea necesitând îndepărțarea lor de pe suprafețele formei;
- sistemele de încălzire și control care conține componente sensibile (de exemplu, termometre, termocouple, indicatoare de presiune etc.) și care trebuie verificate cu elemente etalon.

După întreținerea comună, forma trebuie ștearsă și unsă cu vaselină necorozivă, iar depozitarea trebuie să se realizeze în zone ferite de umedeală, praf, atmosferă nocivă și nu direct pe sol, ci pe suporti de lemn.

Mentenanța circuitelor de răcire se realizează prin curățarea cu soluții de detergenți sub presiune a depozitelor de pe suprafețele canalelor, o curățare mecanică ne-fiind posibil de realizat ca urmare a geometriei circuitelor. Necessitatea curățării circuitelor se stabilește prin măsurarea debitului agentului. Depunerile micșorează secțiunea canalelor, iar debitul scade. Înainte de depozitare, apa din sistemul de răcire/încălzire se îndepărtează cu aer comprimat și sistemul se usucă prin suflare de aer cald.

6.2 Detalierea unui *Plan de întreținere preventivă*

1. Întreținerea echipamentului (extractoare, inele de centrare):

După schimbarea formei de injecție, extractoarele și inelele de centrare se șterg de ulei și vaselină, se protejează anticoroziv și se depozitează în locurile special amenajate. Atunci când se constată deteriorarea lor, se va proceda la retușarea sau înlocuirea acestora. Curățarea se face după fiecare schimbare de formă de injecție.

2. Întreținerea sistemelor (răcire, electrice, hidraulice):

Se verifică starea conectorilor de apă și hidraulici și se elimină eventualele surgeri; conectorii electrici se verifică și se curăță.

3. Întreținerea exterioară a formei de injecție și a sistemului de aruncare:

Formele de injecție se curăță exterior cu substanțe degresante. În stare închisă, sistemul de aruncare se curăță și se gresează cu vaselină sau cu pistolul pneumatic cu valvolină.



Fig.6.2 Curățarea formei după înlocuirea ei cu o altă formă

4. Întreținerea și verificarea cilindrilor hidraulici:

- ✓ se verifică toți cilindrii hidraulici urmărindu-se ca tijele cilindrilor să fie filetate total și asigurate cu știft de blocare;
- ✓ se elimină eventualele scurgeri de ulei.

5. Curățarea canalelor de răcire:

- ✓ se prepară în pompă o soluție de spalare și cu ajutorul unei pompe se spală fiecare dintre circuitele de răcire ale formei de injecție cu menținere 15 minute;
- ✓ Circuitele de răcire din FI se vor căti cu apă curată, apoi se vor sufla cu aer fiecare circuit de răcire.

6. Controlul compatibilității între duzele de injecție:

Înainte de montarea pe mașină se verifică razele și diametrele duzelor de injecție astfel încât raza și diametrul duzei mașinii să fie mai mici cu 1 mm decât raza și diametrul duzei fomei de injecție. În caz contrar se procedează la înlocuirea sau retușarea duzei de injecție a mașinii, respectiv a formei de injecție. Întreținerea se face de fiecare dată înainte de schimbarea formei de injecție.

7. Controlul și actualizarea datei de fabricație:

se verifică și se actualizează data de fabricație pe forma de injecție prin poansonare sau deplasare a cursorului în zonele speciale de marcaj ale formei de injecție.

8. Controlul sistemului de răcire:

se verifică toate furtunile și conexiunile circuitelor de răcire astfel încât să nu prezinte lovituri sau scurgeri de apă; în caz contrar se procedează la înlocuirea elementelor uzate pentru anularea scurgerilor;

9. Control instalației electrice:

Se verifică toate cablurile, conexiunile și microîntrerupătoarele astfel încât să nu prezinte lovituri sau deteriorări.

Se verifică încălzirea formei de injecție astfel încât ca toate zonele să fie funcționale.

10. Controlul elementelor de ghidare:

- ✓ Se curăță și se verifică buștele, coloanele și plăcile de ghidare ale formei de injecție astfel încât să nu prezinte zone de gripaj, jocuri neconforme și șuruburi slabe;
- ✓ Se gresează toate elementele de ghidare ale formei de injecție și ale bacurilor culisante prin depunerea unui strat subțire de vaselină.

11. Funcționalitatea și jocurile de la miezuri și tije extractoare/ejectoare:

- ✓ Se scot miezurile și tijele extractoare din partea mobilă a formei de injecție;
- ✓ Se curăță și se verifică tijele de susținere a miezurilor astfel încât miezurile și ejectoarele să nu prezinte zone de gripaj, jocuri neconforme și șuruburi slabe, iar apoi se gresează toate tijele prin depunerea unui strat de vaselină.

12. Controlul parametrilor cinematicii ai formei de injecție:

Se fac probe, verificându-se toate mișcările formei de injecție, și anume: miezuri, ejectoare, închidere, deschidere, forță de strângere, funcționarea tijelor cilindrilor de injecție, toate împreună cu operatorul.

13. Verificarea sistemului de injecție și a elementelor de încălzire și sonde:

Se demontează partea fixă a formei de injecție și sistemul de injecție, apoi se curăță și se verifică fiecare rezistență, termocuplu, plăcile și celelalte elemente componente ale sistemului de injecție, după care se înlocuiesc elementele defecte și se recurge la eventuale îmbunătățiri pentru anularea defectelor. La final se montează partea fixă.

14. Verificarea stării părților active:

- ✓ Se verifică vizual starea părților active și se ajustează eventualele zone de tasare apărute la limita planului de închidere;

15. Verificare strângere bridelor de fixare a formei de injecție pe plăcile mașinii:

- ✓ Se verifică fiecare *ansamblu surub de fixare-bridă-distanțier* astfel încât FI să lucreze în deplină siguranță.

16. Curățarea și verificarea cuiburilor, ejectoarelor, tijelor de ghidare și coloanelor dintre plăcile de eliminare:

- ✓ Se verifică și se îndepărtează eventualele reziduuri de plastic (culee) aflate între plăcile aruncătoare;
- ✓ Se gresează, prin pulverizare cu spray sau cu vaselină, plăcile de aruncare din cuiburi, ejectoarele, tijele și coloanele de ghidare din formă.



Vă mulțumesc pentru prezență și pentru atenția cu care m-ați urmărit!