

# Liejinkystė

Lekt. dr. Žilvinas Kryževičius

- **Liejininkystė** – tai fasoninių ruošinių arba detalių gamyba pripilant išlydyto metalo į liejimo formą, kurioje metalas sukietėja, o išimtas iš jos lieka tokios išvaizdos, kokia buvo formos vidinė ertmė.
- **Liejiniais** vadiname įvairių formų ir svorio dirbinius (ruošinius, detales, gaminius ir kt.), pagamintus liejant. Taip pat liejami dirbiniai iš stiklo, plastiko, gipso, keramikos ir kt.

# Liejimo būdai:

- Smėlio formose;
- kokilinis;
- į kevalines formas;
- pagal išlydomuosius modelius;
- liejimas slegiant;
- liejimas reguliuojant dujų slėgį;
- išcentrinis;
- tolydusis;
- skystasis štapavimas ir kt.

# Formos metalui lieti:

- **Vienkartinės formos** – išimant liejinį jos suardomos
- **Pastoviosios formos (metalinės)** – galima išlieti kelis šimtus ar tūkstančius liejinių
- **Pusiau pastovios formos (grafito, šamoto, keramikos)** – galima išlieti keliolika ar keliasdešimt liejinių

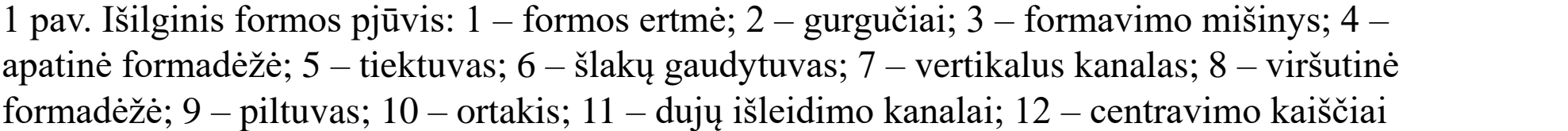
# Pagrindinės liejamosios lydinių savybės 1

- **Takumas** – tai skysto metalo ir jo lydinių geba tekėti liejimo formoje ir užpildyti jos ertmę.
- **Susitraukimas** – tai liejinio linijinių matmenų ir tūrio sumažėjimas, jam auštant nuo užpylimo iki aplinkos temperatūros.
- **Polinkis sugerti dujas ir sudaryti dujinius intarpus** (kiaurymes ir pūsles). Daugiausiai ištirpsta vandenilio, deguonies ir azoto dujų.

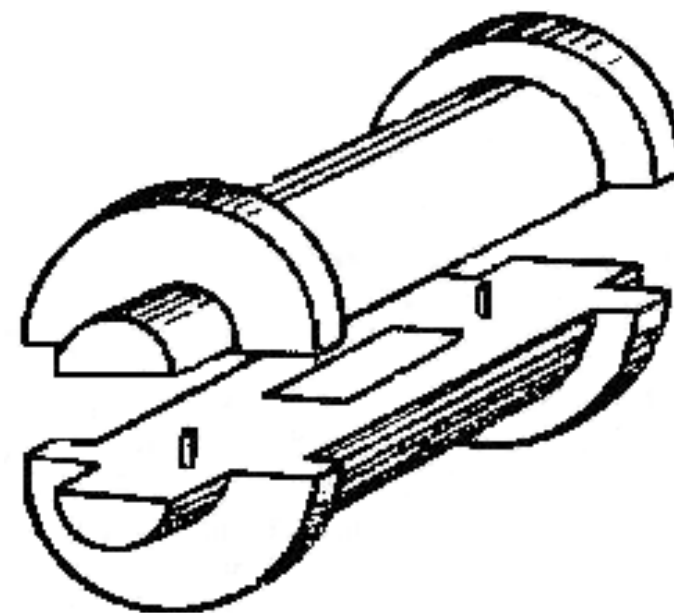
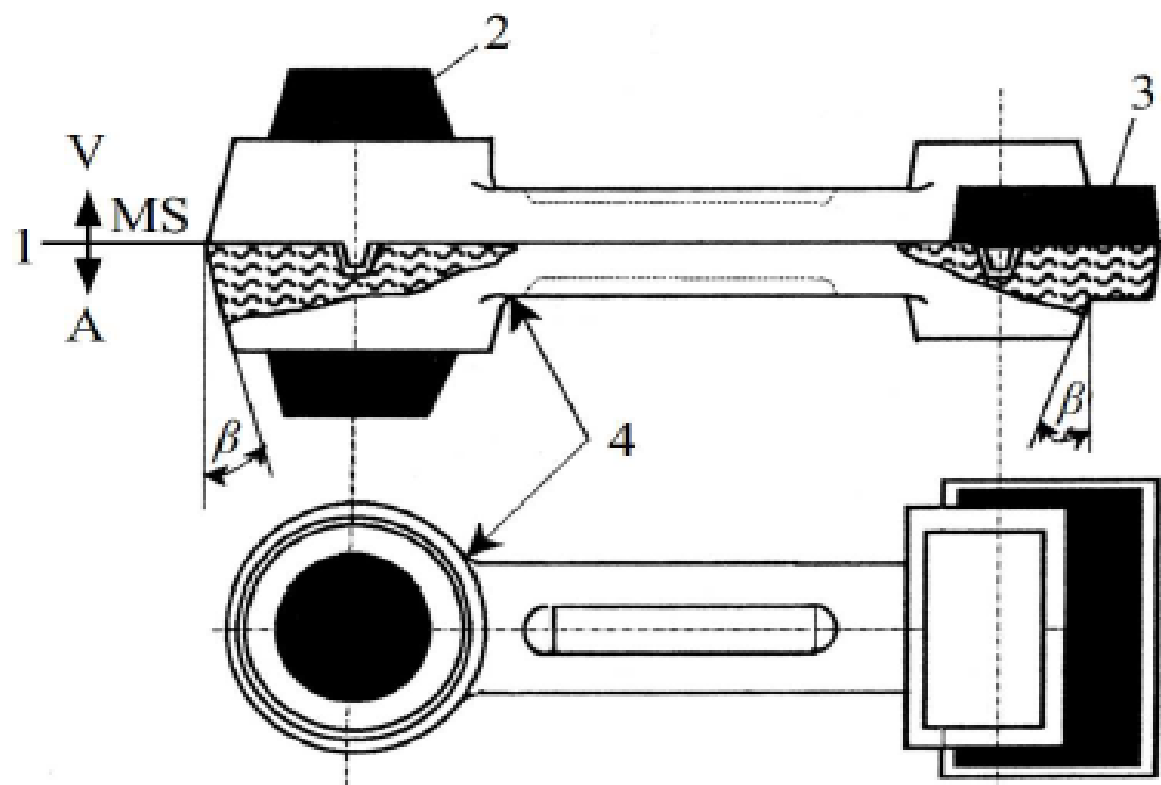
# Pagrindinės liejamosios lydinių savybės 2

- **Polinkis susidaryti nemetalinėms priemaišoms.** Nemetaliniai intarpai suardo liejinio vientisumą ir tose vietose sukelia įtempių koncentracijas.
- **Patvarumas įtrūkiams** (karšto ir šalto lydinio).
- **Liekamųjų įtempių susidarymas.** Jie susidaro liejiniui auštant formoje.
- **Polinkis į likvaciją.** Lydinio cheminės sudėties nevienodumas mažinamas modifikuojant skystą metalą, mažinant dujų ir nemetalinių medžiagų kiekį ir kt.

Liejinių gamyba smėlio formose

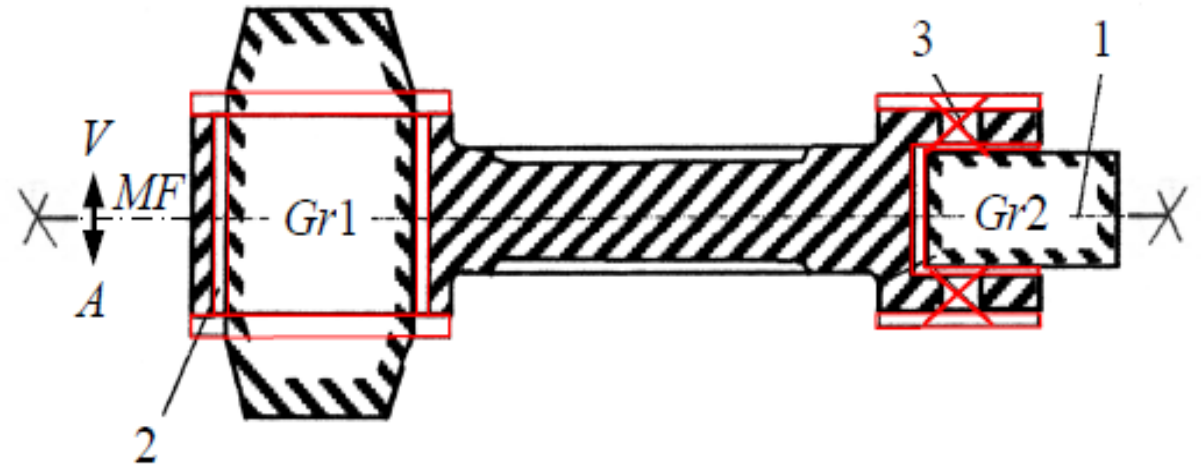






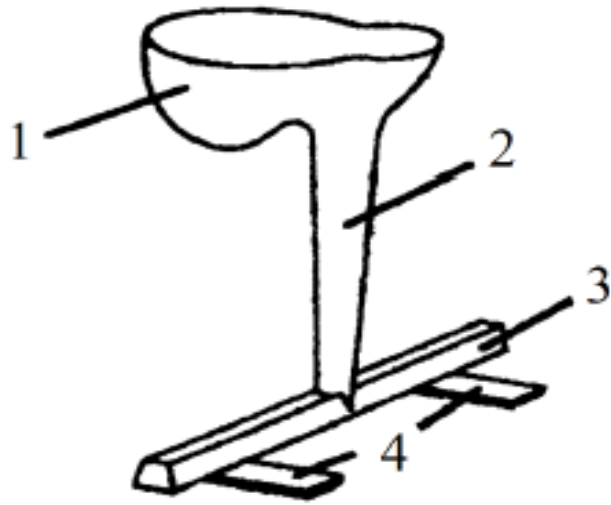
2 pav. Modelio brėžinys

- Liejinio brėžinyje nurodoma:
  - *Modelio ir formos skyros plokštuma.*
  - *Mechaninio apdirbimo užlaidos.*
  - *Gurgučių ženklų išdėstymas ir matmenys.*
  - *Liejimo nuolydžiai, suapvalinimai, skylės ir įdubos.*
  - *Liečių sistema ir prielajos.*
  - *Kiti reikalavimai, kuriuos turi atitikti liejinys.*



3 pav. Liejinio brėžinys: MF – modelis, forma; V – modelio ir formos viršus; A – modelio ir formos apačia; Gr1, – gurgutis; 1 – skyros plokštuma; 2 – mechaninio apdirbimo užlaidos; 3 – mechaniškai apdirbama skylės

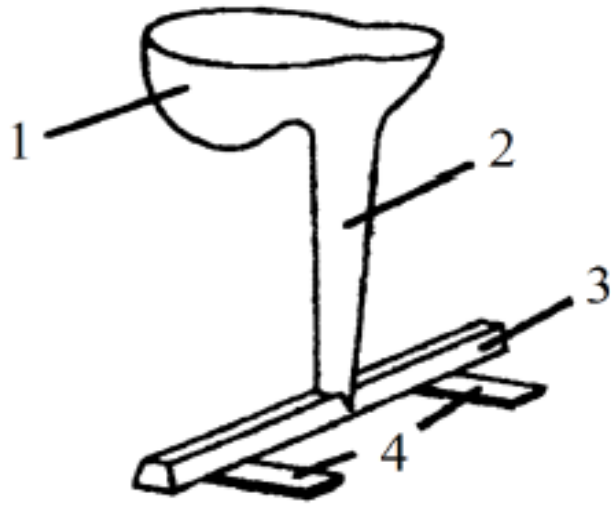
# Liečių sistemos elementai



4 pav. Liečių sistema

- Kanalai, kuriais išlydytas metalas patenka į formos ertmę, vadinami **liečių sistema**.
- Formos pildymo metu susidariusios dujos ir garai išeina pro orui laidų formavimo mišinį, ortakius arba prielajas.

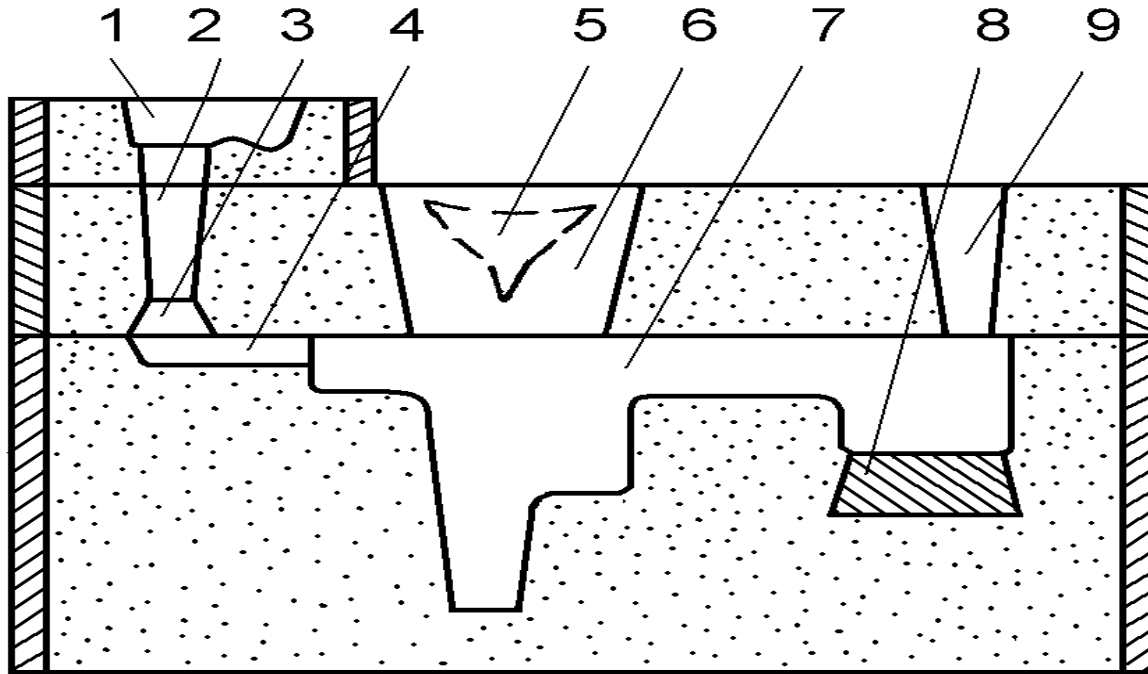
# Liečių sistemos elementai



4 pav. Liečių sistema

- Kanalai, kuriais išlydytas metalas patenka į formos ertmę, vadinami **liečių sistema**.
- Formos pildymo metu susidariusios dujos ir garai išeina pro orui laidų formavimo mišinį, ortakius arba prielajas.

# Liečių sistemos elementai



- Šlakams ir kitoms nemetalinėms dalelėms sulaikyti liečių sistemoje dažnai naudojami **akytosios keramikos filtrai**, pagaminti iš  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $ZrO_2$ ,  $MgO$  junginių ir kt.

5 pav. 1 - piltuvas, 2 - vertikalus kanalas, 3 - šlakų gaudytuvas, 4 - tiektuvas, 5 - subėgimo tuštuma, 6 - prielaja, 8 - aušintuvas, 9 - ortakis

# Formavimo ir gurgučių mišiniai

- Reikalavimai mišiniam:
  1. Plastiškumas.
  2. Stipris.
  3. Atsparumas kaitrai.
  4. Laidumas dujoms.
  5. Paslankumas.
  6. Tinkamumas pakartotinai naudoti ir kt.

# Formavimo mišinys

- Tipinė formavimo mišinio sudėtis:
  - 80–90 % kvarcinio smėlio,
  - 4–15 % molio, 3–7 % vandens
  - 3–6 % priedų.

# Formavimo mišinys

- Tipinė formavimo mišinio sudėtis:

- 80–90 % kvarcinio smėlio,
- 4–15 % molio,
- 3–7 % vandens,
- 3–6 % priedų.

- Priedai:

- akmens anglių dulkės,
- grafitas,
- medienos miltai ar drožlės,
- maršalitas,
- smulkus geležies oksidas,
- melasa.



- Formavimo mišinys skirstomas:
  - pagal panaudojimo charakterį – bendrasis, modelinis ir užpildantysis;
  - pagal formos būvį prieš užpylimą – mišinys drėgnoms ir sausoms formoms.

# Gurgučių mišinys

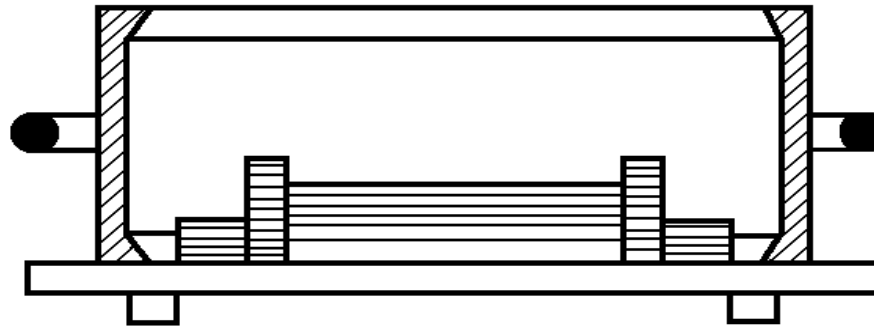
- Gurgučių funkcija yra sudaryti liejinyje kiaurymę, tačiau jie naudojami ir formavimui palengvinti arba modelių konstrukcijoms supaprastinti.
- Veikiami daugiau nei pati forma tiek mechaniškai, tiek termiškai, gurgučiai:
  - turi būti pakankamai atsparūs, kad atlaikytų jėgas, kurios stengiasi gurgutį išstumti iš metalo;
  - turi būti ugniaatsparūs ir gerai praleisti dujas;
  - turi gerai pasiduoti liejiniui traukiantis (metalas aušdamas traukiasi, todėl gurgutis suspaudžiamas);
  - liejiniui sustingus turi būti lengvai išmušami.

# Formavimas

- **Rankinis formavimas.** Rankomis gaminamos vienetinės, bandomosios ir labai didelių liejinių formos. Didžiausia liejinių dalis liejama vienkartinėse smėlio formose.
- **Mašininis formavimas.** Taikomas serijinėje ir masinėje gamyboje, nes dažnas įrengimų perderinimas užimtų daug laiko. Mašininio formavimo formose gaunami tikslesni ir glotnesni liejiniai.
- **Formavimas be formadėžių.** Šis būdas taikomas gaminant nedidelius liejinius.

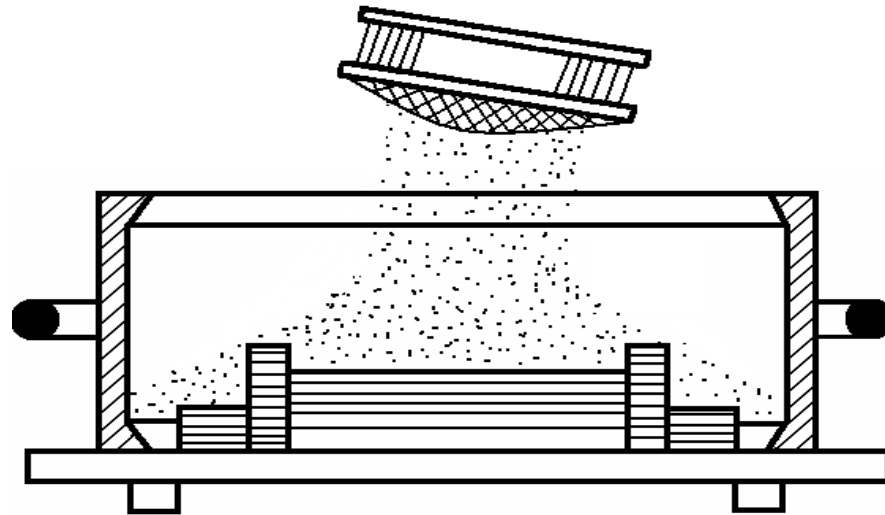
# Rankinio formavimo būdai: formavimas formadėžėse

- Ant modelinės lentos dedama formadėžė, o jos viduje dedama apatinė modelio dalis



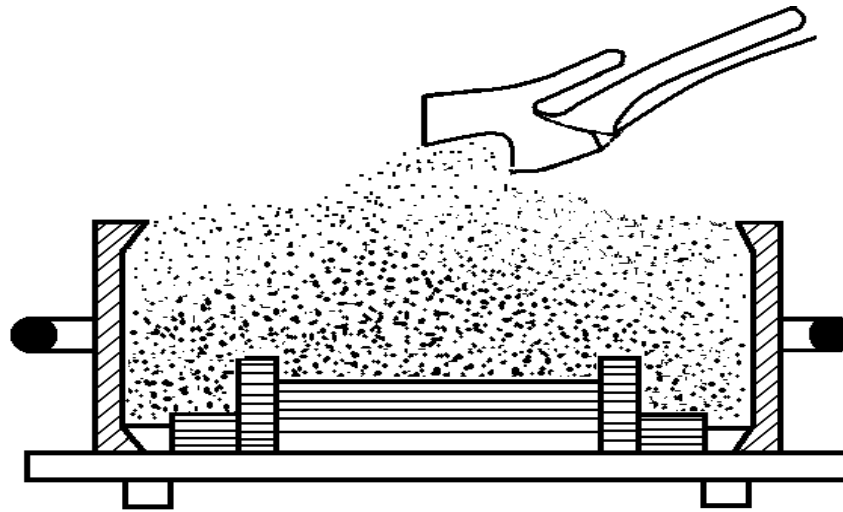
# Rankinio formavimo būdai: formavimas formadėžėje

- **Beriamas formavimo (modelinis) mišinys**



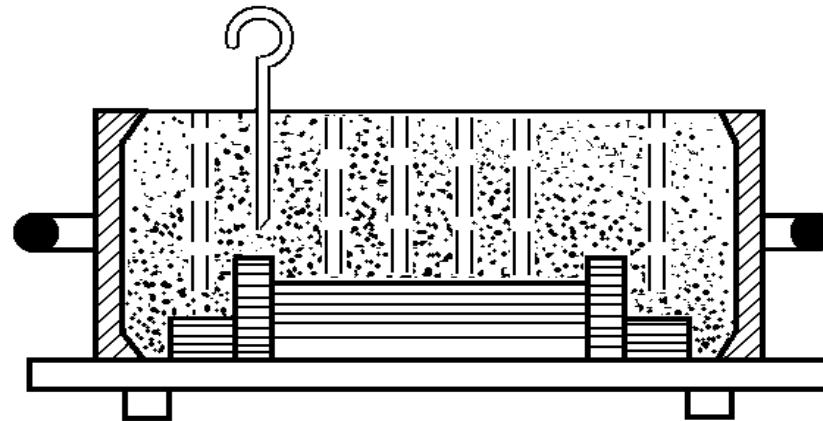
# Rankinio formavimo būdai: formavimas formadėžėje

- Supilamas ir suplūkiamas formavimo (užpildomasis) mišinys



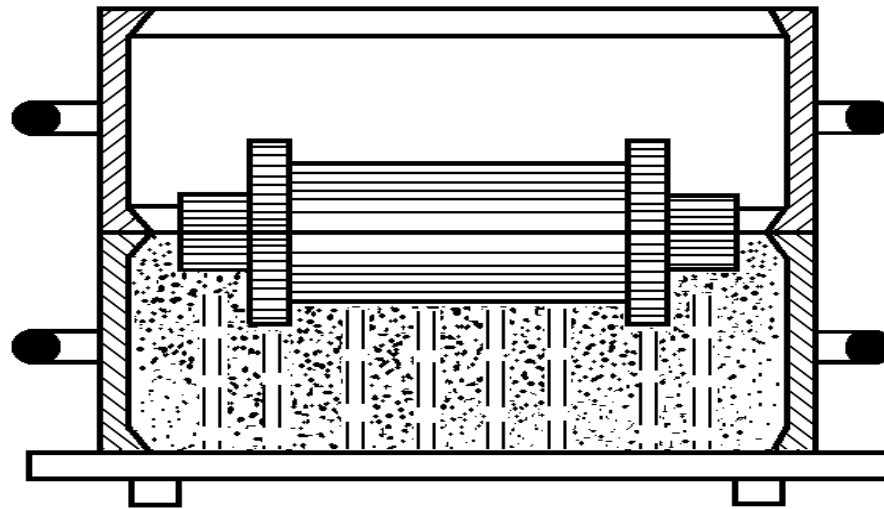
# Rankinio formavimo būdai: formavimas formadėžėje

- Subadoma yla



# Rankinio formavimo būdai: formavimas formadėžėse

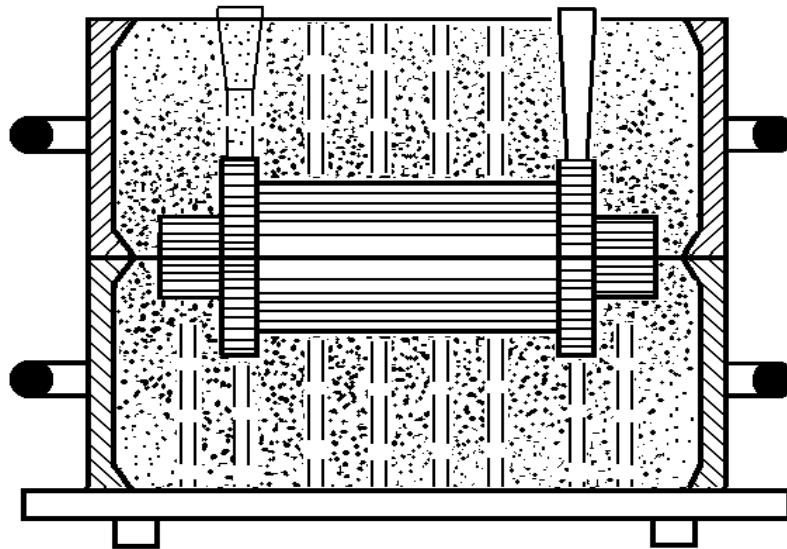
- Uždedama viršutinė modelio dalis ir viršutinė formadėžė





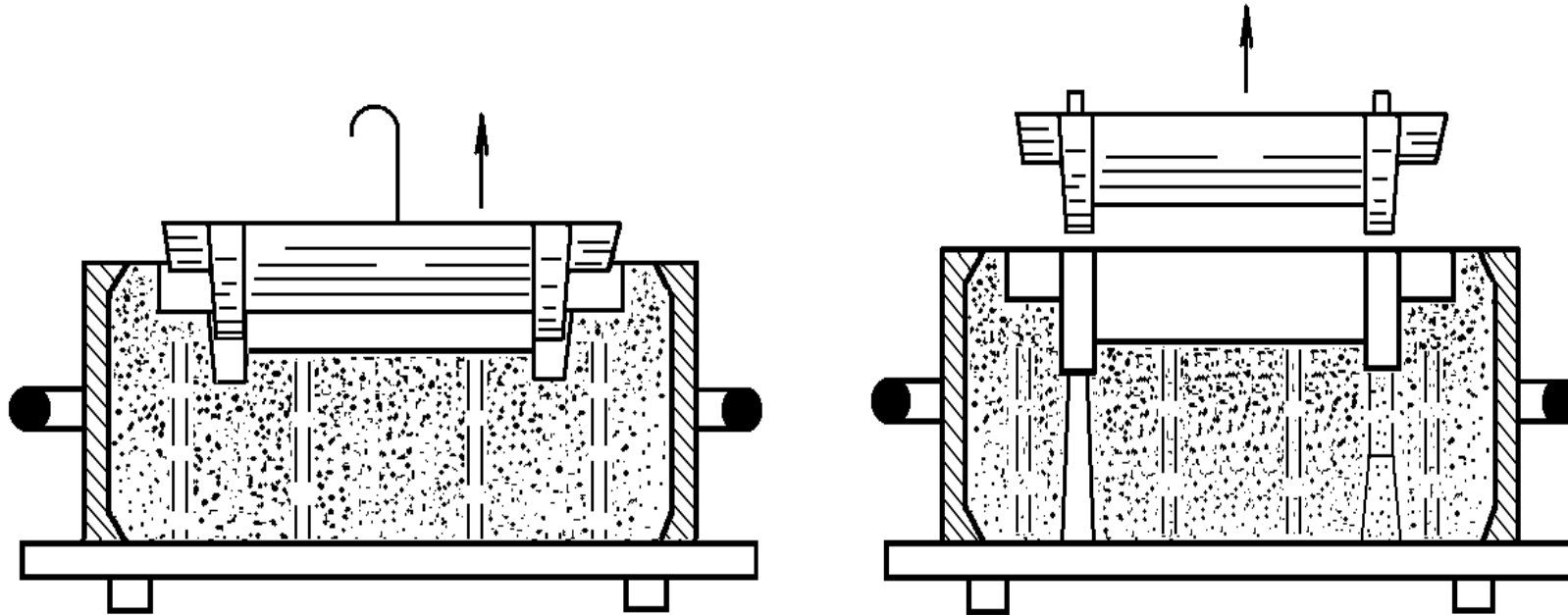
# Rankinio formavimo būdai: formavimas formadėžėse

- Dedami liečio ir ortakio modeliai, pripildoma formavimo mišinio ir suplūkiama



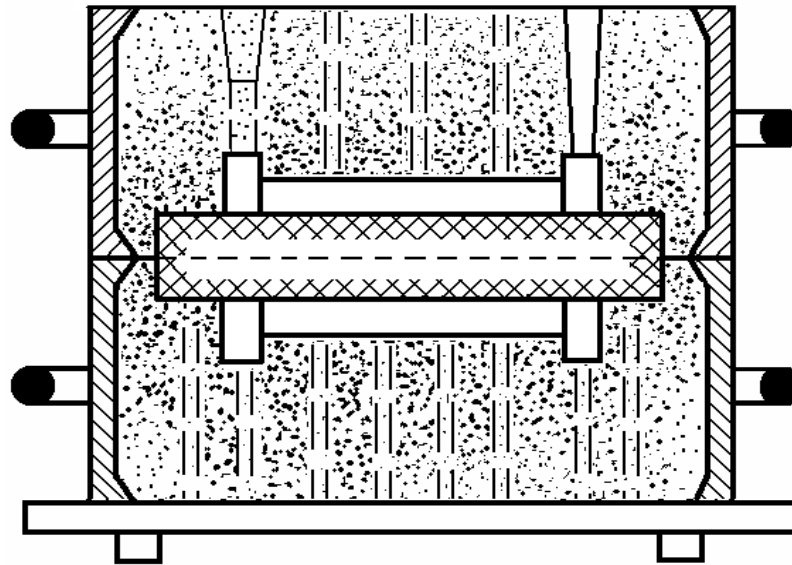
# Rankinio formavimo būdai: formavimas formadėžėse

- Iš abiejų formos dalių išimami modeliai



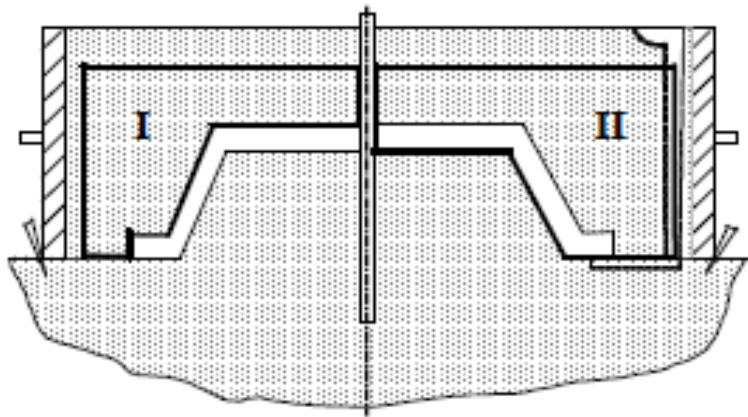
# Rankinio formavimo būdai: formavimas formadėžėje

- Įdedamas gurgutis ir forma surenkama



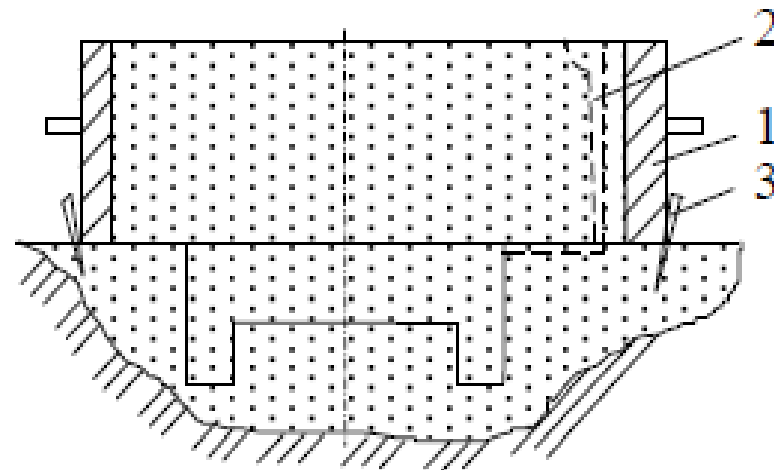
# Rankinio formavimo būdai:

- Formavimas šablonais



6 pav. Formavimas šablonais

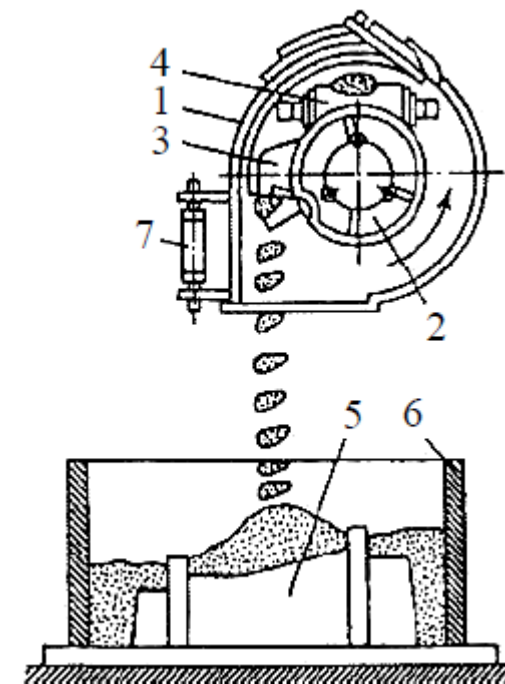
- Formavimas asloje



7 pav. Formavimas asloje

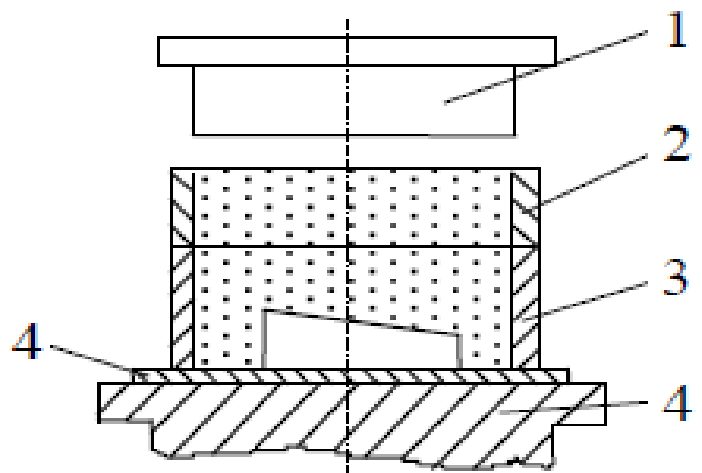
# Rankinio formavimo būdai: formuojami betoninėse duobėse – kesonuose

- Stambūs liejiniai formuojami betoninėse duobėse – kesonuose. Juose formavimo mišinys suplūkiamas smėliasvaide mašina

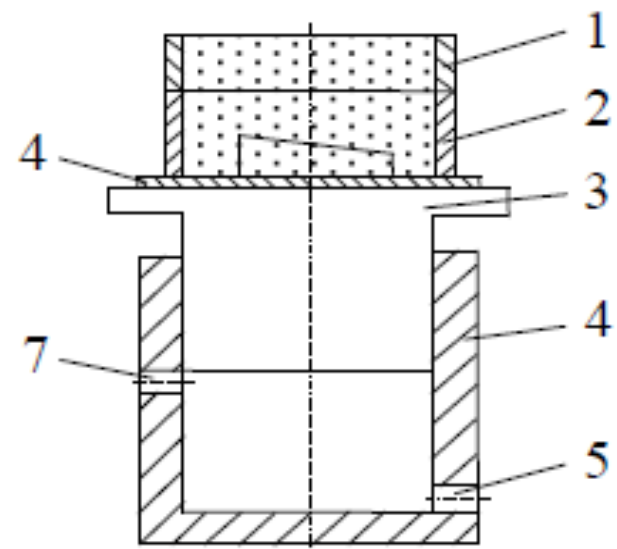


8 pav. Smėliasvaidis sutankinimas

# Mašininis formavimas:

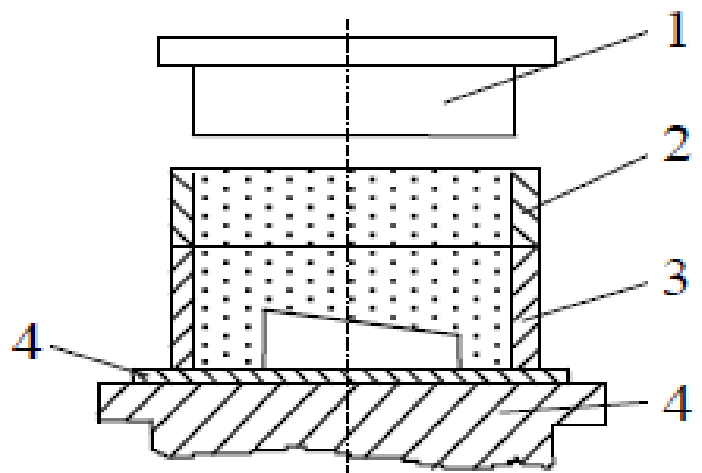


9 pav. Presavimo mašinos schema

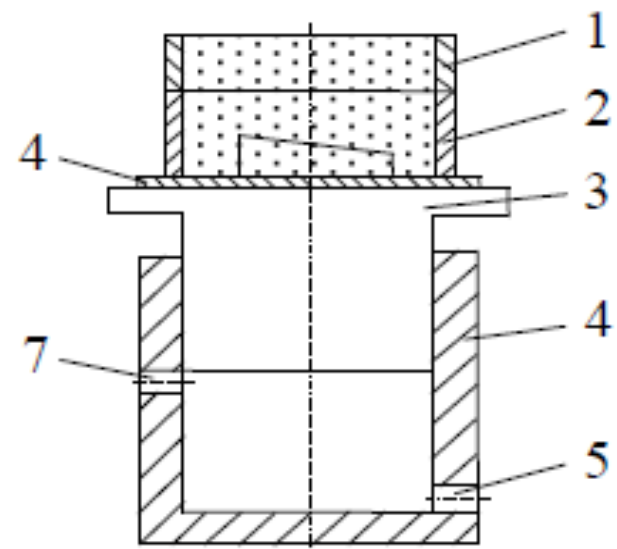


10 pav. Kratymo mašinos schema

# Mašininis formavimas:

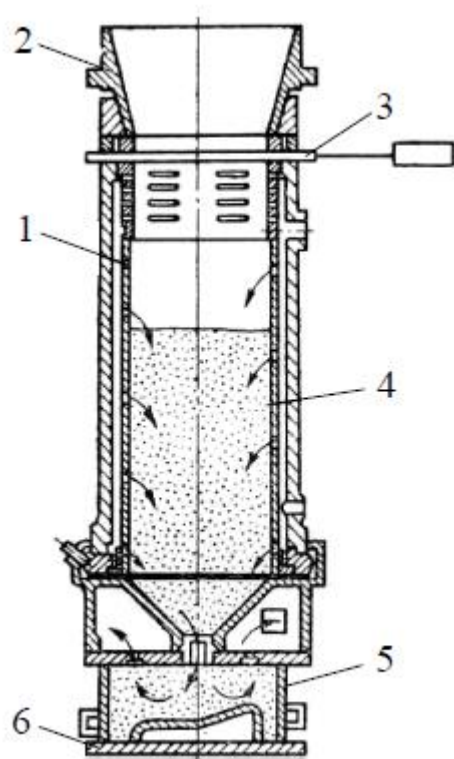


9 pav. Presavimo mašinos schema

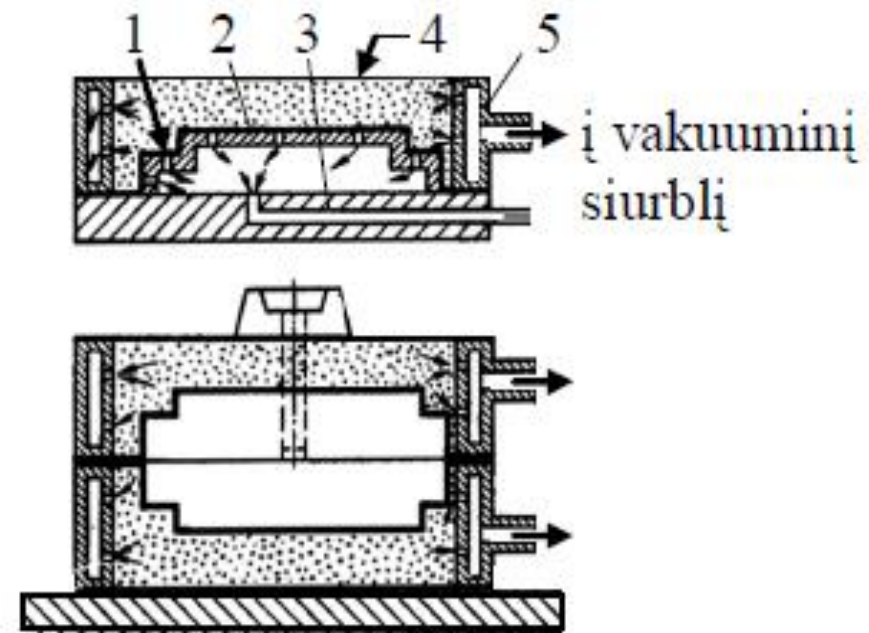


10 pav. Kratymo mašinos schema

# Mašininis formavimas:



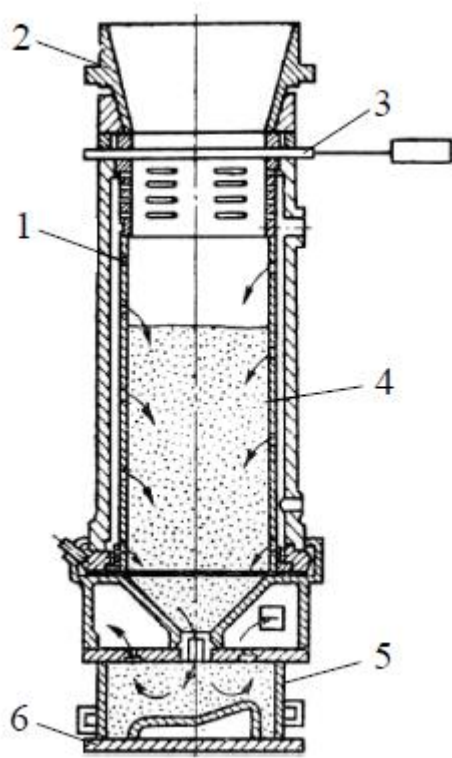
11 pav. Smėliašaudės mašinos schema



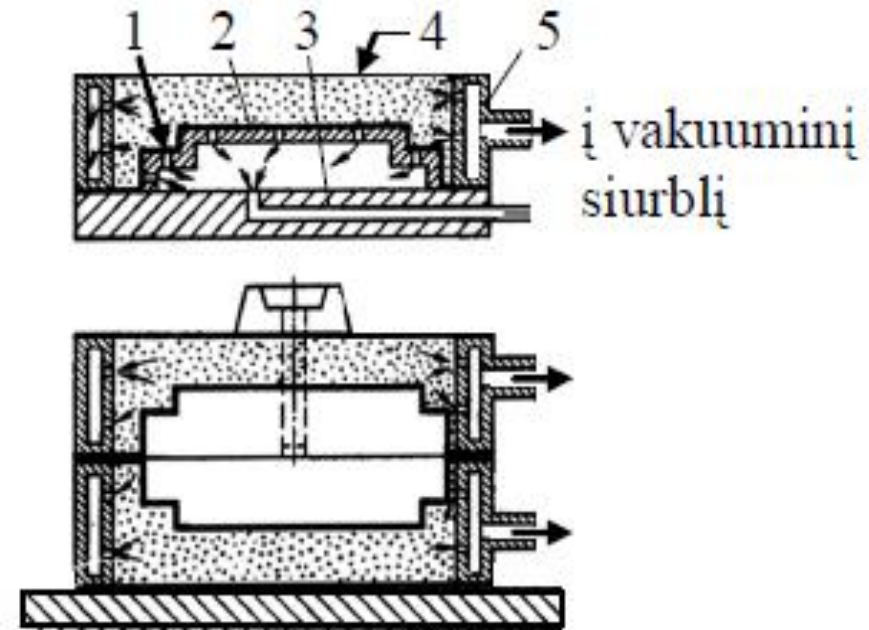
12 pav. Vakuuminis formavimas



# Mašininis formavimas:

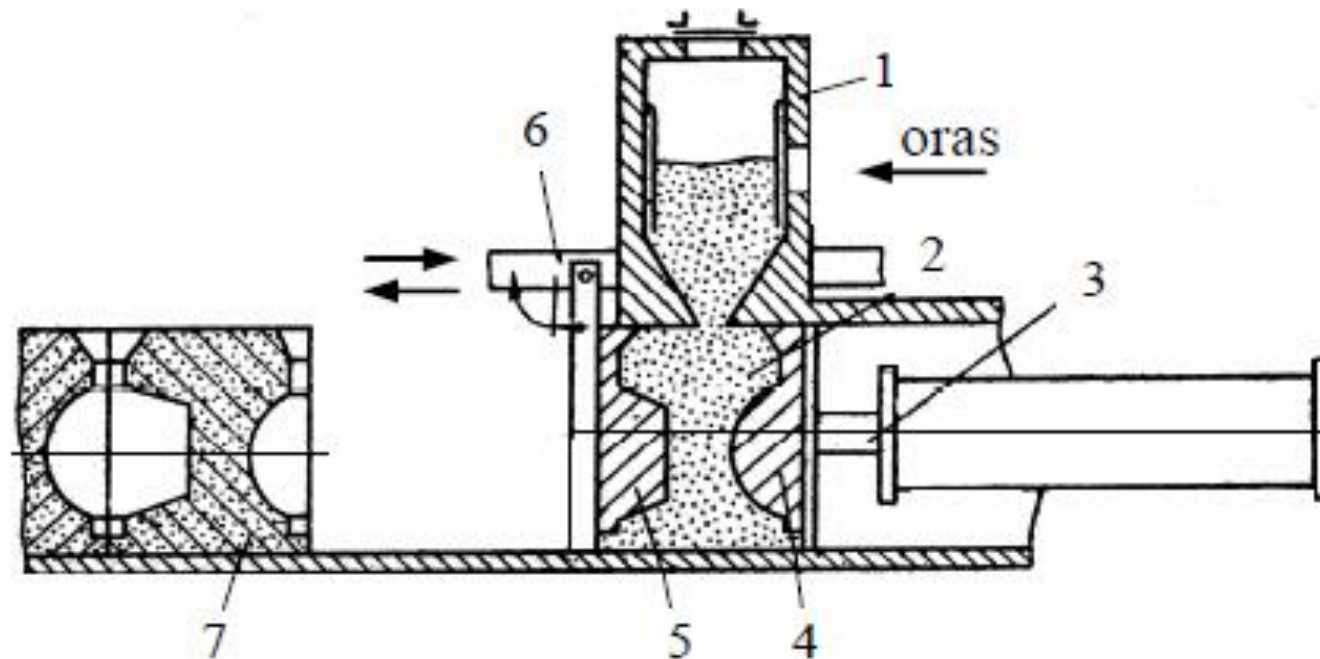


11 pav. Smėliašaudės mašinos schema



12 pav. Vakuuminis formavimas

# Formavimas be formadėžių



13 pav. Formavimas be formadėžių smėliapūčių presavimo automatu

# Liejinių valymas ir terminis apdorojimas

- **Liejinių valymas.** Sukietėję ir ataušę liejiniai išimami iš formų jas suardant (rankomis arba mechanizuotai) ir vežami į valymo barą, kadangi liejinių paviršiuje lieka pridegusio formavimo ir (arba) gurgučių mišinio.
- **Terminis apdorojimas.** Liejiniai yra stambiagrūdės struktūros, turi likvacines sritis, juose netolygiai išsiskirstę nemetaliniai intarpai ir legiruojantys elementai. Liekamiesiems įtempiams šalinti, stabiliai homogeniškai struktūrai gauti, mechaninėms ir kitoms savybėms pagerinti liejiniai atkaitinami arba normalizuojami, kartais grūdinami ir atleidžiami.

# Specialieji liejimo būdai:

- Kokilinis liejimas
- Liejimas į kevalines formas
- Liejimas pagal išlydomuosius modelius
- Liejimas slegiant
- Išcentrinis liejimas

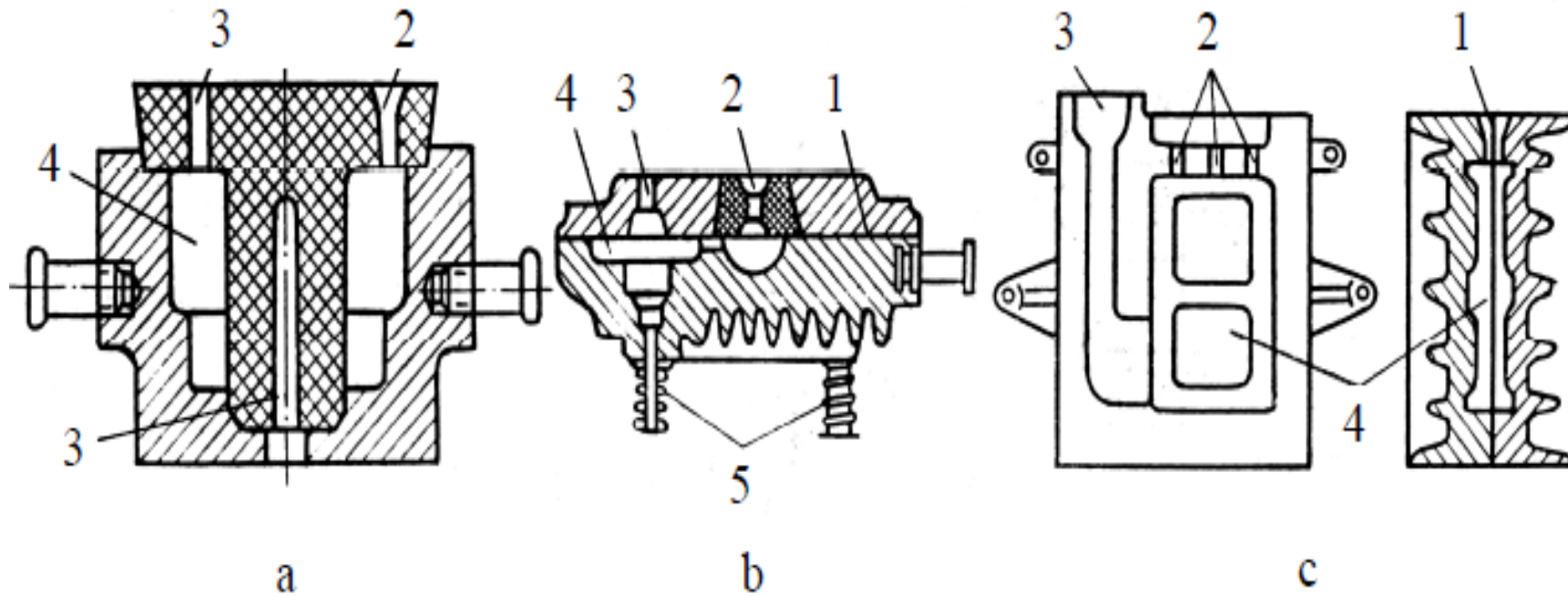
# Kokilinis liejimas 1

- Privalumai:
  - Padidėja liejimo proceso efektyvumas (dėl daugkartinio formos naudojimo 2–3 kartus padidėja darbo našumas, 20–30 % sumažėja liejinių savikaina).
  - Pagerėja liejinių kokybė, nes metalas greičiau ataušta, liejiniai nepridega, tikslesni jų matmenys (liejinių tikslumo kвалitetas  $IT12$ – $IT15$ , šiurkštumas  $Rz=80$ – $40\text{ }\mu\text{m}$ ).
  - Nereikalingos formavimo medžiagos (išskyrus gurgučiams).
- Trūkumai:
  - didelė kokilių savikaina;
  - nedidelis ilgalaikiškumas liejant plieną ir ketų (2.1 lentelė);
  - sunku nulieti plonasienius liejinius;
  - trukdo liejiniams susitraukti, todėl juose gali atsirasti vidinių įtempių, persimetimų ir įtrūkių.

# Kokilinis liejimas 2

- Pagrindinės operacijos:
  - Darbinių paviršių valymas ir dažymas (kelis kartus per pamainą).
  - Gurgučių (smėlio ar keramikos) įdėjimas ir kokilės dalių sujungimas.
  - Kokilės įkaitinimas iki 200–350 °C temperatūros (ji priklauso nuo liejamo lydinio sudėties, liejinio sienelės storio, sienelės storio ir kt.) ir užpildymas skystu metalu.
  - Kokilės atidarymas ir liejinio išėmimas.
  - Gurgučių išmušimas; liečių, ortakių, prielajų nupjovimas; liejinio kokybės tikrinimas.

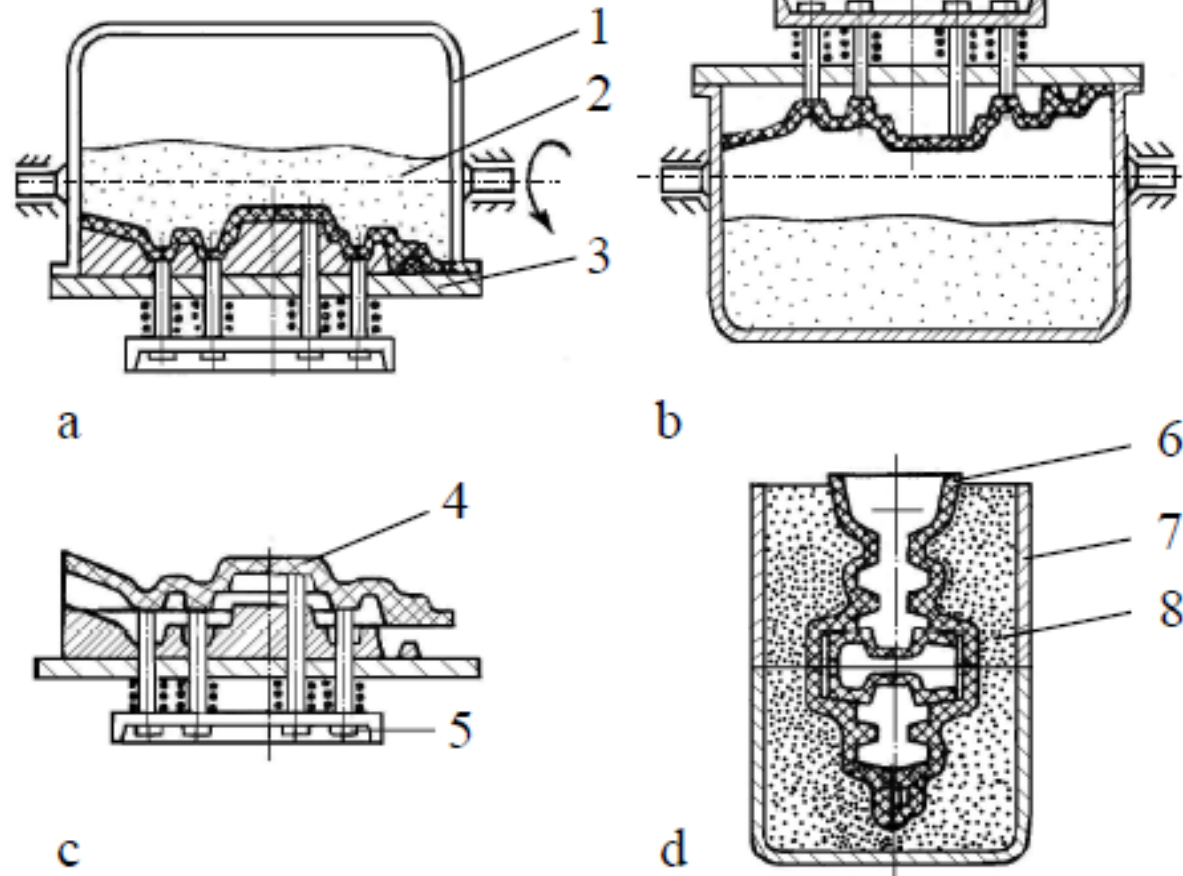
# Kokilinis liejimas 3



14 pav. Kokilės: *a* – neišardoma; *b* – su horizontaliu skyros paviršiumi; *c* – su vertikaliu skyros paviršiumi: 1 – skyros paviršius; 2 – liečių sistema; 3 – ortakis; 4 – liejimo ertmė; 5 – stūmikliai

# Liejimas į kevalines formas 1

16 pav. Kevalinių pusformių gamyba: *a* – formavimo mišinys, užbertas ant modelio; *b* – nubertas mišinio perteklius; *c* – kevalo nuėmimas nuo modelio; *d* – formos paruošimas pripilti

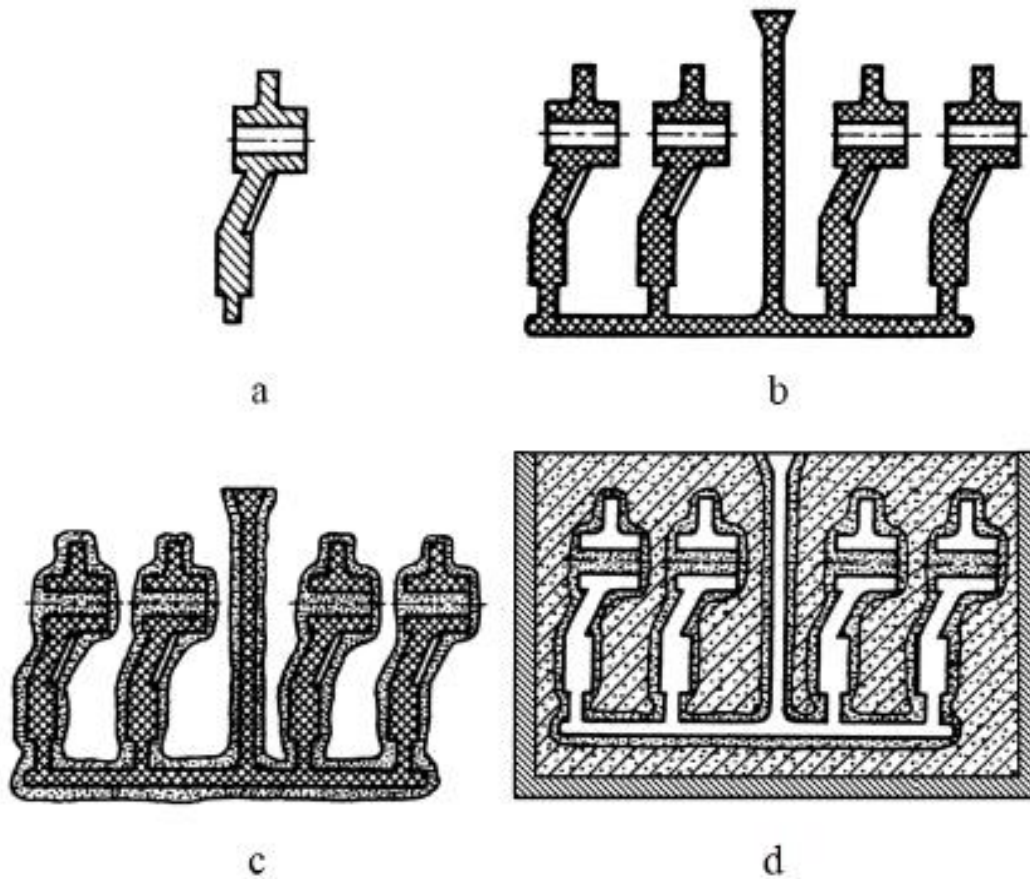




# Liejimas į kevalines formas 2

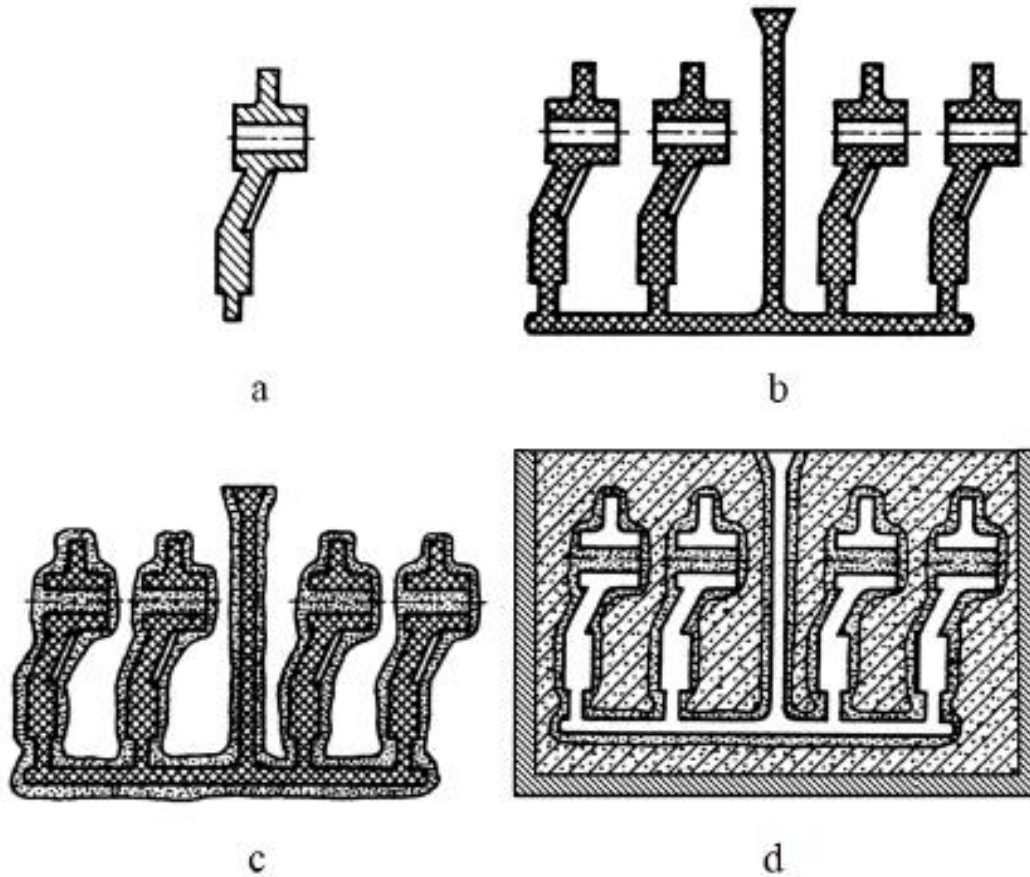
- Privalumai:
  - liejiniai nepridega, jų švarus paviršius, tikslūs matmenys
  - kevalinės formos ir gurgučiai netrukdo liejiniams trauktis, nes jų stipris liejinių kietėjimo metu sumažėja;
  - liejiniuose nėra nemetalinių intarpų, nes kevalinės formos ir gurgučiai yra nebirus ir nelūžūs;
  - liejimo procesą galima mechanizuoti ir automatizuoti.
- Trūkumai:
  - labai brangūs: įranga, įrengimai, ypač dervos;
  - kevalinės pusformės ir gurgučiai gaminami naudojant karštą metalinę įrangą;
  - dervoms termiškai skylant, išsiskiria kenksmingų medžiagų.

# Liejimas pagal išlydomuosius modelius



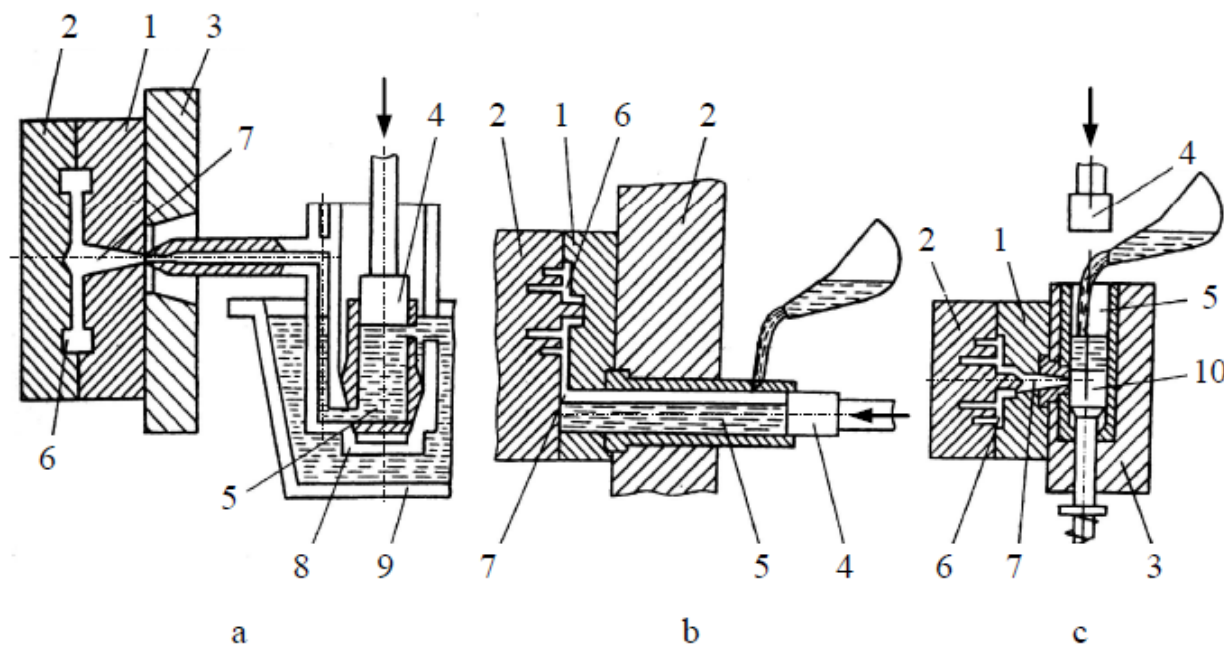
17 pav. Liejinių liejimas naudojant išlydomuosius modelius: *a* – lengvai lydus modelis; *b* – lengvai lydūs modeliai su liečių sistema; *c* – pagamintas kevalas; *d* – forma dėžėje

# Liejimas pagal išlydomuosius modelius



17 pav. Liejinių liejimas naudojant išlydomuosius modelius: *a* – lengvai lydus modelis; *b* – lengvai lydūs modeliai su liečių sistema; *c* – pagamintas kevalas; *d* – forma dėžėje

# Liejimas slegiant 1



18 pav. Liejimo mašinos su karštojo (a) ir horizontaliaja (b) bei vertikaliaja (c) šaltojo presavimo kameromis schema: 1 – nejudamoji presavimo formos pusė; 2 – judamoji presavimo formos pusė; 3 – mašinos plokštė; 4 – preso stūmoklis; 5 – presavimo kamera; 6 – presavimo formos ertmė; 7 – lietis; 8 – metalo kaupiklis; 9 – tiglis; 10 – apatinis stūmoklis

# Liejimas slegiant 2

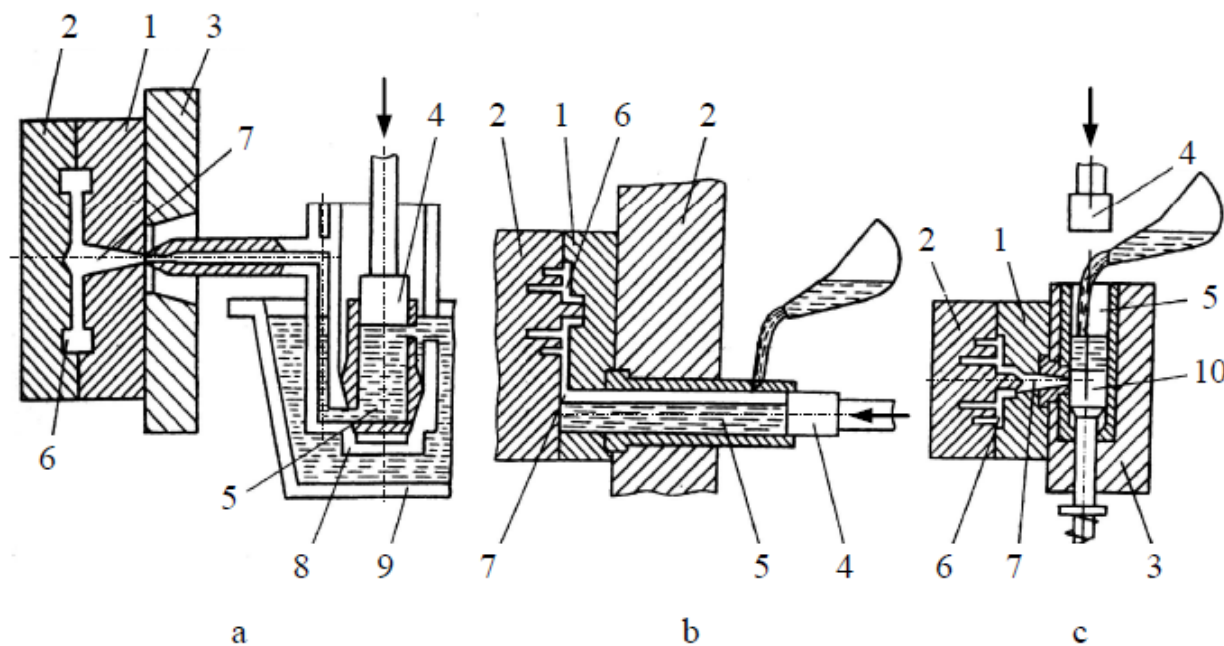
## Privalumai

- galima nulieti smulkius sudėtingos konfigūracijos liejinius, kurių negalima nulieti smėlio formose ir kokilėse;
- liejiniai būna tikslių matmenų ir glotnūs, jų beveik nereikia mechaniškai apdirbti;
- labai našus liejimo procesas;
- nereikia formavimo ir gurgučių mišinių.

## Trūkumai

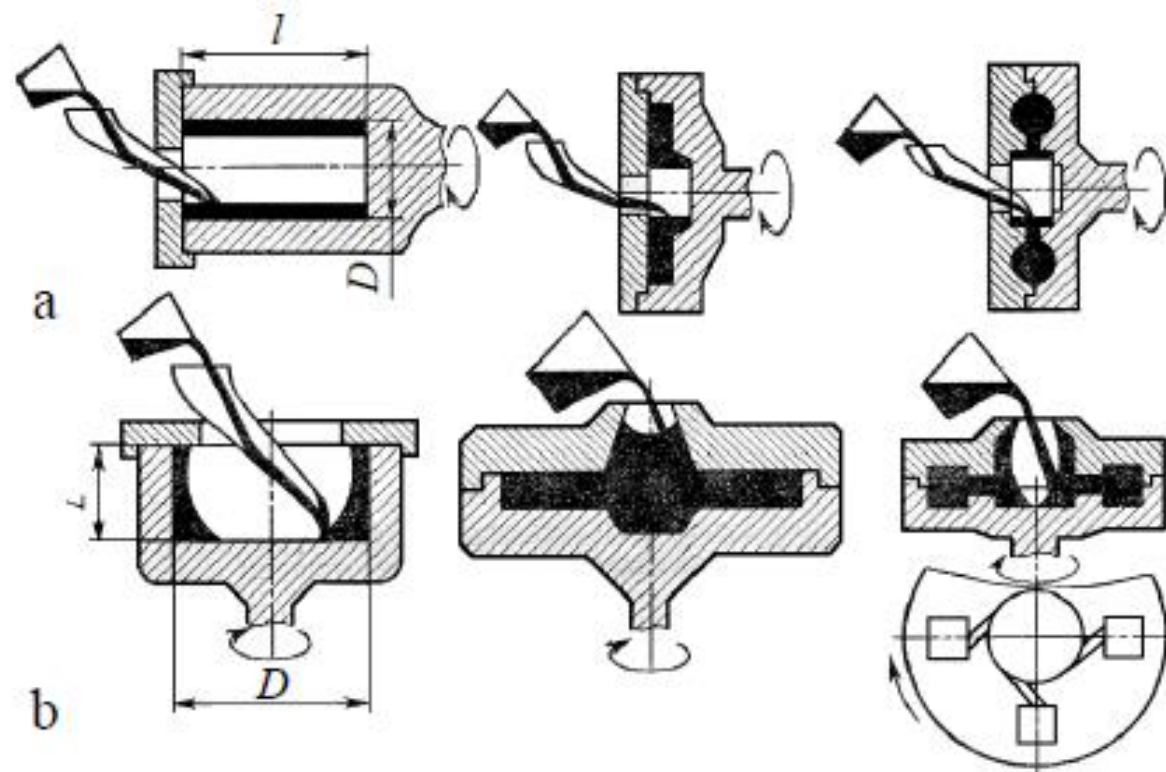
- gana brangi įranga;
- sunku lieti detales su sudėtingomis ertmėmis;
- liejinių masyviose dalyse būna oro ar subėgimo porų, kurios sumažina liejinių stiprį, pablogina jų plastines charakteristikas;
- dėl presavimo formos nepaslankumo liejiniuose atsiranda įtempiai;
- liejimas neekonomiškas mažų serijų gamyboje.

# Liejimas slegiant 3



18 pav. Liejimo mašinos su karštojo (a) ir horizontaliaja (b) bei vertikaliaja (c) šaltojo presavimo kameromis schema: 1 – nejudamoji presavimo formos pusė; 2 – judamoji presavimo formos pusė; 3 – mašinos plokštė; 4 – preso stūmoklis; 5 – presavimo kamera; 6 – presavimo formos ertmė; 7 – lietis; 8 – metalo kaupiklis; 9 – tiglis; 10 – apatinis stūmoklis

# Išcentrinis liejimas 1



19 pav. Išcentrinis liejimas: *a* – su horizontaliaja sukimosi ašimi; *b* – su vertikaliaja sukimosi ašimi



# Išcentrinis liejimas 2

- Liejant išcentrinio būdu, atliekamos tokios operacijos:
  - Formos paruošimas.
  - Formos pripildymas. Prieš pripildant formą latakas įkaitinamas ir nudažomas kokiliniaisiais dažais.
  - Aušinimas ir liejinio išėmimas. Supylus metalą, latakas ištraukiamas ir forma pradedama aušinti. Forma atidaroma. Išimamas liejinys.



# Išcentrinis liejimas 3

- Išcentrinio liejimo privalumai:
  - tuščiaviduriai liejiniai liejami be gurgučių;
  - veikiant išcentrinėms jėgoms, geriau pripildomos formos;
  - kadangi sumažėja subėgimo tuštumų, dujinių, šlakinių ir nemetalinių intarpų,
  - padidėja liejinių tankis ir susmulkėja metalo struktūra;
  - sumažėja skysto metalo nuostoliai;
  - iš skirtingų lydinių galima lieti dvisluoksnius liejinius.
- Išcentrinio liejimo trūkumai:
  - reikalingos specialios mašinos;
  - formos turi būti labai tikslios, stiprios ir hermetiškos, gerai centruotos;
  - norint gauti reikiamus liejinių laisvų paviršių matmenis, reikia dozuoti metalą.