

# Elektrofizikiniai ir elektrocheminiai apdirbimo būdai

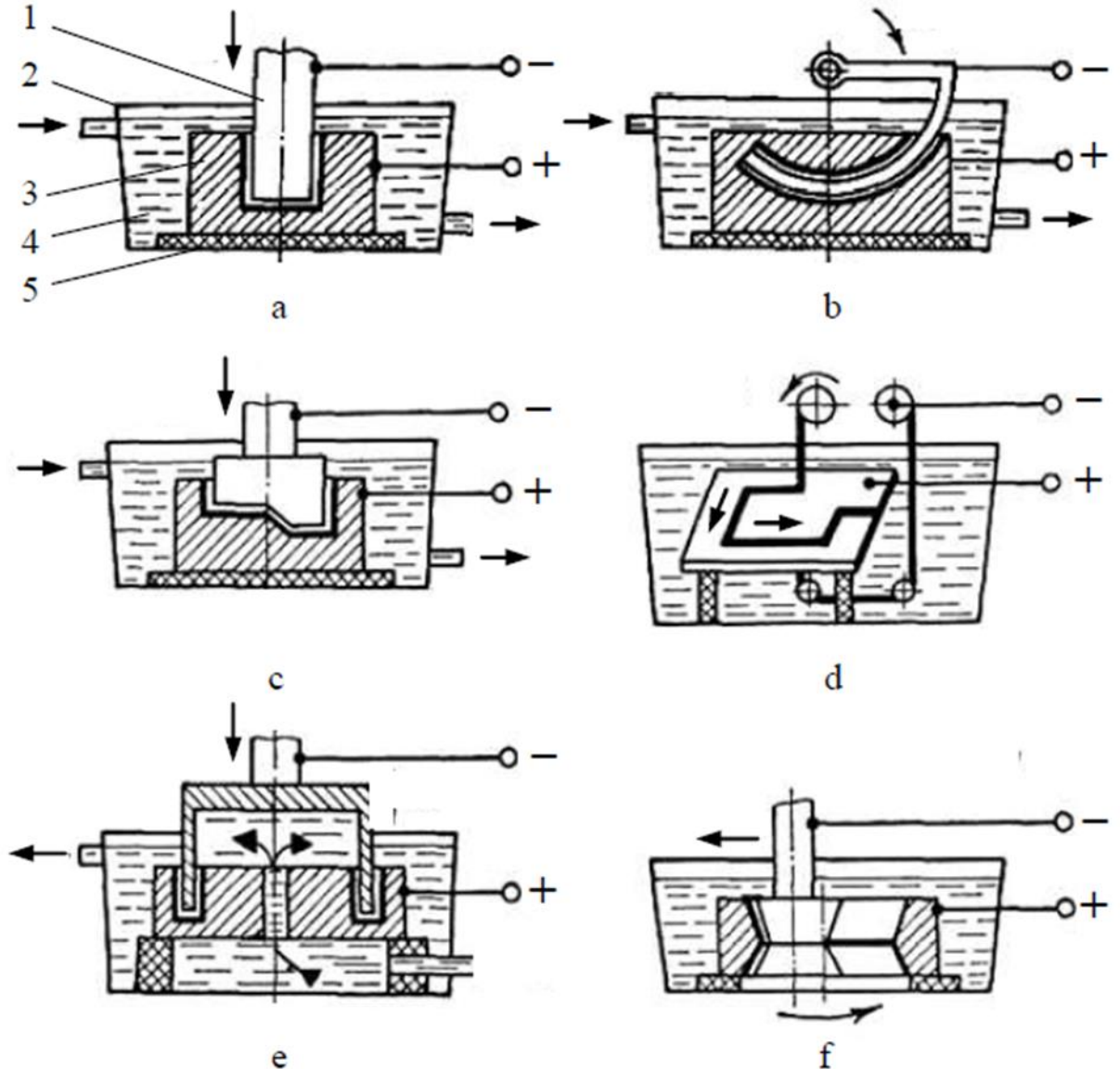
Doc. dr. Žilvinas Kryževičius

# Elektrokibirkštinis apdirbimas

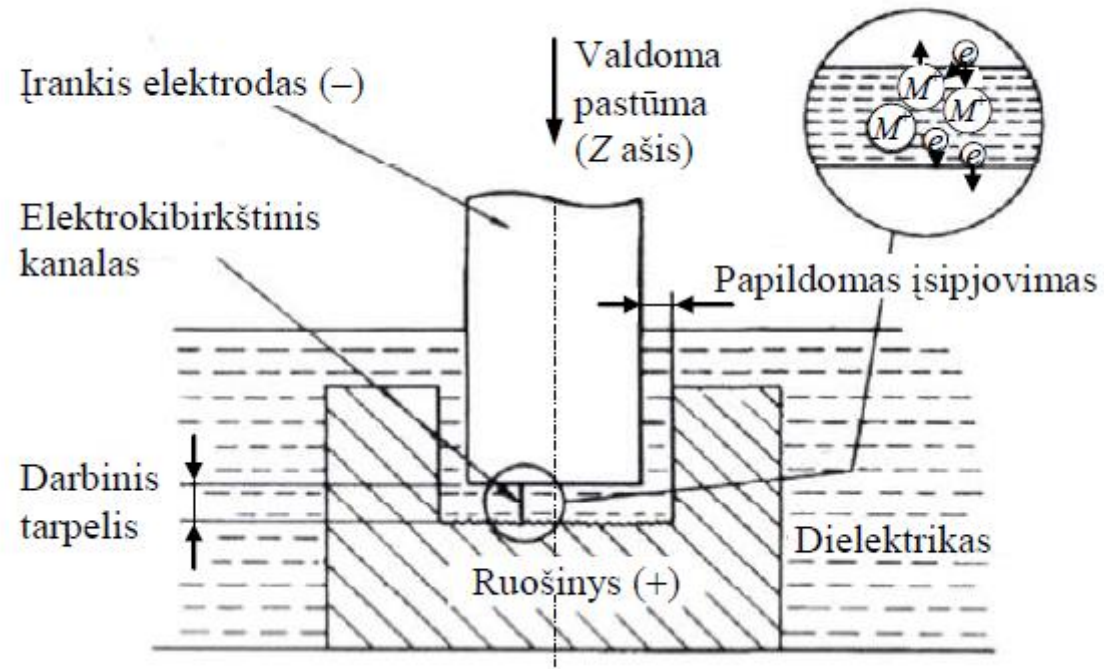
- Elektrokibirkštinio apdirbimo būdu (naudojant valdomą aukštojo dažnio elektrinę iškrovą ruošinio medžiagai išlydyti reikiamoje vietoje) apdirbamos skylės, išoriniai fasoniniai paviršiai ir įdubos.
- Šiuo būdu galima išpjauti ruošinius iš lakšto, naudojant vielinį arba juostinį elektrodą, atlikti plokščiąjį, apvalųjį ir vidinį šlifavimą, pjaustyti ruošinius, ženklinti ir kt. Apdirbant apvalias skyles, elektrodas gali būti sukamas apie savo ašį.

# Elektrokibirkštinis apdirbimas

1 pav. Elektrokibirkštinio apdirbimo schemas: *a* – skylių formavimas; *b* – skylės su kreiva ašimi formavimas; *c* – šampo fasoninės ertmės apdirbimas; *d* – ruošinio išpjovimas iš lakšto; *e* – skylės suformavimas (trepanavimas); *f* – filjerės vidinio paviršiaus šlifavimas; 1 – įrankis elektrodas (–); 2 – rezervuaras; 3 – ruošinys; 4 – dielektrinis skystis; 5 – izoliatorius

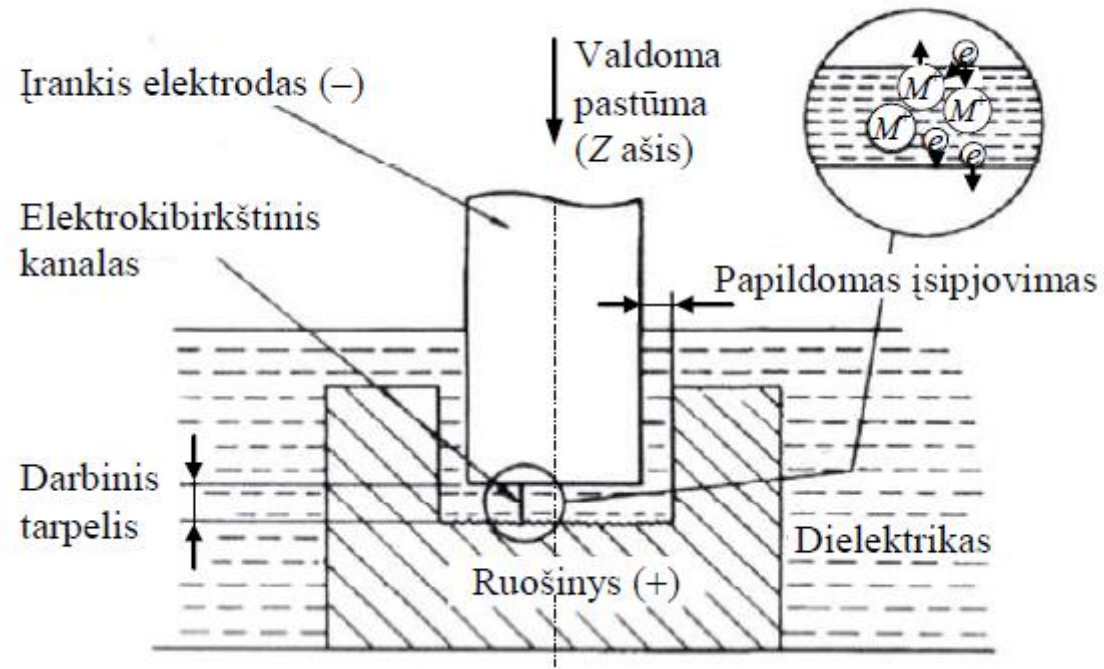


# Elektrokibirkštinis apdirbimas



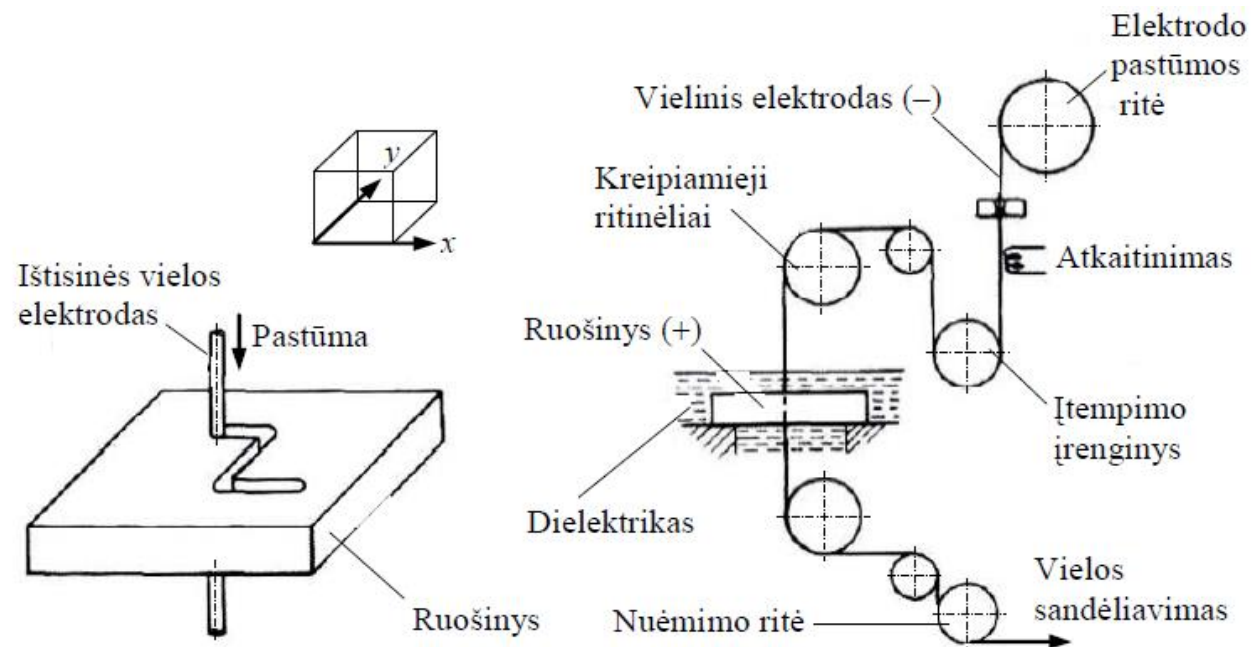
2 pav. Elektrokibirkštinio apdirbimo principas

# Elektrokibirkštinis apdirbimas



2 pav. Elektrokibirkštinio apdirbimo principas

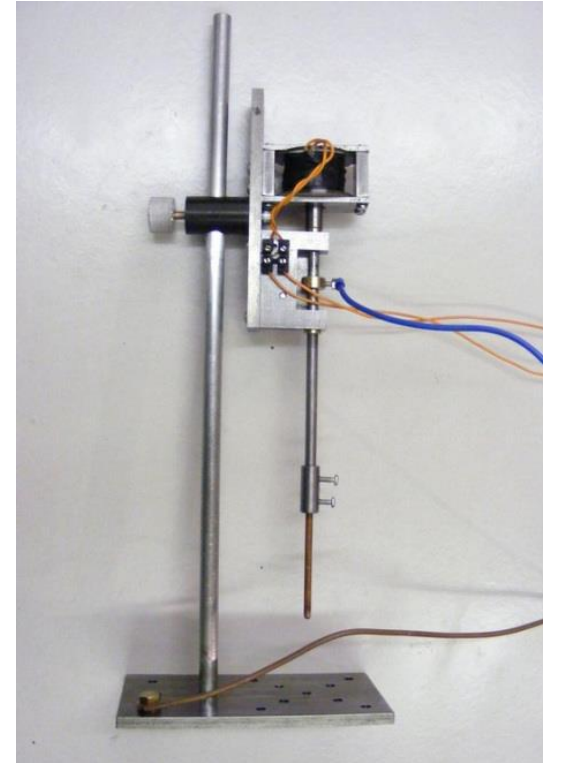
# Elektrokibirkštinis apdirbimas



3 pav. Vielinio elektrodo perstūmimo schema

# Elektrokibirkštinis apdirbimas

- **Įrankis elektrodas.** Jis turi būti standus, pasižymėti nedidele santykine elektrine varža, aukšta lydymosi temperatūra.
- Įrankiai elektrodai gali būti gaminami iš įvairių elektrai laidžių medžiagų: žalvario, vario, grafito, volframo, molibdeno, aliuminio, plieno ir kt.



# Elektrokibirkštinis apdirbimas

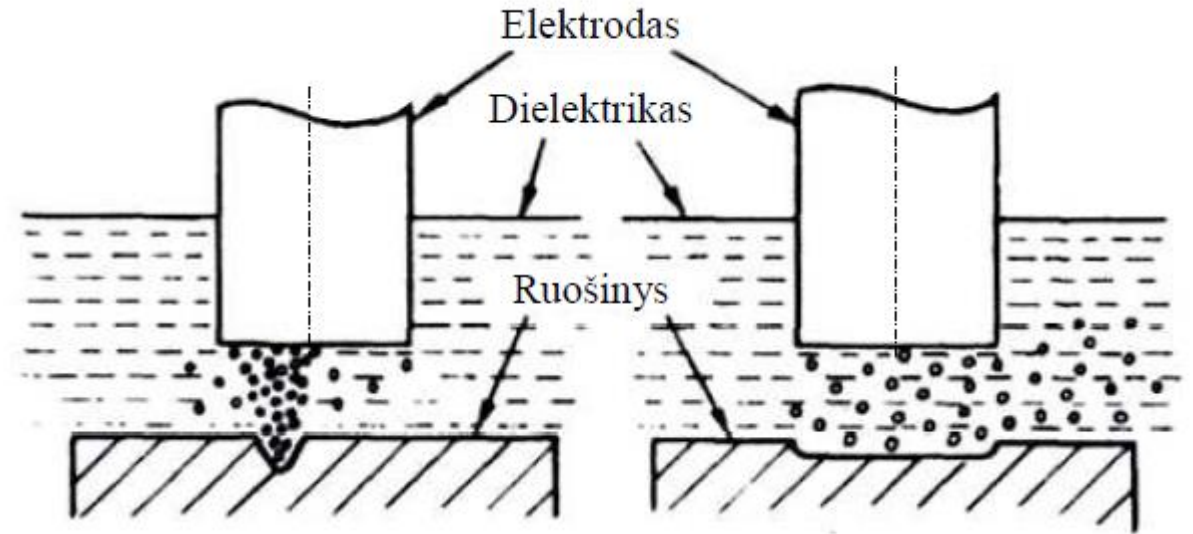
- **Dielektrinis skystis.** Dielektrinis skystis sudaro būtinas sąlygas iškrovai atsirasti, aušina elektrodus ir erozijos produktus, iš tarpelio pašalina nepageidaujamus komponentus, sumažina šonines elektrines iškrovas tarp įrankio ir ruošinio, dėl to tiksliau apdirbama. Skystis turi būti nebrangus, nelabai klampus (gerai tekėti), užsiliiepsnoti tik aukštoje temperatūroje (žema skysčio virimo temperatūra riboja nupjaunamo metalo kiekį), būti netoksiškas, nesukelti korozijos, pasižymėti pakankamu dielektriniu atsparumu ir kt.
- Dažniausiai naudojami šie dielektriniai skysčiai: hidrokarbonatai, etileno glikolio vandens mišiniai, dejonizuotas vanduo. Iš šių skysčių dažniausiai naudojami hidrokarbonatai, kurie klasifikuojami pagal klampą.



# Elektrokibirkštinis apdirbimas

- **Cirkuliacinės sistemos.**

Elektrokibirkštinėse staklėse labai svarbu užtikrinti gerą skysčio cirkuliaciją ir filtravimą. Apdirbimo pradžioje naujas dielektrikas būna švarus, todėl pasižymi geresnėmis izoliacinėmis savybėmis nei turintis nuosėdų.



4 pav. Darbinio tarpelio užteršimas nuosėdomis

# Elektrokibirkštinis apdirbimas

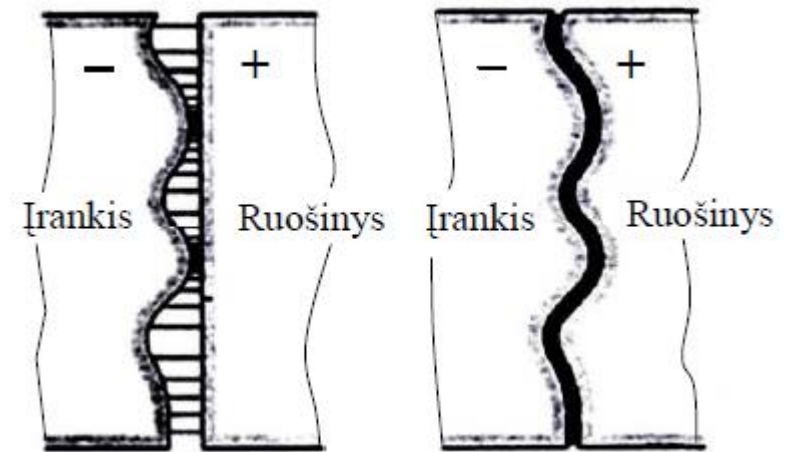
- **Paviršiaus struktūra.** Kadangi iškrovos temperatūra yra aukšta (8000–12000 °C), ji gali paveikti (sukietinti, suminkštinti) kai kurių apdirbamų detalių paviršinius sluoksnius. Termiškai paveikto sluoksnio storis priklauso nuo apdirbamos medžiagos ir iškrovos charakteristikų. Baigiamosiose operacijose termiškai paveikto sluoksnio storis neviršija 0,002 mm, o paruošiamojo apdirbimo operacijose gali būti iki 0,2 mm.

# Video

- <https://www.youtube.com/watch?v=L1D5DLWWMp8>
- <https://www.youtube.com/watch?v=PoskFAiTCy8>
- <https://www.youtube.com/watch?v=vnmdrROssZM>
- <https://www.youtube.com/watch?v=B5ImnweEuSM>
- <https://www.youtube.com/watch?v=pBueWfzb7P0>
- Paskutiniai 2 video, kaip naudoja pjovimo vielą.
- <https://www.youtube.com/watch?v=J4CGqzhOXpA>

# Elektrocheminis apdirbimas

- Elektrocheminio apdirbimo technologija pagrįsta anodo (ruošinio) tirpimu praleidžiant nuolatinę elektros srovę elektrolitu (vykstant elektrolizei). Procesu metu ruošinys tirpsta todėl, kad jo paviršiuje vyksta cheminės reakcijos ir paviršinis metalo sluoksnis virsta cheminiais junginiais. Pašalinamam nuo anodo metalo sluoksniui (dalelėms) neleidžiama nusėsti ant katodo (įrankio) ir jis nuplaunamas elektrolito srove.



5 pav. Elektrocheminio apdirbimo principas

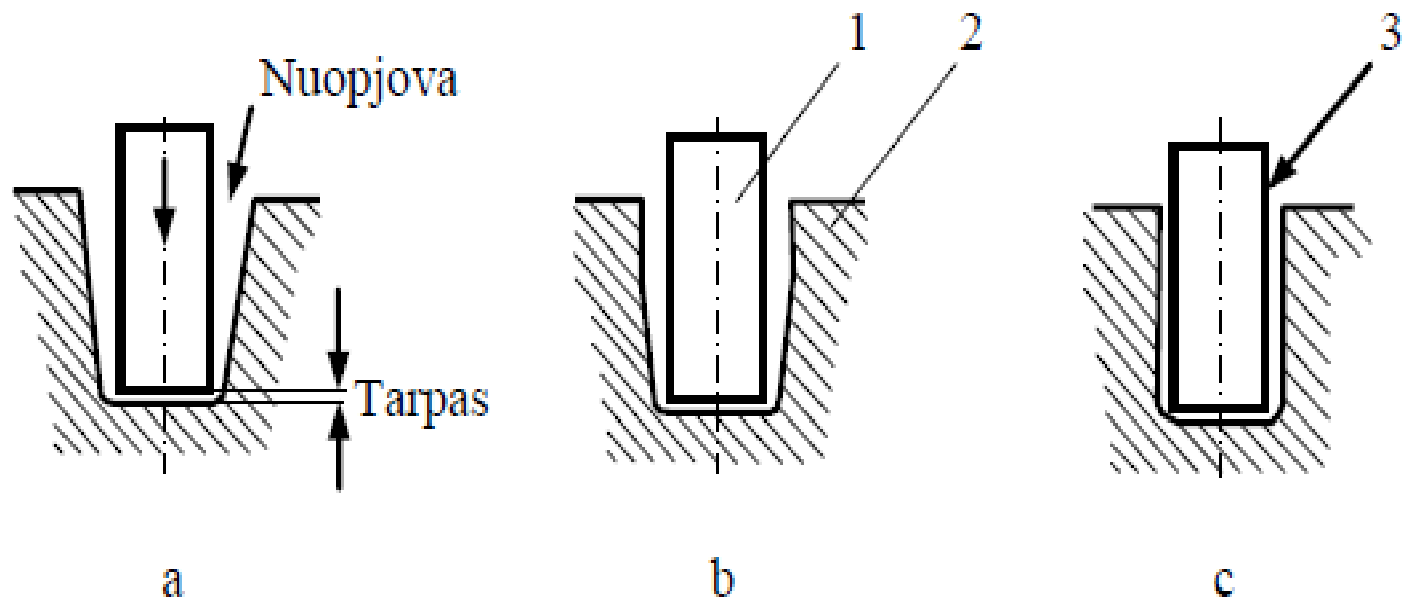
# Elektrocheminis apdirbimas

- **Privalumai:** procesas labai našus, elektrocheminiu būdu apdirbtose detalėse nėra vidinių įtempių ar temperatūrinių pažeidimų, gera paviršiaus kokybė, nenusidėvi įrankiai ir kt.
- **Trūkumai:** turi būti stipri ir standi įrenginio konstrukcija, galinti atlaikyti dideles jėgas tarp ruošinio ir įrankio; įrenginio detalės, kontaktuojančios su elektrolitu, turi būti pagamintos iš korozijai atsparių medžiagų; reikalingas galingas srovės šaltinis ir sudėtinga elektrolito tiekimo, filtravimo, regeneravimo ir panaudoto elektrolito šalinimo sistema.

# Elektrocheminis apdirbimas

- Nuo elektrolito priklauso, kokia vyks cheminė reakcija. Jis perneša išsiskyrusią šiluminę energiją ir reakcijos produktus, aušina įrankį ir ruošinį. Elektrolitas turi būti laidus elektrai, nebrangus, lengvai paruošiamas, netoksiškas ir kuo mažiau agresyvus. Dažniausiai naudojamas 10 % *NaCl* tirpalas, kiek rečiau – mažiau agresyvus, tačiau ne toks laidus natrio nitrato (*NaNO<sub>3</sub>*) tirpalas.
- *ECA* naudojamas grūdintam plienui ir kitiems metalams apdirbti, neapvalioms skylėms gręžti, nelygiems paviršiams liejimo formose formuoti ir kitoms metalo apdirbimo operacijoms, kurias sunku atlikti įprastiniais būdais. *ECA* būdu gaminamos liejimo formos, šlifuojami ir poliruojami paviršiai.

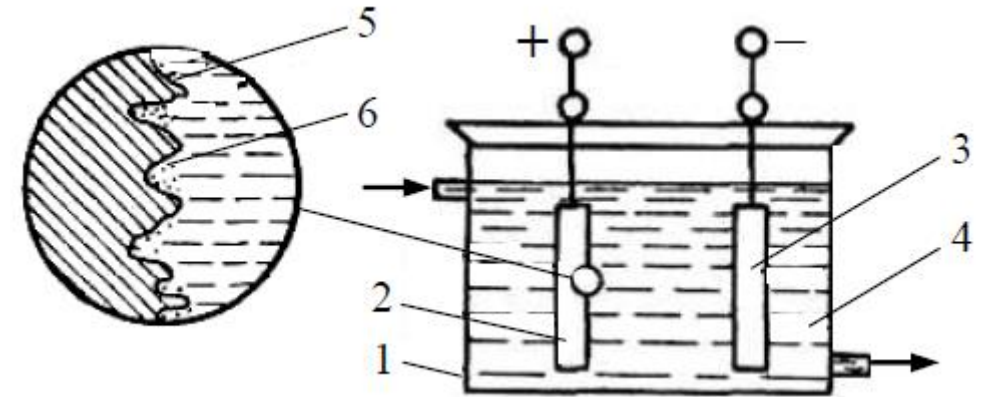
# Elektrocheminis apdirbimas



6 pav. ECA suformuotos kiaurymės formos priklausomybė nuo įrankio paruošimo: *a* – nepadengtas elektrodas, *b* – oksiduotas elektrodo paviršius, *c* – plonu silicio karbido arba silicio nitrido sluoksniu padengtas elektrodas; 1 – cilindro formos įrankis; 2 – apdirbamas ruošinys; 3 – izoliacinis sluoksnis

# Kiti elektrocheminio apdirbimo būdai:

- **Elektrocheminis poliravimas.** Poliruojama elektrolito vonioje. Elektrolitas gali būti rūgščių arba šarmų tirpalai. Apdirbamas ruošinys yra anodas, katodas yra metalinė (švininė, varinė, plieninė) plokštelė. Norint intensyviau poliruoti, elektrolitas pašildomas iki 40–80 °C temperatūros. Praleidžiant elektros srovę, pradeda tirpti anodas (ruošinys). Labiausiai ardomi anodo paviršiuje esantys mikronelygumai, nes čia yra didžiausias elektros srovės tankis.
- Elektrolizė sumažina nelygumus, nepaveikdama kitų detalės paviršių. Apdirbamas paviršius įgauna metalinį blizgesį. Elektrocheminiu būdu poliruojama prieš dengiant galvaninėmis dangomis, išbaigiami pjovimo įrankių darbiniai paviršiai, gaminamos plonos juostos ir folija, valomi ir dekoratyviai užbaigiami detalių paviršiai.



7 pav. Elektrocheminio poliravimo schema: 1 – vonia; 2 – apdirbamas ruošinys; 3 – plokščias elektrodas; 4 – elektrolitas; 5 – ruošinio paviršiaus šiurkštumas; 6 – anodinio tirpimo medžiagos

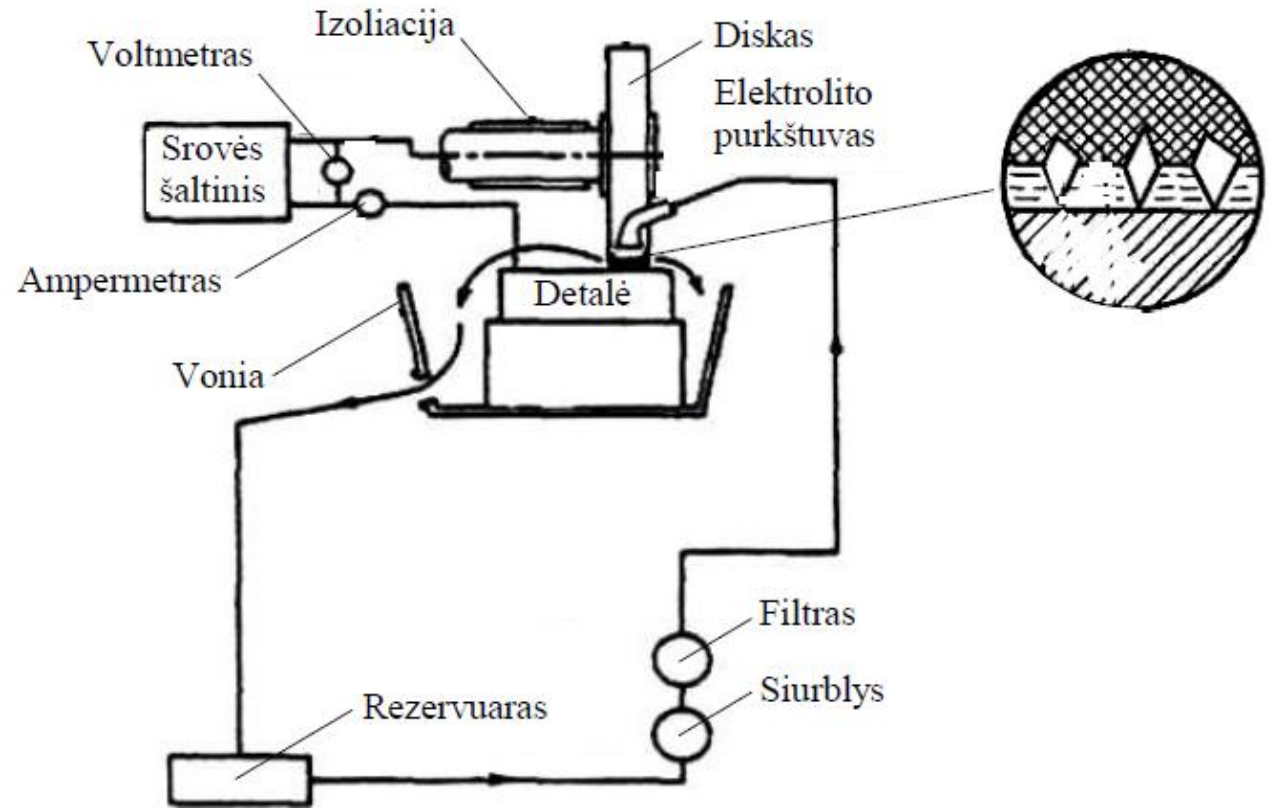


# Video

- <https://www.youtube.com/watch?v=PoJjYm7M31A>

# Kiti elektrocheminio apdirbimo būdai:

- **Elektrolitinis šlifavimas.**  
Naudojamas sunkiai apdirbamoms medžiagoms apdirbti, nestandžių detalių baigiamajam apdirbimui (nes nedidelės pjovimo jėgos) ir yra našesnis už įprastinį šlifavimą.
- Elektrolitiniam šlifavimui naudojamas įprastinis abrazyvinis diskas, kurio rišiklis (dažniausiai bakelitinis su grafito užpildu) yra laidus elektros srovei.
- Elektrolitas tiekiamas į tarpą tarp apdirbamos detalės (anodo) ir abrazyvinio disko (katodo) abrazyvo grūdelių. Vyksta elektrolizės procesas.



8 pav. Elektrolitinio šlifavimo įrenginys

# Video

- <https://www.youtube.com/watch?v=HcIV6ErkV5w>

# Kiti elektrocheminio apdirbimo būdai:

- **Elektrocheminis veidrodinių paviršių šlifavimas.** Ši technologija skiriasi nuo elektrolitinio šlifavimo tuo, kad vietoj elektrolito naudojamas įprastas aušinimo skystis, elektrolizė vyksta tarp vario katodo ir teigiamai įelektrinto abrazyvinio disko.
- Šiuo būdu apdirbamos silicio, silicio nitrido, cirkonio, silicio karbido, volframo karbido ir kitos nemetalinės detalės. Paviršių šlifuoja labai mažos 0,3–2,0  $\mu\text{m}$  skersmens dalelės, todėl veidrodinio paviršiaus kokybė pasiekama be poliravimo (paviršiaus šiurkštumas  $Ra=2\text{--}10\ \mu\text{m}$ ). Šiuo būdu šlifuojami lęšiai, veidrodžiai, silicio plokštelės mikroschemų gamybai ir kt.

# Kiti elektrocheminio apdirbimo būdai:

- **Elektrocheminis gręžimas fasoniniu vamzdžiu.** Naudojamas ilgoms, mažo skersmens apvalioms arba specialios formos skylėms gręžti kietlydiniuose ir aukštos lydymosi temperatūros metalų (nikelio, kobalto, molibdeno, titano ir kt.) lydiniuose naudojant rūgštinį elektrolitą.
- Elektrolitas tiekiamas atsižvelgiant į apdirbamą medžiagą. Elektrolitas tiekiamas pro rūgščiai atsparų vamzdį – katodą. Katodas elektriškai izoliuojamas, išskyrus patį jo galą, kur vyksta elektrolizė. Elektrodoi sujungiami po du ar tris plastikinėmis kreipiamosiomis, kuriomis galima truputį keisti skylių gręžimo kryptį. Taip išgręžiama dešimtys ar šimtai lygiagrečių skylių, kurių skersmuo 0,5–6 mm, gylio ir skersmens santykis 200:1, pastūma 2–4 mm/min.

# Kiti elektrocheminio apdirbimo būdai:

- **Kapiliarinis gręžimas (elektrocheminio gręžimo atmaina).**  
Elektrolitas rūgštinis, tačiau gręžimo vamzdeliai pagaminti iš plono stiklo su centre esančia tauriojo metalo, pvz., platinos, viela. Į apdirbimo zoną elektrolitas tiekiamas vamzdeliu, o elektros srovė – viela.
- Naudojant šią technologiją galima gręžti mažesnio kaip 0,4 mm skersmens skylės, kurių gylio ir skersmens santykis didesnis kaip 10:1.
- Apdirbant šiuo būdu, elektrolitas turi būti gerai filtruojamas, kad gręžimo atliekos neužkimštų labai siaurų elektrolito tiekimo kanalų. Kapiliarinio gręžimo greitis panašus kaip elektrocheminio gręžimo fasoniniu vamzdžiu.

# Video

- [https://www.youtube.com/watch?v=1\\_nVWiujmnmw](https://www.youtube.com/watch?v=1_nVWiujmnmw)