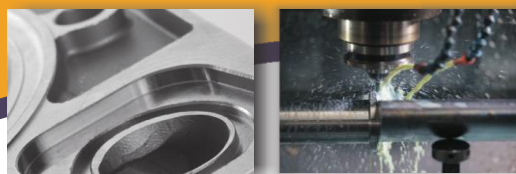


Deivydas Dusevičius

MEDŽIAGŲ APDIRBIMAS CNC STAKLĖMIS. CNC STAKLIŲ PROGRAMAVIMAS



ALYTAUS PROFESINIO RENGIMO CENTRAS

Konspektas sukurtas finansuojant projekto
„Virtualiųjų ir nuotolinių laboratorijų
aplinka pramonės inžinerijos studijoms” Nr.
LLP-LdV-TOI-2012-LT-0104 lėšomis

TURINYS

ĮVADAS.....	6
1. PROGRAMAVIMO YPATYBĖS IR KALBA	7
Savikontrolės klausimai.....	9
2. MECHANINIO APDIRBIMO STAKLĖS	10
2.1. Tradiciniai medžiagų apdirbimo būdai.....	10
2.2. CNC tekimo staklės.....	10
2.3. CNC frezavimo staklės.....	19
2.4. Baigiamojo apdirbimo staklės	22
Savikontrolės klausimai.....	24
3. STAKLIŲ VALDYMO PROGRAMOS. SUDĖTIS IR KODAI	25
3.1. Programos sudėtis.....	25
3.2. Pagrindinės programos struktūra.....	25
3.3. M funkcijų kodai	31
3.4. G funkcijų kodai	41
3.5. Programų numeracija ir išsaugojimas.....	47
3.6. Įvairių detalių apdirbimo programų pavyzdžiai	47
3.7. CNC staklių ciklai ir paprogramiai.....	49
Savikontrolės klausimai.....	52
4. STAKLIŲ KOORDINAČIŲ SISTEMA. ĮRANKIŲ NUSTATYMAS	53
4.1. CNC staklių koordinačių sistema	53
4.2. Įrankių, detalių ir staklių koordinačių sistemos.....	55
4.3. Absoliutinė ir prieauginė koordinačių atskaitos sistema	64
Savikontrolės klausimai.....	68
5. ĮRANKIŲ VALDYMAS IR JUDESIAI	69
5.1. Apskritiminė interpoliacija.....	69
5.2. Linijinė interpoliacija	77
5.3. Greitas pozicionavimas.....	82
Savikontrolės klausimai.....	88
6. ĮRANKIAI, NAUDOJAMI CNC STAKLĖSE	89
6.1 Įrankių medžiagos.....	89
6.2. Peiliai.....	93

6.3. Gražtai	99
6.4. Frezos	102
Savikontrolės klausimai.....	106
7. PJOVIMO REŽIMAI FREZAVIMUI	107
PRIEDAI	111
1 PRIEDAS. DMG staklių servisas.....	111
2 PRIEDAS. Programinio valdymo frezavimo ir tekinimo įrenginiai	126
3 PRIEDAS. Tekintojo pareiginė instrukcija	164
LITERATŪRA.....	174

IVADAS

Šiuolaikinis gyvenimas neįsivaizduojamas be kompiuterių, programų. Programos, palengvinančios žmogaus darbą, gyvenimą, mąstymą, apima labai daug sričių: pramonės, mokslo, transporto ir kt. Metalų apdirbimo pramonė taip pat nėra išimtis. Nesvarbu ar tai būtų didelė metalo apdirbimo gamykla, ar nedidelė dirbtuvė vienetiniams gaminiams, darbininkai jose dirba su metalo apdirbimo pramonėje sparčiai išplitusiomis kompiuterinio programinio valdymo staklėmis (*Computer Numerical Control CNC*). Šios staklės skiriasi nuo tradicinių tuo, kad jų technologinių galimybių išnaudojimas priklauso ne nuo staklės prižiūrinčio darbininko, o nuo programuotojo įgūdžių. Staklių valdymo programas galima ruošti prie staklių (nestabdant kitų programų darbo) arba kompiuterių įvairiomis programomis, pvz.: (*Mastercam, EdgeCam, MTS*), kurių pagalba programas galima patikrinti virtualiai, t. y. neįtvirtinus ruošinio.

Daugelis metalo apdirbimo įmonių prieš priimdamos inžinierius ar darbininkus kelia reikalavimus, kad kiekvienas šiuolaikinis technologas turėtų darbo su CNC staklėmis patirties ir įgūdžių rengiant CNC staklių programas. Todėl išryškėja viena iš problemų, ribojančių įmonių, kurios gamyboje nori naudoti CNC apdirbimo centrus, paplitimą, kadangi Lietuvoje yra operatorių stoka. Dažna to priežastis, kad daugelis vyresnio amžiaus staklininkų, kurie didžiąją gyvenimo dalį dirbo prie rankinio valdymo staklių, bijo pereiti nuo rankinio valdymo įrenginių prie programinių staklių.

Lietuvoje tiek universitetų, tiek kolegijų ar profesinių mokyklų studijų programose CNC centrų programavimui nebuvo skiriama daug dėmesio, todėl daugelis specialistų apie CNC centrų programavimą nieko neišmano.

Norint išmokti gerai programuoti CNC apdirbimo centrus, reikėtų pradėti nuo literatūros, skirtos CNC staklių programavimui. Šios literatūros Lietuvoje vis daugėja. Ne išimtis ir šis konspektas, kuris tiek supažindins, tiek padės suprasti, kaip programuoti stakles ir kas tai yra programavimas.

1. PROGRAMAVIMO YPATYBĖS IR KALBA

Daugelis CNC staklių veiksmų ir judesių yra labai panašūs ir įprastinėse rankinio valdymo staklėse, tačiau jomis daugiau judesių ir veiksmų atlieka pats operatorius, o programinio valdymo staklės pačios tai atlieka pagal programą. Dažniausiai programuotojas arba technologas sukuria staklių veiksmų eiliškumą ir parašo jį CNC staklių valdymo sistemai suprantama forma, kaip ir dirbant įprastomis rankinėmis staklėmis be programos. CNC staklės turi atlikti pagrindinius judesius (pjovimo, pastūmos), pagalbinus judesius (pvz., įrankio priartėjimo) ir veiksmus (pvz., įjungti drožlių konvejerį, TAS siurbį).

CNC staklėms programos dažniausiai rašomos EIA/ISO, EIA – 274D arba G/M kodais. Ši programavimo kalba yra standartinė, ją kuriant dalyvavo kompanija „Fanuc“ (viena didžiausių CNC valdymo ir kontrolės sistemų gamintojų iš Japonijos) ir JAV organizacija „Electronic Industries Alliance“ ir „International Standardization Organization“. Daugelyje CNC sistemų „Fanuc“ kalba vartojama tiesiogiai. Keletas gamintojų „HAAS“ G/M kodus naudoja kaip pagrindinę kalbą, bet kartu jie turi vaizdinių sąsajų programuoti standartinėms operacijoms. Kai kurie gamintojai gali apsieiti be G/M kodų, tačiau jais naudotis galimybė paliekama. Šie gamintojai siūlo savo „vedlio“ tipo vaizdines programavimo sąsajas (pvz., „Mazak“ Mazatrol.)

Reikia nepamiršti, jog ši kalba, kaip ir kitos programavimo kalbos, buvo tobulinama ir dažnai senesnės staklių valdymo sistemos nesupranta kai kurių naujesnių kodų, nors staklių gamintojas gali būti toks pats. Kadangi standartas reglamentuoja tik pačius pagrindinius kodus, dažnai skirtingų valdymo sistemų gamintojų kodai nesutampa. Todėl pirmas žingsnis prieš pradėdant dirbti CNC staklėmis visada yra pažintis su staklių operatoriaus vadovu.

Programuojant G/M kodais reikia žinoti jų reikšmes: G – valdo staklių vykdymo junginių poslinkius, o M – įvairias staklių funkcijas (pvz., įjungia drožlių konvejerį, paleidžia sukį ir kt.). Taip pat gali būti naudojami ir kiti kodai: F (pastūmos), S (suklio sūkių), T (įrankių). Parengti valdymo programą yra keturi būdai:

1. Sukuriant programą kompiuteriu, panaudojant CAM sistemas, tokias kaip EdgeCam, MasterCam ir kt.
2. Sukurti programą kompiuteriu panaudojant teksto redaktorius, pvz., Notepad.
3. Sukurti programas naudojant siūlomus vaizdinio rengimo („vedlio tipo“) redaktorius.

Programa rašoma programinio valdymo įrengimo vaizduoklyje.

4. Sukurti programą naudojant įrengimo valdymo pulto klaviatūrą. Programa rašoma programinio valdymo įrengimo vaizduoklyje.

Ketvirtuoju būdu rengiamos programos dažniausiai skirtos dviejų ašių tekimo staklėms ir trijų ašių frezavimo staklėms, kai vienu metu valdomos dvi ašys. Tačiau šis būdas turi trūkumų:

1. Reikia atlikti nemažai skaičiavimų, nustatinėjant įrankių judesių trajektorijų taškų koordinates, todėl galima suklysti. D4l 6ios priežasties naudojami specialūs gamintojų skaičiuotuvai, kurie integruoti įrenginyje.

2. Nepatogu redaguoti programas, kadangi nėra patogių kompiuterinių įvesties įtaisų, pvz., pelės. Dėl šios priežasties naršyti tarp programų eilučių, žymėti elementus ar juos pakeisti yra sunkoka. Daugelis CNC staklių gamintojų dirba, norėdami palengvinti redagavimo procesą.

Pats geriausias būdas sukurti programą yra pirmasis metodas. Pavyzdžiui, dirbant CAD programomis (AutoCad, SolidWorks ir kt.) 3D aplinkoje sudarytas detalės modelis atidaromas CAM terpėje, orientuojamas pagal staklių ašis, paskiriamos technologinės pakopos, pjovimo režimai, įrankiai, sugeneruojama valdymo programa G/M kodais atitinkamam įrengimui.

Modeliuoti galima ir CAM terpėje, tačiau CAD sistemos turi geresnius braižymo sistemos įrankius. CAM sistemose sudarytos programos perkeliamos į CNC įrenginį, operatoriui belieka įtvirtinti ruošinį įtaise ir suderinti koordinačių sistemos taškus. CAM sistemose išvystytos ypač geros 3D simuliacijos programos, kurios padeda išvengti galimų klaidų.

Antruoju būdu programos rengiamos G/M kodais kompiuterio pagalba, naudojant teksto redaktorių „Notepad“. Parengta programa iš kompiuterio pernešama į staklių valdymo įrenginį.

Trečiasis būdas pranašesnis, kai programa rengiama tipinėms detalėms (laiptuotiems velenams, detalėms, kurios turi n skylių, kurios išdėstytos tam tikru spinduliu nuo centro pagal apskritimą). Šio metodo galimybės ribotos ir priklauso nuo gamintojo (nuo jo siūlomo „vedlio“). Ne visoms detalėms tokiu būdu galima parengti programą. Šį metodą galima taikyti ir staklių darbo metu, kai staklėmis apdirbama detalė pagal vieną programą, galima rengti kitai detalei apdirbti reikalingą programą.

Taigi, valdymo programa reikalinga valdyti staklių junginių su įrankiais ir ruošiniais poslinkius. Poslinkiai vyksta koordinačių sistemoje nuo vieno taško, kurio koordinatės žinomos, iki kito taško, kurio koordinatės taip pat nurodomos programoje.

Savikontrolės klausimai

1. Kokius žinote programų rengimo metodus? Trumpai apibūdinkite kiekvieną.
2. Kokius žinote programų rengimo metodų privalumus ir trūkumus?
3. Kokia pagrindinė kalba naudojama CNC staklių programoms rengti?

2. MECHANINIO APDIRBIMO STAKLĖS

2.1. Tradiciniai medžiagų apdirbimo būdai

Žmonija jau tūkstančius metų tobulina minkštesnės medžiagos pjovimą ir kietesnės medžiagos apdirbimą pjovimo įrankiu. Laikui bėgant universaliąsias tekinimo, frezavimo, pjovimo stakles, kuriomis dirbant darbininkai detalę pagamindavo per ilgą laiką, pakeitė kompiuterinio programavimo staklės (CNC). Tai labai palengvino ir pagreitino detalių gamybą, būtent todėl atsirado galimybė gaminti sudėtingas detales.

Tradiciniais medžiagų apdirbimo būdais galima pavadinti: a) tekinimą universaliomis, paprastomis, specializuotomis staklėmis; b) frezavimą staklėmis su dalijimo galvute, universaliomis, plataus universalumo konsolinėmis, plataus universalumo bekonsolinėmis, karuselinėmis, būgninėmis staklėmis; c) pjovimą vandens srove.

2.2. CNC tekinimo staklės

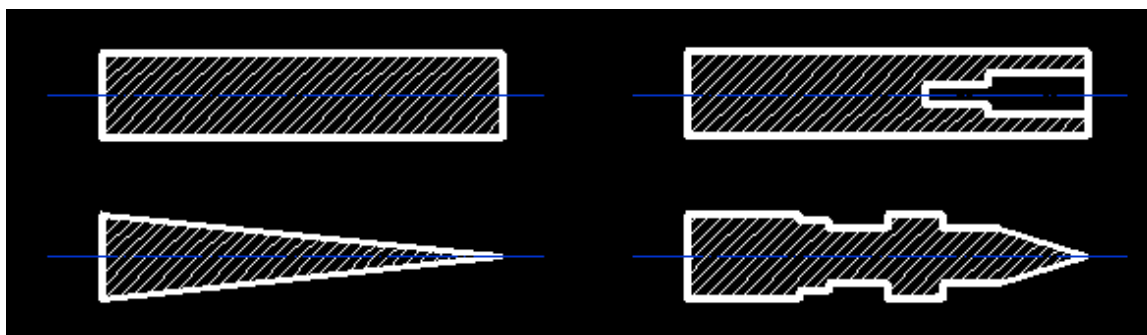
Tekinimo staklių pasirinkimas labai didelis, pagal tam tikrus požymius jos skirstomos:

1. Pagal valdymo tipą:
 - rankinio;
 - automatinio;
 - kombinuoto;
 - programinio.
2. Pagal universalumą:
 - paprastos;
 - universalios;
 - specializuotos.
3. Pagal špindelių skaičių:
 - vienašpindelės;
 - daugiašpindelės.
4. Pagal špindelio padėtį:
 - horizontalias;
 - vertiklias.
5. Pagal tikslumo laipsnį:

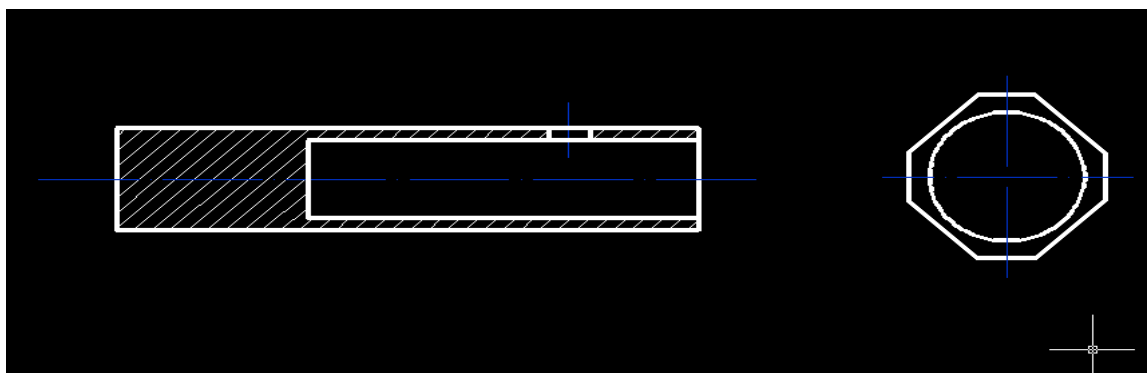
- normalaus;
- didesnio;
- idelio;
- labai didelio;
- ypač didelio.

6. Pagal įrankio būseną darbo metu:

- su pasyviais įrankiais (2.2.1 pav.);
- su aktyviais įrankiais (2.2.2 pav.).



2.2.1 pav. Tekinimo staklėmis su pasyviais įrankiais apdirbamų paviršių pavyzdžiai. Apdirbami paviršiai yra sukimosi kūnai, jų sudaromosios gali būti tiesės arba kreivės.



2.2.2 pav. Tekinimo staklėmis su aktyviais įrankiais apdirbamų paviršių pavyzdžiai. Kiaurymių gręžimas statmenai detalės sukimosi ašiai, kiaurymių gręžimas, kurių ašis lygiagreti detalės sukimosi ašiai, bet su ja nesutampa. Galima atlikti ir frezavimo darbus. Su tokiomis staklėmis išvengiama bazavimo paklaidų, pasiekiamas didesnis apdirbimo tikslumas. Šiose staklėse pagrindinis pjovimo judesys suteikiamas ir įrankiui, ir apdirbamai detalei.

Tekinimo staklėse naudojama papildoma įranga: liunetai ir centrai. Ši įranga naudojama apdirbant ilgesnes detales tam, kad sumažintų detalių deformacijas, kurios atsiranda dėl pjovimo jėgų

poveikio. Apdirbta detalė tvirtinama iš galo, centras įtvirtinamas kūginėje arkliuko pinolės kiaurymėje. Centrai būna kelių tipų:

- pastovūs;
- besisukantys.

Kai reikia apdirbti ilgas detales, jų galinius paviršius, naudojamas nejudamas liunetas, tvirtinamas nejudamai ant išilginių staklių kreipiančiųjų. Šio tipo liunetas turi tris atramas. Apdirbant ypač ilgas detales jos centro pagalba tvirtinamos iš galo ir papildomai tvirtinamos liuneto pagalba. Šiuo atveju naudojamas judantis liunetas, kuris tvirtinamas ant staklių suporto. Toks liunetas turi dvi arba tris atramas.

Apdirbamoms detalėms staklėse įtvirtinti naudojami griebtuvai, kurie būna:

- dviejų kumštelių;
- trijų kumštelių;
- keturių kumštelių;
- šešių kumštelių.

Griebtuvo kumštelių užspaudimas gali būti atliekamas:

- rankiniu būdu;
- pneumatinės pavaros pagalba;
- hidraulinės pavaros pagalba.

Programinio valdymo staklėse griebtuvo kumšteliai dažniausiai užspaudžiami automatiškai. Kai detalių gamybai naudojami kalibruoti ruošiniai, jų įtvirtinimui naudojami canginiai griebtuvai. CNC staklės – tai staklės, turinčios skaitmeninį programinį valdymą (SVP), automatinį įrankių keitimo įrenginį ir skirtos atlikti didelį kiekį įvairių technologinių operacijų neperstatant apdirbamų detalių.

CNC staklės turi tikslias kompensavimo sistemas, leidžiančias sutaupyti paruošimo laiką ir išvengti klaidų. Taip pat turi galimybę kompensuoti įrankio nudilimą. Tai pasiekama tik matuojant matmenis. Staklėse sumontuotos matavimo galvutės išmatuoja apdirbamos detalės matmenis ir perduoda informaciją į procesorių, kuris, apdorojęs gautus rezultatus, numato būtiną automatinį kompensavimą, kad kitos apdirbtos detalės matmenys būtų tikslūs.

Šiomis staklėmis dažniausiai atliekami šie darbai: išorinių ir vidinių cilindrinų, kūginių, fasoninių bei galinių paviršių tekinimas, išorinių ir vidinių sriegių pjovimas, atpjovimas, griovelių įpjovimas, skylių gręžimas, gilinimas, plėtimas. Šių staklių ypatumas – didelė atliekamų technologinių operacijų koncentracija, didelis pjovimo įrankių skaičius, aukštas tikslumas, esami automatiniai ruošinių ir įrankių keitimo įrenginiai (2.2.3 pav.).



2.2.3 pav. Emco turn 900: skersinis judesys (X) 400 mm, išilginis judesys (Z) 1000 – 2000 mm, suklinė galvutė 40/60 kW, įrankių pavara 8 kW, greita eiga X/Z 10 m/min.

Taip pat yra tokių staklių, kurios turi du suklius, dvi revolverines galvutes. Šios staklės vienu metu gali mechaniškai apdoroti dvi detales, darbo našumas padidėja du kartus (2.2.4 pav.). Dviejų suklių tekimo staklėmis galima gaminti detales iš strypinės medžiagos, šampuotų arba pjovimo būdu apdirbtų ruošinių. Pagal veikimo principą galima suskirstyti į nuoseklus, lygiagrečius ir lygiagrečiai nuoseklus veikimo. Nuoseklus veikimo staklėse ruošinys apdirbamas daugeliu pjovimo įrankių visose pozicijose iš eilės. Lygiagrečius veikimo staklėse ruošiniai apdirbami vienu metu tokiais pat įrankiais per vieną darbo ciklą.

Lygiagrečiai nuoseklus veikimo staklėmis ruošiniai apdirbami dvigubu ciklu, t. y. du ruošiniai, įtvirtinti gretimuose sukliuose, praeina tokį patį nuoseklų apdirbimą kitose pozicijose.



2.2.4 pav. Twin 102 programinio valdymo tekimo staklės su dviem sukliais

Vieni iš geresnių CNC universalių tekimo staklių gamintojai yra Deckel Maho Gildemeister. Jie gamina stakles pritaikytas ne tik paprastam plienui apdirbti, bet ir spalvotiems metalams, grūdintam plienui bei sunkiai apdirbamiems metalams. (2.2.5 pav.)



2.2.5 pav. CTX beta 800 universalios tekimo staklės

Pagrindiniai šių staklių privalumai:

- aktyvūs įrankiai;
- aukšta dinamika, puikus C ašies valdymas;
- riedėjimo kreipiančiosios;
- maža trintis ir dilimas;
- CNC programiškai valdomas detalės užspaudimas;
- trumpas derinimo laikas naujam gaminiui;
- arkliuko pozicionavimas su M funkcija;
- didesnės galimybės naudojant arkliuką;
- platus konstrukcijų spektras;
- SlimLine valdymo pultai;
- 3D interaktyvus programavimas;
- geras sudėtingų kontūrų vaizdumas.

CNC staklių gamintojai pasistengė ir sukūrė tokių staklių mokymosi tikslams. Jos turi visas gamyboje naudojamų staklių funkcijas, tačiau yra daug mažesnės ir nereikalauja labai didelės laboratorijos. Programų sudėtis lygiai tokia pati, kaip ir naudojamų gamyboje.

2.2.1 Skaitmeniniai programiniai valdikliai (CNC)

Skaitmeninio valdymo staklių savybės

Daugiau kaip 70 % gaminių mašinų gamyboje gaminama smulkiaserijinės ir serijinės gamybos įmonėse. Efektinga smulkiaserijinės ir serijinės gamybos automatizacijos priemonė yra metalo pjovimo staklės su skaitmeniniu programiniu valdymu. Programinės staklės yra galingesnės, tikslesnės ir standesnės už universaliąsias stakles, dėl to jomis galima dirbti našesniais režimais ir didesniu darbo

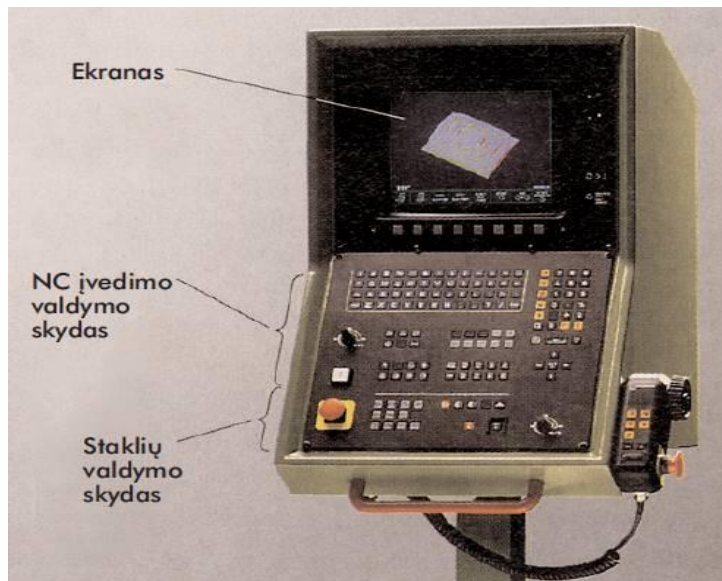
tempu negu universaliosiomis staklėmis. Taikant programinį valdymą galima: automatizuoti apdirbimo procesą, sutrumpinti staklių derinimo laiką, organizuoti daugiastaklį aptarnavimą serijinėje ir smulkiaserijinėje gamyboje, pakelti darbo našumą, gamybos kultūrą ir pagerinti apdirbamų detalių kokybę. Programinio valdymo metalo pjovimo staklių racionalaus eksploatavimo uždavinys yra tas, kad esant minimaliai staklių eksploatacijos kainai, būtų galima ilgai be gedimų apdirbti detales, pasiekiant nustatytą našumą, apdirbtojo paviršiaus tikslumą ir šiurkštumą. Patyrimas rodo, kad perėjus nuo apdirbimo universaliosiomis tekinimo staklėmis prie programinių tekinimo staklių, darbo našumas išauga du, tris kartus, o naudojant apdirbimo centrus – penkis, šešis kartus. Programinėse staklėse, priklausomai nuo jų technologinių galimybių, galima atlikti daug ir sudėtingų technologijos pakopų. Geriausia, kai partijos dydis yra toks, kad per paminą staklių nereikia perderinti daugiau kaip vieną arba du kartus.

Skaitmeninio valdymo staklės (NC staklės) yra pajėgios vykdyti raidėmis ir skaičiais užkoduotas komandas (2.2.1 lentelė). Pirmosiose skaitmeninio valdymo staklėse programų komandos buvo įvedamos perfokortomis arba perfojuostomis. Komandos staklėms negalėjo būti keičiamos. Tuo tarpu CNC valdikliuose, naudojančiuose mikroprocesorius, valdymo komandos gali būti keičiamos bet kuriuo metu. Pakeitimai, kurie buvo atlikti staklėse siekiant optimizuoti programą, valdiklyje gali būti įsimenami. Naudojant DNC valdiklius, programos iš centrinio kompiuterio valdo kelias NC stakles.

2.2.1 lentelė. Skaitmeninio valdymo būdai

Ženklas	Santrupa	Paaiškinimai
NC	Numerical Control	Skaitmeninis valdymas
CNC	Compiuterized Numerical Control	Skaitmeninis programinis valdymas
DNC	Direct Numerical Control	Kelios staklės, valdomos specialiu kompiuteriu

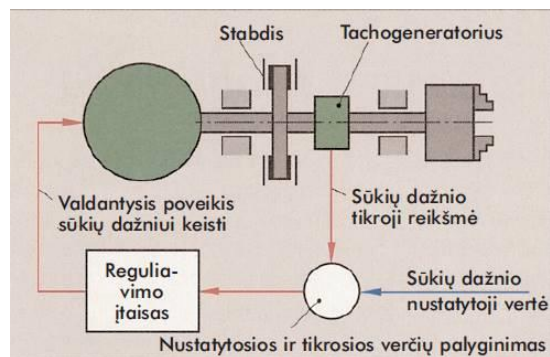
Programos CNC valdikliui perrašomos iš duomenų laikmenos arba įvedamos per valdymo skydą (2.2.1.1 pav.). Valdymo skydas yra suskirstytas į atskiras zonas. Ekrane matomi programų operatoriai, ašių padėčių reikšmės, vaizdai arba pagalbinis tekstas. Valdymo skydas, kuris dažnai turi abėcėlinę ir skaitmeninę klaviatūrą, skirtas programos rankiniam įvedimui. Valdymo komandos staklių funkcijoms, kaip antai, suklio paleidimas, sustabdymas ar avarinis išjungimas, įvedamos per staklių valdymo skydą.



2.2.1.1 pav. CNC valdiklio valdymo skydas

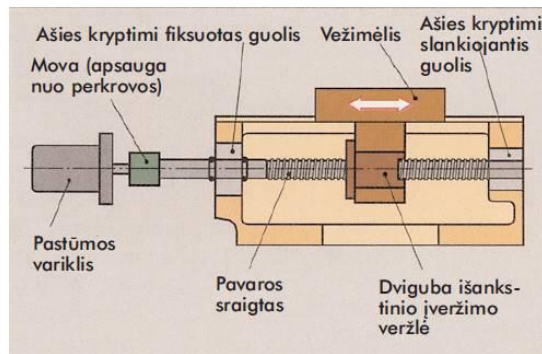
Pavaros. Pagrindinio suklio ir pastūmos pavarų sūkių dažnius galima reguliuoti tolydžiai.

Suklio pavara (2.2.1.2 pav.) Pagrindinio suklio pavarai naudojami trifaziai arba nuolatinės srovės varikliai su sūkių dažnio reguliavimu. Sūkių dažnis matuojamas tachogeneratoriumi. Pastarasis kaip sūkių dažnio matą generuoja išėjimo įtampą. CNC valdiklyje šis tikrasis sūkių dažnių dydis palyginimas su nustatyta sūkių dažnio verte ir, esant variklio nuokrypiams, atitinkamai jį pareguliuoja.



2.2.1.2 pav. Suklio pavara su sūkių dažnio reguliavimu

Pastūmos pavara (2.2.1.3 pav.) Pastūmos pavarai naudojami taip pat trifaziai arba nuolatinės srovės varikliai su sūkių dažnių reguliavimu. Mova su perkrovos apsauga tarp pavaros variklio ir pavaros sraigto sumažina pažeidimus susidūrimo atveju.

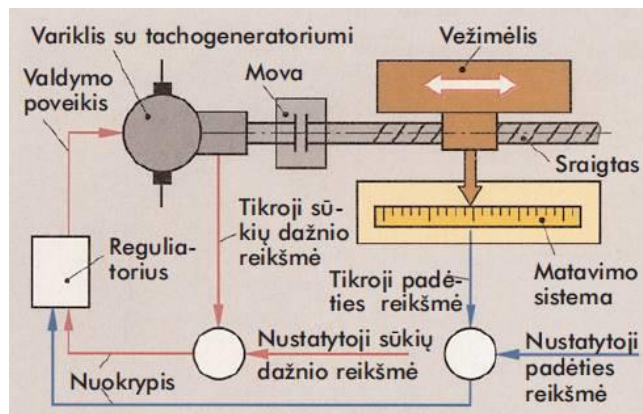


2.2.1.3 pav. Pastūmos pavara su pavaros sraigtu

Reikalavimai pastūmos pavaroms:

- atlaikyti dideles pastūmos jėgas į suportą;
- labai maži ir dideli pastūmos greičiai;
- atlaikyti didelius suporto pagreičius ir greitą padėties nustatymą;
- didelis pastūmos padėčių pakartojimo tikslumas;
- didelis standumas, kad būtų išlaikyta ašies padėtis.

NC pastūmų pavaroms sūkių dažnių reguliavimas papildomas padėties reguliavimu (2.2.1.4 pav.). Tam tikslui kiekviena ašis turi poslinkio matavimo sistemą.

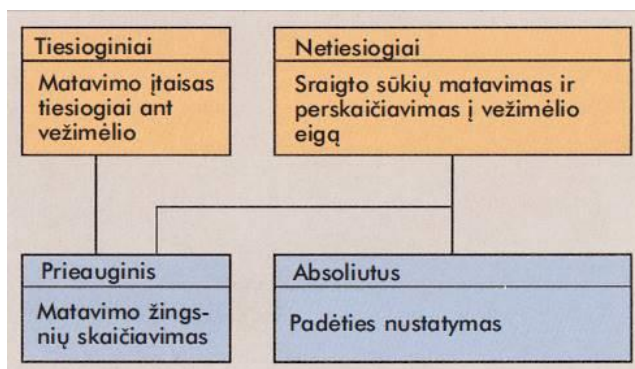


2.2.1.4 pav. Pastūmos pavaros padėties reguliavimo grandinė

2.2.2 Poslinkio matavimo sistemos

Poslinkio matavimo sistema yra padėties reguliavimo grandinės sudėtinė dalis. Staklių stalo arba įrankio padėties tikroji reikšmė matuojama ir palyginama su nustatyta reikšme. Pastūmos variklis valdomas tol, kol tikroji ir nustatytoji reikšmės susilygina. Poslinkio matavimo sistemos veikia skirtingais būdais (2.2.2.1 pav.). Pirmiausia jie skiriasi tikslumu, įmontavimo į stakles galimybe ir

kainomis. Tiksliausiai matuoja tiesioginio poslinkio matavimo sistemos. Dažniausiai naudojamos prieauginės poslinkio matavimo sistemos.

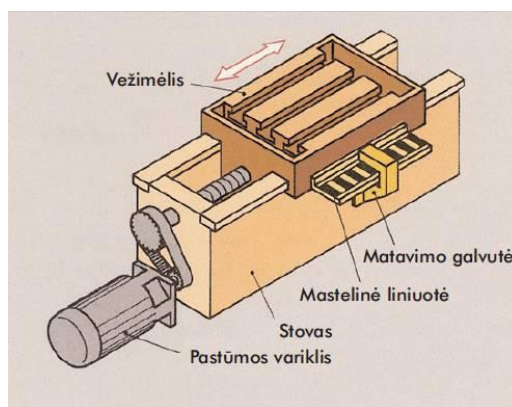


2.2.2.1 pav. Dažniausiai naudojamos poslinkio matavimo sistemos

Poslinkio matavimo sistemos tiekia induktyviai arba fotoelektriškai gautus matavimo signalus. Juos apdoroja CNC valdiklis. Fotoelektrinės poslinkio matavimo sistemos susideda iš mastelinės liniuotės arba mastelinio disko ir skaitymo įtaiso (matavimo galvutės).

Tiesioginis poslinkio matavimas (2.2.2.2 pav.).

Naudojant tiesioginį poslinkio matavimą, matavimo įtaisas pritvirtinamas ant vežimėlio, kurio padėtis turi būti nustatyta. Mastelinė liniuotė gali būti pritvirtinta ant vežimėlio, matavimo galvutė – ant nejudamo stovo arba atvirkščiai. Siekiant apsaugoti nuo užteršimo ir pažeidimo, matavimo įtaisas turi būti rūpestingai uždengtas.

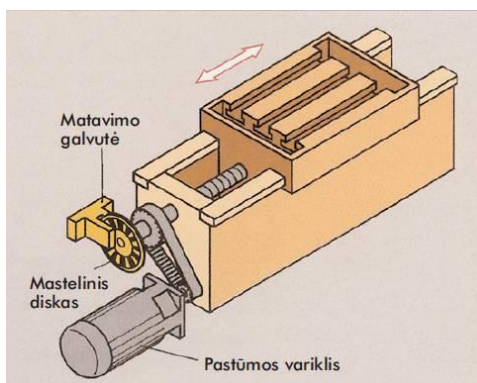


2.2.2.2 pav. Tiesioginis poslinkio matavimas

Netiesioginis poslinkio matavimas (2.2.2.3 pav.).

Sukamojo daviklio mastelinis diskas nejudamai sujungtas su pastūmos sraigto. Sukantis pastūmos varikliui, matavimo galvutė suskaičiuoja šalia skriejančio mastelinio disko brūkšnius ir sūkių skaičių. Pagal išmatuotų sūkių skaičių ir pastūmos sraigto žingsnį CNC valdiklis apskaičiuoja valdiklio

padėtį, sisteminių nuokrypį, pvz., dėl sraigto žingsnio paklaidos, gali išlyginti CNC valdiklio programinė įranga. Matavimo sistema yra nejautri užteršimui, nes ji gali būti visiškai hermetizuota.



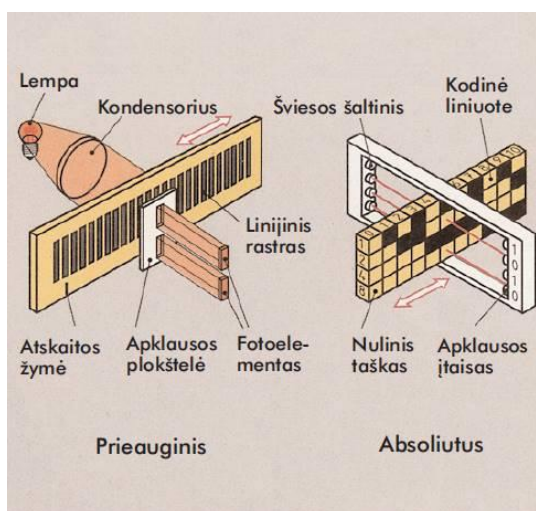
2.2.2.3 pav. Netiesioginis poslinkio matavimas

Prieauginės poslinkio matavimo sistemos (2.2.2.4 pav.).

Šiose matavimo sistemose, apklausiant brūkšninį rastrą, vienodo dydžio matavimo žingsniai (inkrementai) susumuojami arba atimami. Skaičiavimo impulsų suma atitinka vežimėlio poslinkį. Lygiagrečiai brūkšniniam rastrui žinomoje padėtyje esti uždėtos atskaitos žymės, kad dingus srovei arba įjungus stakles būtų galima nustatyti vežimėlio padėtį. Prieauginėse poslinkio matavimo sistemose, įjungus maitinimo įtampą, pirmiausia turi būti nustatoma atskaitos žymė.

Absoliučios poslinkio matavimo sistemos (2.2.2.4 pav.).

Absoliučiose poslinkio matavimo sistemose kiekvienam padalos žingsniui priskiriama tiksli skaitinė reikšmė. Apklausos įtaisas, skaitydamas šviesai laidžias ir nelaidžias žymes ant liniuotės, nustato vežimėlio padėtį. Įjungus maitinimo įtampą, staklių ašies padėtis, nepasiekusi atskaitos žymės, lieka nepakitusi.



2.2.2.4 pav. Prieauginis ir absoliutus poslinkio matavimas

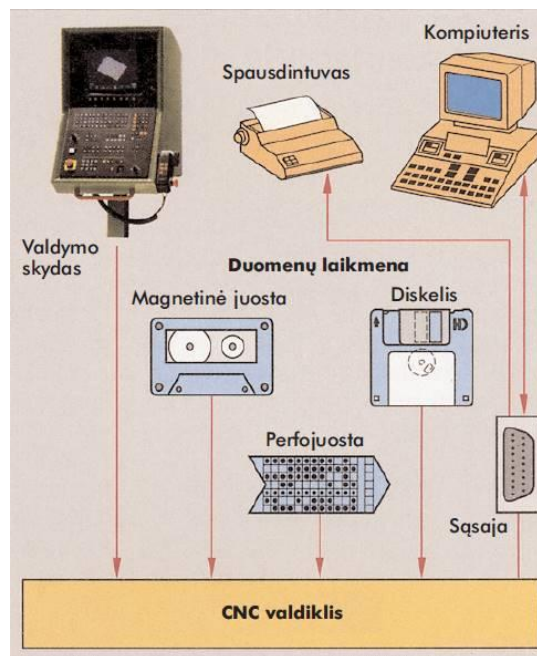
CNC valdiklio sandara ir uždaviniai.

Svarbiausi CNC valdiklio uždaviniai yra duomenų įvedimas, įsiminimas, apdorojimas, išvedimas bei pastovi reguliavimo proceso kontrolė, pvz., nustatyto sūkių dažnio arba vežimėlio padėties išlaikymas.

Duomenų įvedimas (2.2.2.5 pav.) programuotojo sudarytas detalių programų arba programų pakeitimo įvedimas gali būti atliekamas:

- ranka su valdymo pulto klaviatūra;
- duomenų laikmenomis;
- sąsajos (kištukinės jungties) būdu.

Duomenys laikomi elektroniniuose atminties moduluose.



2.2.2.5 pav. Duomenų įvesties ir išvesties galimybės

Duomenų apdorojimas. Tam tikslui valdiklis turi kelis mikroprocesorius. Duomenų apdorojimui priskiriama, pvz., įrankio trajektorijos apskaičiavimas bei nuolatinis matavimo duomenų apskaičiavimas pastūmos variklių padėčiai reguliuoti.

Duomenų išvedimas.

Duomenys staklėms išvedami per suderinimo modulį (adapterį). Jis valdymo signalus sustiprina ir pakeičia taip, kad jie galėtų valdyti variklius, ventilius ir kitas vykdymo grandis. Be to, per sąsajas galima išvesti duomenis (programas, darbinius duomenis).

Gamybos su CNC valdomomis staklėmis privalumai.

NC staklės, palyginti su įprastomis staklėmis, turi esminių privalumų. Be to, dar padidėja našumas tobulinant valdiklius, NC staklių įrankius ir pjovimo medžiagas.

CNC gamybos privalumai:

- nekintantis, didelis gamybos tikslumas;
- trumpas gamybos laikas;
- galima sudėtingų detalių gamyba;
- paprastas pjovimo proceso optimizavimas;
- paprastas įsimintųjų programų pakartojimas;
- geros automatizavimo galimybės;
- galimas grupinis staklių aptarnavimas.

Šiuolaikinės programinio valdymo tekinimo staklės būna įvairių konstrukcijų, jų kreipiamosios gali būti pasvirusios arba vertikalios, jos gali turėti revolverines galvutes arba keičiamųjų peilių bloką mazgus, leidžiančius keisti peilius pagal programą. Staklėse įrengtos kontrolinės programinio valdymo sistemos su tiesiniais apskritimais interpoliatoriais, sriegio sriegimo įrengimais, suteikiančiais staklėms dideles technologines galimybes. Staklėmis galima apdirbti sudėtingo profilio ruošinius, sriegti sriegį, koreguoti įrankio pjovimo briaunos padėtį. Kai kurios programinės tekinimo staklės turi papildomus skersinio tekinimo ir frezavimo įrengimus. Staklės yra standžios. Įrankiai reikiamam matmeniui derinami optiniame prietaise. Derinimo paklaida, įskaitant ir įtvirtinimą staklėse, paprastai neviršija $\pm 0,02$ mm. Apdirbant programinio valdymo tekinimo staklėmis pasiekiamas 7 tikslumo kokybės ir $Rz=6...12$ μm paviršiaus šiurkštumas. Apdirbus sudėtingus paviršius, gaunamas $Rz=20$ μm paviršiaus šiurkštumas. Įsriegto sriegio tikslumas būna 4h...6g.

2.3. CNC frezavimo staklės

Frezavimo staklės užima antrą vietą pagal svarbumą mašinų gamyboje ir medžiagų apdirbime po tekinimo staklių. Frezavimo staklėmis formuojami įvairūs detalių paviršiai: plokšti, cilindriniai, kūginiai ir įvairūs nelinijiniai, pavyzdžiui, horizontalūs, vertikalūs arba nuožulnūs detalių paviršiai,

tiesūs arba sraigtiniai grioveliai, krumpliaračių krumpliai, šampų kontūriniai ir reljefiniai paviršiai ir t.t.

Frezavimo staklės pagal įvairius požymius skirstomos:

1. Pagal konstrukciją:
 - vienos kolonos;
 - dviejų kolonų;
 - konsolinės;
 - bekonsolės.
2. Pagal špindelio padėtį:
 - vertikalias;
 - horizontalias.
 - su keičiama špindelio padėtimi;
3. Pagal špindelį skaičių:
 - vienašpindelines;
 - daugišpindelines.
4. Pagal universalumą:
 - universalias;
 - paprastas;
 - specialias.
5. Pagal valdymo tipą:
 - rankinio;
 - automatinio;
 - programinio;
 - mišraus.

Frezavimo staklėse pagrindinis pjovimo judesys suteikiamas įrankiui įtvirtintam špindelyje. Tiesinis pastumų judesys gali būti suteikiamas apdirbamai detalei, įtvirtintai ant staklių stalo, taip pat gali būti mišrus. Be tiesinio pastūmos judesio apdirbamai detalei arba špindelio galvutei gali būti suteikiamas ir sukamasis pastūmos judesys.



2.3.1 pav. Penkių ašių linijinio frezavimo centras Emco Linearmill 600

CNC Frezavimo staklėmis apdirbamų detalių įtvirtinimui naudojami įvairūs būdai ir priemonės. Jeigu detalės yra didelių matmenų, jos specialiais prispaudėjais tvirtinamos ant staklių stalo. Smulkesnėms detalėms įtvirtinti naudojami spaustuvai. Detalės, kurios apdirbimo metu turi būti sukamos, tvirtinamos ant pasukamų stalų arba dalijimo galvučių griebtuvuose. Ypač ilgose detalėse papildomai tvirtinamos liuneto pagalba.

Vertikalūs apdirbimo centrai Emco Mc 1200 (2.3.2 pav.).



2.3.2 pav. Vertikalus frezavimo centras Emco Mc 1200

Tinka įvairiems detalių paviršiams, esantiems įvairiose plokštumose ir pasvirusiais įvairiais kampais apdirbti. Jomis galima atlikti ir kitus darbus: ištekimo darbus, sraigtinių paviršių frezavimo, gręžimo ir t. t.

Vertikalūs apdirbimo centrai su linijiniais varikliais X ašyje privalumai:

Ilgiausia ašis – maksimaliai sutaupoma laiko.

Linijiniai varikliai ir matavimo sistema patalpinti aukščiau už darbinės zonos ir dėl to gerai apsaugoti nuo drožlių ir aušinimo skysčio.

Standartinis suklys su 12.000 aps/min (100 Nm) arba su 8.000 aps/min ir 200 Nm. 30 vietų įrankių dėtuve ne darbinėje zonoje.

Mažas aptarnavimo poreikis dėl pastovaus automatinio visų mazgų tepimo. Standus staklių korpusas nereikalauja specialaus pamato. Staklės bazuojamos 3 taškais.

2.4. Baigiamojo apdirbimo staklės

Baigiamojo apdirbimo staklių didelė įvairovė. Baigiamojo apdirbimo tipą renkamės pagal nurodytus šiurkštumo parametrus brėžiniuose.

Vidinio šlifavimo staklės naudojamos, kai reikia glotniai apdirbti vidinius paviršius. Apvalaus šlifavimo staklės naudojamos apvalių ir kūginių paviršių, galų, kūginių kiaurymių šlifavimui. Plokščiojo šlifavimo staklės (2.4.1 pav.) naudojamos glotniai apdirbti plokščius paviršius. Tikslaus šlifavimo staklės naudojamos šlifavimui, skutimui, graviravimui, frezavimui ir tekinimui. Jomis atliekamas aukštas apdirbimo tikslumas iki 0.01 mm. Tokiose staklėse šlifavimo suklys dažniausiai sukasi preciziniuose guoliuose, naudojama optinė atskaitos sistema. Taip pat gaminamos didelio tikslumo automatinės, becentrinio šlifavimo staklės, juostinės šlifavimo staklės, kombinuotos šlifavimo staklės.



2.4.1 pav. Plokščiojo šlifavimo staklės Dominator 624 (gamintojas Jones & Shipman)

Visiškai nauja paviršiaus šlifavimo technologija įdiegta techniškai pažangiose, tiksliose paviršiaus ir profilio šlifavimo staklėse Dominator. Kadangi čia nėra slankiojančiojo stalo ir šlifavimo galvutės kolonos, tai suteikia didelių privalumų struktūrinio tvirtumo ir staklių dinamikos atžvilgiu.



2.4.2 pav. Cilindrinės šlifavimo staklės

Apdirbant detales honingavimo staklėmis, abrazyvinis įrankis yra strypelio formos. Įrankiui suteikiamas slankiojamasis judesys, lengvai prispaudžiant jį prie apdirbamo paviršiaus. Kad nesusidarytų griovelis, įrankiui suteikiamas ir skersinis judesys statmenai slankiojamojo judesio kryptčiai. Dažniausiai procesas naudojamas galutinai apdirbant skyles, išbaigiami vidaus degimo variklių, kompresorių, hidraulinių cilindų ir kitokių detalių cilindriniai vidiniai paviršiai.

Savikontrolės klausimai

1. Kokius žinote tradicinius medžiagų apdirbimo būdus?
2. Apibūdinkite tekimo stakles su aktyviais įrankiais.
3. Koku tikslu naudojamos baigiamojo apdirbimo staklės?
4. Kiek daugiausiai ašių gali turėti frezavimo staklės?
5. Kaip tvirtinamos detalės frezavimo staklėse?
6. Koku tikslumu galima apdirbti detales šlifavimo staklėmis?

3. STAKLIŲ VALDYMO PROGRAMOS. SUDĖTIS IR KODAI

3.1. Programos sudėtis

CNC staklių valdymo programą sudaro nuosekliai išdėstytos staklių komandos, kurias staklės turi įvykdyti, kad apdirbtų ruošinį ir gautų reikiamų matmenų detalę. Programos turi būti rašomos suprantama staklių valdymo sistemai kalba. Dažniausiai programoms rengti vartojama G&M kodų programavimo kalba. G/M kodų kalba nėra visiškai standartizuota, kai kurių gamintojų valdymo sistemos gali nesuprasti kai kurių G arba M kodų, suprantamų kitoms sistemoms, tačiau pagrindai – tokie patys. Programos struktūra ir formatas nesikeičia.

3.2. Pagrindinės programos struktūra

CNC įrenginių programuotojai turi savo terminologiją, sąvokas, posakius. Visi jie susiję su programos sandara. Programuojant CNC įrenginius G/M kodais vartojami keturi terminai:

Ženklas – Žodis – Eilutė – Programa.

Ženklas – trumpiausias programos vienetas. CNC įrenginių valdymo programose naudojami trijų tipų ženklai: skaičiai, raidės, simboliai. 26 anglų kalbos abėcėlės raidės yra staklių valdymo pulte ir gali būti naudojamos programoms rašyti. Tačiau dažniausiai vartojamos raidės G ir M (G/M kodai prasideda šiomis raidėmis), S (suklio apsisukimai), F (pastūma), T (įrankis), P (pauzė), X, Y, Z, A, B, C (atitinkamos ašys), N (programos eilutės numeris), H (įrankio ilgio kompensacija frezavimo staklėse). Programos dažniausiai ruošiamos naudojant didžiąsias raides. Jeigu programuojant abejojame ar mažąją, ar didžiąją raidę naudoti, geriau pasirinkti didžiąją. Kiti dažniau naudojami simboliai: minuso ženklas, pliuso ženklas, skliaustai, procento ženklas ir kt.

Žodis. Dažniausiai kiekvienas žodis pradedamas didžiosiomis raidėmis ir po jo seka skaičius. Žodis sudaro programinio valdymo įrengimo komandą. Žodžiai programose nusako: suklio sūkius (pvz., S1500 – suklio sūkliai 1500 sūk./min), įrankio numerį (pvz., T02 antrasis įrankis), pastūmą (pvz., F0.2 – pastūma 0,2 mm/sūk.), G kodą (pvz., G03 - Apskritiminės interpoliacijos judesys prieš laikrodžio rodyklę), M kodą (pvz., M03 - Suklio sukimasis į priekį) ir kt. Kad programa būtų patogiau skaitoma, žodžiai atskiriami tarpais.

Eilutė – ją sudaro vienas ar keli žodžiai, kurie sudaryti iš keturių ženklų. Kitaip sakant, eilutė – sudėtinė komanda arba komandų, kurios atliekamos kartu, serija. Kiekviena eilutė turi būti atskirta nuo

kitų eilučių. Jeigu programuojama kompiuteriu eilutė atskiriama mygtuku „Enter“, jeigu staklių valdymo pultu – mygtuku „End-of-block“.

G03 X45.0 Z-39.0 R1.5 F0.15 Programos eilutė sudaryta iš penkių tarpais atskirtų žodžių. Ši eilutė užprogramuoja tekimo stakles apskritiminės interpoliacijos judesiui prieš laikrodžio rodyklę, X koordinatės 45, Z -39, spindulys 1.5, pastūma 0.15. Programų eilutėse galima rašyti komentarus, reikalingus operatoriaus dėmesiui atkreipti, (pvz., informacija apie įrankius). Komentaruose galima vartoti tik lotyniškos abėcėlės raides. Kad būtų aiškiau ir informatyviau, jas privalome naudoti konspekte.

Programa – sudaroma iš atskirų eilučių, kurios išdėstomos viena po kitos logine tvarka. Programa prasideda pavadinimu, o baigiasi pabaigos kodu. Suteikiant programai pavadinimą, naudinga tokiu pavadinimu ją išsaugoti CNC įrengimo valdymo atmintyje.

Programavimo formatas – CNC sistemose naudojamas formatas, kai žodį sudaro viena raidė ir vienas arba keli skaitmenys. Šį derinį galima papildyti ženklais (pvz., minuso ženklas, taškas, procento ženklas ir pan.). Taip sudaromi žodžiai, kuriuose yra kreipinys, po jo seka skaičius su simboliais arba be jų. Kreipinio paskirtis – kreiptis į specialų registrą programinio valdymo įrenginio atmintyje. Kreipinys privalo būti užrašomas pirmas, kaip anksčiau nagrinėtame pavyzdyje užrašyta X45, o ne 45X. Antrasis variantas neteisingas ir įrengimo valdymo sistema tokios komandos nevykdyt. Žodžiuose draudžiama atskirti raides nuo skaičių tarpais (pvz., X 45), galima atskirti tik žodžius. Skaičius žodyje, esantis po raidės, parodo numerį arba skaitinę vertę, jo reikšmės gali labai skirtis. Gali reikšti eilutės numerį, kai yra po raidės N (sveikasis skaičius), po raidžių G arba M – kodo numerį (sveikasis skaičius), įrankio numerį – po raidės T (sveikasis skaičius); pastūmą, mm/min arba mm/sūk. – po raidės F (nebūtinai sveikasis skaičius), suklio sūkius, sūk./min arba pjovimo greitį – po raidės S (dažniausiai sveikasis skaičius) ir kt.

3.2.1 lentelė. Programos eilutė: N10 – eilutės numeris; G03 – G kodas, žodis reiškiantis apskritiminės interpoliacijos judesį prieš laikrodžio rodyklę, X45.0, Z-39.0 – koordinatės taško, į kurį turi nuvykti staklių įrankis, R 1.5 – spindulys apskritiminio interpoliavimo, F 0.15 pastūma. Raidės – kreipiniai, skaitmenys, simboliai – ženklai.

N	1	0		G	0	3		X	4	5	.	0		Z	-	3	9	.	0		R	1	.	5		F	0	.	1	5
Žodis				Žodis			Žodis					Žodis					Žodis													

Staklių valdymo programa tuo pačiu metu vykdo tik vieną eilutę ir niekada nevykdo jos dalimis, todėl žodžių išdėstymas eilutėje neturi reikšmės. Skaitmenų skaičius žodyje gali būti skirtingas, priklausomai nuo valdymo sistemos gamintojo. Skirtingas gali būti ir skaitmenų skaičius po

kablelio. Tai susiję su koordinačių reikšmių pateikimu. Gamintojai dažniausiai nurodo kreipinių formatą sutrumpinta forma:

G2 Du skaitmenys daugiausia, negalima naudoti kablelio ir kitų simbolių.

N5 Penki skaitmenys daugiausia, negalima naudoti kablelio ir kitų simbolių.

F3.2 Penki skaitmenys pastūmai nurodyti (trys prieš kablelį, du po jo), taškas leidžiamas, kiti simboliai – ne.

X = 5.3 Trys skaičiai po kablelio, leidžiama naudoti tašką trupmeninei reikšmės dalei atskirti. Penki skaitmenys prieš kablelį. Galima naudoti ženklus „+“ ir „-“.

Tekinimo staklėse naudojami adresai – kreipiniai pateikiami 3.2.2 lentelėje. Frezavimo staklėms jie šiek tiek skiriasi. Lentelėje pateikti adresai naudojami firmos „Fanuc“ ir panašiose valdymo sistemose.

3.2.2 lentelė. Tekinimo staklėse naudojami adresai – kreipiniai.

Tekinimo staklės	
Adresas	Aprašas
A	Sriegimo peilio viršūnės kampo adresas sriegimo cikle, kampo reikšmei tiesiogiai nurodyti.
C	Sukimosi ašies (apie Z ašį) kampinės koordinatės adresas (tekinimo staklėse turi būti ši funkcija), taip pat adresas nuožulos dydžiui tiesiogiai nurodyti.
D	Peilio atitraukimo dydis arba peilio eigos pjovimo gylis vidiniuose cikluose, pirmos eigos gylis sriegimo cikle.
E	Pastūma sriegimo cikluose.
F	Pastūma (vnt./sūk.) arba (vnt./min), priklausomai nuo pasirinkto režimo.
G	G kodai (paruošimo komandos).
I	Naudojamas programuojant apskritiminį įrankio judesį, jo trajektorijos centrui pagal X ašį apibrėžti. Taip pat dažnai naudojamas vidiniuose staklių cikluose poslinkiams, kūgiškumui ir apdirbimo užlaidoms apibrėžti pagal X ašį.
J	Naudojamas kaip kuriuose vidiniuose cikluose.
K	Naudojamas programuojant apskritiminį įrankio judesį, jo trajektorijos centrui pagal Z ašį apibrėžti. Taip pat dažnai naudojamas vidiniuose staklių cikluose poslinkiams, kūgiškumui ir apdirbimo užlaidoms apibrėžti pagal Z ašį, sriegio profilio aukščiui nurodyti sriegimo cikluose.
L	Naudojamas ciklų ir paprogramių atlikimų skaičiui nurodyti.
M	M kodai (staklių funkcijos).
N	Programos eilutės numerio adresas.
O	Programos pavadinimo adresas (keturi arba penki skaičiai po jo – programos vardui).

Tekinimo staklės	
Adresas	Aprašas
P	Adresas naudojamas paprogramės numeriui programoje nurodyti iškviečiant ją iš programos, pauzės trukmei programuoti (taip pat ir vidinių ciklų), kompensacijų reikšmėms iš programos perduoti, taip pat naudojamas kreipimuisi į programos eilutę, nuo kurios tęsti toliau programos vykdymą, arba pirmos eilutės, kurioje nurodoma kontūro geometrija, numeriui nurodyti (vidiniuose cikluose).
Q	Paskutinės eilutės, kurioje nurodoma kontūro geometrija, numeriui nurodyti (vidiniuose cikluose), sriegio vijos pradžios kampui nurodyti kai kurių staklių sriegimo cikluose, grąžto pertraukiamos eigos dydžiui nurodyti gręžimo ir kapojimo cikluose.
R	Naudojamas programuojant apskritiminį įrankio judesį, jo spinduliui programuoti, tai pat naudojamas kaip kurių staklių vidiniuose cikluose įrankio atitraukimo pozicijai bei spinduliui nurodyti.
S	Suklio sūkiams arba pjovimo greičiui programuoti priklausomai nuo pasirinkto režimo.
T	Įrankio numeriui nurodyti.
U	Prieaugio X ašies koordinatei nurodyti, užlaidai X ašies kryptimi nurodyti vidiniuose cikluose, pauzės trukmei užprogramuoti kai kuriuose staklių modeliuose.
W	Prieaugio Z ašies koordinatei nurodyti, užlaidai Z ašies kryptimi nurodyti vidiniuose cikluose.
X	Įrankio trajektorijos taško absoliučiajai X koordinatei nurodyti, pauzės trukmei užprogramuoti kai kuriuose staklių modeliuose.
Y	Įrankio trajektorijos taško Y koordinatei nurodyti (jeigu galima).
Z	Įrankio trajektorijos taško absoliučiajai Z koordinatei nurodyti.

Frezavimo staklėse naudojami adresai – kreipiniai pateikiami 3.2.3 lentelėje. Lentelėje pateikti adresai naudojami firmos „Fanuc“ ir panašiose valdymo sistemose.

3.2.3 lentelė. Frezavimo staklėse naudojami adresai – kreipiniai.

Frezavimo staklės	
Adresas	Aprašas
A	Sukimosi ašies (apie X ašį) kampinės koordinatės adresas.
B	Sukimosi ašies (apie Y ašį) kampinės koordinatės adresas.
C	Adresas nuožulnos dydžiui tiesiogiai nurodyti.
D	Kreipimasis į nurodytą po adreso D įrankio skersmens kompensacijų lentelės eilutės, kurioje saugomas įrankio (frezos) skersmuo (spindulys), numerį.
E	Nurodo kontūro frezavimo tikslumą – didžiausią kampų suapvalinimo spindulio reikšmę.
F	Pastūma (vnt./sūk.) arba (vnt./min), priklausomai nuo pasirinkto režimo.
G	G kodai (paruošimo komandos).

Frezavimo staklės	
Adresas	Aprašas
H	Kreipimasis į nurodytą po adreso H ilgių kompensacijų lentelės eilutės, kurioje saugoma įrankio ilgio kompensacijos reikšmė, numerį.
I	Naudojamas programuojant apskritiminį įrankio judesį, jo trajektorijos centrui pagal X ašį apibrėžti. Taip pat dažnai naudojamas vidiniuose staklių cikluose poslinkiams apibrėžti dažniausiai pagal X ašį, kitiems vidinių ciklų parametrų nurodyti.
J	Naudojamas programuojant apskritiminį įrankio judesį, jo trajektorijos centrui pagal Y ašį apibrėžti. Taip pat dažnai naudojamas vidiniuose staklių cikluose poslinkiams apibrėžti dažniausiai pagal Y ašį, kitiems vidinių ciklų parametrų nurodyti.
K	Naudojamas programuojant apskritiminį įrankio judesį, jo trajektorijos centrui pagal Z ašį apibrėžti. Taip pat kai kada naudojamas vidiniuose kaip kurių staklių cikluose poslinkiams apibrėžti, dažniausiai pagal Z ašį, kitiems vidinių ciklų parametrų nurodyti.
L	Naudojamas ciklų ir paprogramių atlikimų skaičiui nurodyti.
M	M kodai (staklių funkcijos).
N	Programos eilutės numerio adresas.
O	Programos pavadinimo adresas (keturi arba penki skaičiai po jo – programos vardui).
P	Adresas, naudojamas paprogramės numeriui programoje nurodyti iškviečiant ją iš programos, pauzės trukmei programuoti (taip pat ir vidinių ciklų), mastelio koeficientui programuoti, koordinacijų pradžios numeriui programuoti, kompensacijų reikšmėms iš programos perduoti, be to, naudojamas kreipimuisi į programos eilutę, nuo kurios tęsti toliau programos vykdymą.
Q	Poslinkių pagal staklių koordinacijų ašis prieaugiui nurodyti staklių vidiniuose cikluose, grąžto pertraukiamos eigos dydžiui nurodyti staklių gręžimo ir kapojimo cikluose.
R	Naudojamas programuojant apskritiminį įrankio judesį, jo spinduliui programuoti, taip pat naudojamas vidiniuose staklių cikluose įrankio atitraukimo pozicijai nurodyti ir posūkio kampui nurodyti koordinacijų ašių pasukimo režimu.
S	Suklio sūkiams programuoti.
T	Įrankio numeriui nurodyti.
X	Įrankio trajektorijos taško X koordinatei nurodyti.
Y	Įrankio trajektorijos taško Y koordinatei nurodyti.
Z	Įrankio trajektorijos taško Z koordinatei nurodyti.

Iš abiejų lentelių matyti, kad kai kurie adresai turi skirtingą prasmę tekimo ir frezavimo staklėse. Rengiant valdymo programas pakanka žinoti pagrindinius adresus, be kurių neįmanoma, o kiti yra papildomi. Nors kuo programuotojas geriau įgudęs, tuo greičiau rengiamos programos, tuo jos yra lankstesnės, taip pat didėja darbo našumas.

3.2.4 lentelė. Simboliai, naudojami programinių įrenginių valdymo programose.

Simbolis	Pavadinimas	Aprašymas
.	Dešimtainės trupmenos taškas	Atskirti trupmeninę skaičiaus dalį.
+	Pliuso ženklas	Nurodyti, kad reikšmė yra teigiamoji arba pridėti reikšmę makroprogramose.
-	Minuso ženklas	Nurodyti, kad reikšmė yra neigiamoji arba atimti reikšmę makroprogramose.
*	Daugybos ženklas	Dauginti reikšmes makroprogramose.
/	Įžambusis brūkšnyš arba dalybos ženklas	Atskirti eilutes, kurių valdymo sistema neturi vykdyti, kai eilučių praleidimo režimas yra aktyvus. Dalybos operacija makroprogramose.
()	Lenktiniai skliaustai	Programų komentarams, pranešimams ir informacijai užrašyti. Valdymo sistema neskaito programos fragmentų, esančių lenktiniuose skliaustuose ir nevykdo jų.
%	Procento ženklas	Programos failo pradžia ir pabaiga.
,	Kablelis	Naudojamas tik su komentarais (kai kada gali būti naudojamas ir programoje nurodant nuožulos arba spindulio dydį).
=	Lygybės ženklas	Lygybė makroprogramose.
#	Grotelės	Kintamieji makroprogramose.
;	Kabliataškis	Eilutės pabaigos simbolis (<i>End-of-block, EOB</i>). Atskiria vieną programos eilutę nuo kitos eilutės (naudojamas rengiant programas operatoriaus valdymo pultu).
[]	Laužtiniai skliaustai	Argumentai makroprogramose.

Labiausiai paplitęs simbolis programose yra minuso ženklas. Programuojant koordinatinių erdvėje, nurodant programoje įrankių trajektorijos koordinates, koordinatės gali būti teigiamos arba neigiamos. Kad programos būtų rengiamos patogiau, visuose programinio valdymo įrenginiuose galima nenaudoti pliuso ženklo teigiamai reikšmei nurodyti. Jeigu ženklas nenurodytas, reikšmė laikoma teigiama, pvz., programoje galima parodyti:

X+45.2 arba X45.2.

Abi reikšmės yra teisingos ir programinio valdymo sistema traktuos jas vienodai – programuoto taško X koordinatė yra plius 45.2.

Minuso ženklas būtinai turi būti nurodomas, nes įrenginys supras reikšmę kaip teigiamąją, pvz., X-45.2 nėra tas pats kaip X45.2.

Kitas dažniausiai naudojamas ženklas – dešimtainės trupmenos taškas. Naudoti vietoje jo kablelio negalima, teisingas užrašymas pirmasis:

Z25.7 (teisingai);

Z25,7 (neteisingai).

Komentariai gali būti pažymėti įvairiose programos vietose, tik būtinai jie turi būti pateikti lenktiniuose skliaustuose tiek mažosiomis, tiek didžiosiomis raidėmis. Programinio valdymo įrenginys jų nevykdo, nes tai yra informacija, kuri reikalinga tik programuotojui ir operatoriui. Dažnai programuotojas sudaro programos antraštę lotyniškoms raidėms, kurios, pvz.:

011223

(Programą sudarė Vardas Pavardė);

(Programa paskutinį kartą redaguota 2013-01-30 14:00);

(Staklės: CTX 510);

(Vienetai: mm);

(Ruošinio medžiaga: aliuminis);

(Ruošinio matmenys: 60X30X25);

(Detalės nulis X0, Y0 – kairysis labiausiai nutolęs kampas, Z0 – viršutinė plokštuma);

(kita naudinga informacija, po kurios prasideda programos eilutės).

Kai programą atidaro operatorius ir perskaito komentarus, jis lengviau suderina stakles arba redaguoja programą. Komentariai gali būti parašyti ir po programos eilučių. Dažnai komentariai įterpiami po įrankio kvietimo komandos. Taip operatorius sužino, kokį įrankį įdėti į įrankių dėtuves lizdą Nr. 1. T606 (sriegiklis M42x1.5, išsikišimas iš laikiklio – ne mažiau kaip 40 mm). Kadangi programos eilutės ilgis dažniausiai ribojamas, todėl komentaras turi būti trumpas.

3.3. M funkcijų kodai

Detalėms apdirbti reikia nemažai staklių veiksmų, pvz.: paleisti sukli sukčius nustatyta kryptimi, įjungti aušinimą prieš pradėdant pastūmos judesį ir kt. Staklių programose įvairias staklių funkcijas įjungia M kodai. Įvairių funkcijų, kurių dėka staklės galėtų dirbti automatiniu režimu paleidus valdymo programą, yra dvi grupės:

1. Staklių funkcijos.
2. Valdymo programos funkcijos.

Pirmosios grupės M kodais valdomi staklių dalių pagalbiniai ir papildomi judesiai, staklių įranga. Jie būna:

- Įrankio suklyje pakeitimas frezavimo staklėse.
- Sukimosi judesio suteikimas ir suklio sustabdymas.

- TAS tiekimas.
- Paleisti arba išjungti drožlių konvejerį.
- Užblokuoti tekinimo staklių suklij stabdžiu.
- Suspausti arba atleisti tekinimo staklių griebtuvo žiaunas.
- Atidaryti arba uždaryti staklių dureles.
- Ištraukti arba įtraukti tekinimo staklių arkliuko pinolę.

M kodai ir funkcijos priklauso nuo staklių tipo, gamintojo, komplektacijos. Kiekvienos frezavimo ir tekinimo staklės turi tris suklio režimus, kurie valdomi M kodais iš programos: sukimasis pagal laikrodžio rodyklę, prieš laikrodžio rodyklę ir sustojimas. Be šių funkcijų tam tikri M kodai naudojami ir programoms valdyti. Dažniausiai po raidės M seka dviženklis skaičius, tačiau kai kuriose valdymo sistemose naudojami dviženkliai ir triženkliai skaičiai, pvz.: „Fanuc“, „HAAS“ ir kitose. Dėl staklių funkcijų ir staklių įrangos įvairovės skirtingų gamintojų valdymo sistemose M kodai mažiau unifikuoti negu G kodai.

3.3.1. M funkcijų kodų vieta programoje

Kitaip nei G kodai programos eilutėje gali būti užrašytas tik vienas M kodas, nors kai kuriose valdymo sistemose galima užrašyti kelis M kodus vienoje eilutėje. M kodai gali būti rašomi kartu su kitomis komandomis arba atskiromis eilutėmis. M kodams dažniausiai nereikalingi papildomi adresai. Pvz., programos pabaigoje eilutė gali atrodyti taip:

N150 M30.

Norint sutrumpinti programą M kodai išdėstomi eilutėse, kuriose programuojami įrankių judesiai. Pvz.:

N10 G00 X250.00 Y150.00 M08.

Patogu kartu su pagreitinu įrankio judesiu į pradinį apdirbimo tašką įjungti tepimo ir aušinimo skysčio siurbį ir pradėti tiekti jį į pjovimo zoną. Šią eilutę galima parašyti ir taip:

N10 G00 X250.00 Y150.00;

N15 M08.

Šiuo atveju galima teigti, kad iš pradžių įrankis atsidurs pozicijoje X250 Y 150 ir tik paskui bus pradėta tiekti TAS į apdirbimo zoną. Žiūrint į tą pavyzdį, kuris užrašytas vienoje eilutėje, galima manyti, kad viskas bus panašiai, nes M08 žodis užrašytas paskutinis, bet iš pradžių bus įjungtas TAS siurblys, o tik po to bus atliktas judesys. Taip atsitinka todėl, kad valdymo sistema „protingai“ pakoreguoja M kodų įjungimą ir skirtingi M kodai gali būti vykdomi po arba prieš judesį.

Šiame pavyzdyje visiškai nesvarbu, kada bus įjungtas TAS siurblys – prieš ar po judesio, nes judesys yra ne plovimo, o greitojo pozicionavimo. Tai būtų ypač svarbu, jeigu būtų plovimo judesys (pvz.: G01, G02, G03). Įrankis, dirbdamas be TAS, greičiau sudiltų arba sulūžtų. Todėl staklių valdymo sistema pati pakoreguoja M kodų vykdymą, nesvarbu kurioje eilutės vietoje būtų užrašytas M08 kodas, iš pradžių bus įjungtas TAS siurblys ir tik po to atliktas judesys.

Šios eilutės bus vykdomos vienodai:

N100 G01 X150.00 Y200.00 F100.0 M08;

N100 M08 G01 X150.00 Y200.00 F100.0.

Galime įsivaizduoti, kas nutiktų, jeigu suklys nustotų sukstis, sustabdytas kodu M05 ir po to įvyktų įrankio plovimo judesys. Įrankis būtų sulaužytas, jeigu programuotojas suklystų ir užrašytų vietoje eilutės:

N150 G01 X150.00 Y60.0 F150.0 M05;

tokią eilutę:

N150 M05 G01 X150.00 Y60.0 F150.0.

Programuotojui nereikia galvoti apie tai, nes sistema neišjungs suklio prieš judesį, nesvarbu, kokioje vietoje būtų užrašytas M05 kodas. Norint išvengti avarinių situacijų, M kodai pagal tai, kaip jie vykdomi būdami vienoje eilutėje su judesio komandomis, gamintojų yra padalinti į dvi grupes (3.3.1 lentelė):

- M kodai, kurie pradeda veikti eilutės pradžioje (prasidedant įrankio judesiui);
- M kodai, kurie pradeda veikti eilutės pabaigoje (kai judesys atliktas).

Reikia atsiminti, kad dažniausiai programos pabaigos ir sustabdymo M kodai (M00/M01/M02/M30) išdėstomi atskirose eilutėse.

3.3.1 lentelė. M kodų grupavimas, priklausomai nuo to, prieš ar po judesio atlikimo jie vykdomi

M kodai, vykdomi eilutės pradžioje		M kodai, vykdomi eilutės pabaigoje	
M kodas	Aprašymas	M kodas	Aprašymas
M03	Suklio sukimasis į priekį.	M00	Privalomas programos vykdymo sustabdymas negrįžtant į programos pradžią.
M04	Suklio sukimasis atgal.	M01	Papildomas programos vykdymo sustabdymas negrįžtant į programos pradžią.
M06	Įrankio keitimas sukulyje.	M02	Programos pabaiga negrįžtant į jos pradžią.
M08	Įjungiamas tepimo ir aušinimo skysčio tiekimas (TAS siurblys).	M05	Suklio sustabdymas.
		M09	Nutraukiamas tepimo ir aušinimo skysčio tiekimas

M kodai, vykdomi eilutės pradžioje		M kodai, vykdomi eilutės pabaigoje	
M kodas	Aprašymas	M kodas	Aprašymas
			(išjungiamas TAS siurblys).
		M30	Programos pabaiga ir grįžimas į pirmąją eilutę.

3.3.2. Apdirbimo centruose tekinimo ir frezavimo staklėse naudojami M funkcijų kodai

Dažniausiai naudojami staklių valdymo sistemų M kodai pateikiami 3.3.2 lentelėje. Pateikiamas visas kodų sąrašas, kurie naudojami su papildomais įtaisais ir įranga.

3.3.2 lentelė. M kodai naudojami tekinimo staklėms programuoti

Tekinimo staklės	
M kodas	Aprašas
M00	Privalomas programos vykdymo sustabdymas negrįžtant į programos pradžią.
M01	Papildomas programos vykdymo sustabdymas.
M02	Programos pabaiga negrįžtant į jos pradžią.
M03	Suklio sukimasis į priekį.
M04	Suklio sukimasis atgal.
M05	Suklio sustabdymas.
M08	Įjungia TAS tiekimą (įjungia TAS siurblių).
M09	Nutraukia TAS tiekimą (išjungia TAS siurblių).
M10	Suspaudžia griebtuvo žiaunas.
M11	Atleidžia griebtuvo žiaunas.
M12	Įjungia oro apipūtimo įtaisą.
M13	Išjungia oro apipūtimo įtaisą.
M14	Užspaudžia pagrindinio suklio stabdį.
M15	Atleidžia pagrindinio suklio stabdį.
M17	Revolverinė galvutė visada sukasi į priekį.
M18	Revolverinė galvutė visada sukasi atgal.
M19	Suklio kampinė orientacija.
M21	Arkliukas į priekį.
M22	Arkliukas atgal.
M23	Sriegio nuožulną – pjauti.
M24	Sriegio nuožulną – nepjauti.
M30	Programos pabaiga ir grįžimas į pirmąją eilutę.
M31	Įjungia drožlių konvejerį.
M33	Sustabdo drožlių konvejerį.
M36	Pakelia detalių gaudyklę.
M37	Nuleidžia detalių gaudyklę.
M38	Apriboja suklio sūkių kitimą.
M39	Neriboja suklio sūkių kitimo.
M41	Įjungia žemiausią pavara.
M42	Įjungia aukščiausią pavara.

Tekinimo staklės	
M kodas	Aprašas
M43	Atleidžia revolverinę galvutę.
M44	Užblokuoja revolverinę galvutę.
M85	Atidaro staklių dureles.
M86	Uždaro staklių dureles.
M95	„Miego“ režimas – ilgos trukmės pauzė.
M96	Pereina prie nurodytos programos vietos, kai nėra signalo.
M97	Kreipimasis į lokalinę paprogramę.
M99	Paprogramės pabaiga ir grįžimas į pagrindinę programą.
M104	Ištraukia įrankių liestuką.
M105	Įtraukia įrankių liestuką.
M109	Duomenų įvedimas iš klaviatūros.
M119	Pagalbinio suklio kampinė orientacija.
M144	Pagalbinio suklio sukimas atgal.
M145	Pagalbinio suklio sustabdymas.

3.3.3 lentelė. M kodai naudojami frezavimo staklėms ir apdirbimo centrams programuoti

Frezavimo staklės ir apdirbimo centrai	
M kodas	Aprašymas
M00	Privalomas programos vykdymo sustabdymas negrįžtant į programos pradžią.
M01	Papildomas programos vykdymo sustabdymas.
M02	Programos pabaiga negrįžtant į jos pradžią.
M03	Suklio sukimasis į priekį.
M04	Suklio sukimasis atgal.
M05	Suklio sustabdymas.
M06	Įrankio keitimas sukulyje.
M07	TAS „dušas“.
M08	Įjungia TAS tiekimą (įjungia TAS siurblių).
M09	Nutraukia TAS tiekimą (išjungia TAS siurblių).
M10	Užblokuoja 4-ąją valdomą ašį (sukimo A) stabdžiu.
M11	Atleidžia 4-osios valdomos ašies (sukimo A) stabdį.
M12	Užblokuoja 5-ąją valdomą ašį (sukimo B) stabdžiu.
M13	Atleidžia 5-osios valdomos ašies (sukimo B) stabdį.
M16	Pakeičia įrankį sukulyje (tas pats kaip ir M06).
M19	Suklio kampinė orientacija.
M30	Programos pabaiga ir grįžimas į pirmąją eilutę.
M31	Įjungia drožlių konvejerį.
M33	Sustabdo drožlių konvejerį.
M34	Programiškai valdomą TAS tūtą nuleidžia per vieną poziciją.
M35	Programiškai valdomą TAS tūtą pakelia per vieną poziciją.
M41	Įjungia žemiausią pavara.
M42	Įjungia aukščiausią pavara.
M76	Neatnaujina informacijos vaizduoklyje.
M77	Atnaujina informaciją vaizduoklyje.
M80	Atidaro staklių dureles.

Frezavimo staklės ir apdirbimo centrai	
M kodas	Aprašymas
M81	Uždaro staklių dureles.
M82	Atleidžia įrankį suklyje (naudojamas tik priežiūros metu).
M83	Įjungia oro apipūtimo įtaisą.
M84	Išjungia oro apipūtimo įtaisą.
M86	Užspaudžia įrankį suklyje (naudojamas tik priežiūros metu).
M88	Įjungia TAS tiekimą per suklij.
M89	Išjungia TAS tiekimą per suklij.
M95	„Miego“ režimas – ilgos trukmės pauzė.
M96	Pereina prie nurodytos programos vietos, kai nėra signalo.
M101	TAS taupymo režimas vykdant vidinius ciklus.
M102	TAS taupymo režimas.
M103	Atšaukia TAS taupymo režimą.
M109	Duomenų įvedimas iš klaviatūros.

PASTABOS:

1. Lentelėse nurodyti kodai naudojami papildomais CNC staklių įrenginiai ir įtaisais.
2. Lentelėse išskirti M kodai, kurie naudojami „Fanuc“ firmos valdymo sistemose, taip pat ir „HAAS“ bei kitų firmų valdymo sistemose. Šiuos M kodus galima vadinti standartiniais.
3. Lentelėse pateikti kodai gali veikti arba neveikti tam tikrame staklių modelyje. Tai priklauso nuo staklių komplektacijos.

3.3.3. Programos M kodai

Pagrindiniai programos M kodai (3.3.2 ir 3.3.3 lentelės) yra M00, M01, M02, M30. Jie naudojami programos vykdymui sustabdyti arba visiškai nutraukti. Prie programos kodų priskiriamas duomenų įvedimo iš klaviatūros kodas M109. Nutraukti programos vykdymą galima laikinai (programos viduryje) arba visiškai (programos pabaigoje). Tai galima atlikti net keliais kodais. M00 priverstinai sustabdo programos vykdymą. Valdymo sistemai sutikus programoje šį kodą automatiškai sustabdomi:

- įrankių judesiai pagal visas valdomas staklių ašis;
- suklio variklis;
- tepimo ir aušinimo skysčio tiekimas bet kuriuo pavidalu;
- tolesnis programos vykdymas.

Programa bus tik sustabdyta. Tai reiškia, kad visi programoje užprogramuoti parametrai (pastūma, judesio režimas, koordinačių sistema, suklio sūkliai ir pan.) nebus numesti, jie lieka aktyvūs.

Žymeklis peršoks į kitą programos eilutę, esančią po eilutės su kodu M00, ir programos vykdymas bus pratęstas nuo šios eilutės paspaudus Cycle Start mygtuką valdymo pulte. M00 nutraukia TAS tiekimą (bet kuriuo būdu iš galimų staklėse), taip pat suklio variklio sukimąsi, bet užprogramuoti sūkliai išlieka atmintyje. Jie negali įjungti (jei reikia) iš naujo atitinkamu M kodu (M03 arba M04) eilutėse, esančiose po M00 kodo. Pavyzdžiui, frezavimo staklių programos fragmentas:

T02 M06 (pakeisti suklyje esantį įrankį įrankiu, esančiu dėtuvės lizde Nr. 2);

S1500 M03 (suklys pradeda sukstis į priekį, sūkliai – 1500 sūk./min);

G54 G90 G00 X-15.0 Y-15.0 (greitasis judesys į tašką X-15 Y-15 detalės koordinačių sistemoje Nr. 1 (G54), absoliučios koordinatės (G90));

G43 H01 Z7.0 (greitasis judesys į tašką Z7 detalės koordinačių sistemoje, pritaikant įrankio ilgio kompensaciją iš įrankių kompensacijų eilutės Nr. 1);

G01 Z-4.0 F180. M08 (judesys pagal tiesę Z ašies kryptimi su pastūma 180 mm/min į tašką Z-4 detalės koordinačių sistemoje, prieš judesį įjungti TAS siurblij);

X60.0 Y89.0 (judesys pagal tiesę X ir Y ašių kryptimis su pastūma 180 mm/min į tašką X60 Y90 detalės koordinačių sistemoje);

Z70.0 (judesys pagal tiesę Z ašies kryptimi su pastūma 180 mm/min į tašką Z70 detalės koordinačių sistemoje);

M00 (programos sustabdymas);

M03 (suklys pradeda sukstis į priekį, sūkliai –1500 sūk./min, ši reikšmė lieka aktyvi nuo programos dalies iki sustabdymo);

Z-7.0 M08 (įrankio Nr. 1 judesys pagal tiesę (lieka aktyvus kodas G01) Z ašies kryptimi su pastūma 180 mm/min (pastūma lieka aktyvi nuo programos dalies iki sustabdymo) į tašką Z-7 detalės koordinačių sistemoje, prieš judesį įjungti TAS siurblij);

M00 rašomas su įrankio judesio komanda arba vienoje eilutėje, arba atskiroje eilutėje. Pvz.:

G00 X30.0 Y25.0;

M00 arba G00 X30.0 Y25.0 M00.

Bet kuriuo atveju iš pradžių bus atlikta judesio komanda, o paskui bus sustabdyta programa. Negalima rašyti atvirksčiai. Kodo M00 vieta eilutėje nėra svarbi, tačiau dažniausiai šis kodas, kaip ir kiti programos kodai, išdėstomas atskiroje eilutėje.

Programos sustabdomos M00 kodu dažniausiai tada, kai apdirbant ruošinį operatoriui reikia laikinai pertraukti automatinį staklių darbą apžiūrai, patikrai arba kitiems veiksams atlikti.

M 01 veikia taip pat, kaip ir M00, tik yra vienas skirtumas. Kai valdymo sistema sutinka šį kodą, ji gali sustabdyti arba nesustabdyti programos. Tai priklauso nuo to, kokioje pozicijoje (ON arba

OFF) yra Optional Stop perjungiklis. Jeigu jis yra ON padėties arba mygtukas paspaustas, programa bus sustabdyta. Jeigu OFF arba mygtukas nepaspaustas – ne. Kodas M01 dažnai naudojamas po įrankio naudojimo tam tikroje technologinėje pakopoje (pvz., išgręžus visas skylės grąžtu, prieš keičiant jį kitu įrankiu). Tai naudinga, kai reikia pakeisti atšipusią įrankio plokštelę. Laiku pakeitus atšipusią nauja, bus išvengta detalių broko.

M02 ir M30 yra programos (ne sustabdymo) kodai. Jie taip pat sustabdo įrankio judesius pagal visas valdomas ašis, sustabdo sukli (sūkius), TAS tiekimą bet kuriuo iš galimų būdų ir nutraukia programos vykdymą. Abu kodai M02 ir M30 veikia panašiai, tačiau tarp jų yra labai svarbus skirtumas. Kodas M02 nutraukia programą, bet negrąžina žymeklio į pirmąją programos eilutę. M30 atlieka tą patį, tik grąžina žymeklį atgal į pirmąją eilutę.

Šiuolaikinėse staklėse kodas M02 visai nereikalingas, išskyrus atvejus, kai jis naudojamas senoms ir naujoms sistemoms suderinti. Šis kodas buvo naudojamas papildomai prie M30 senos laidos PV staklėse, kuriose kaip informacijos nešiklis buvo naudojama magnetinė arba perforuota juosta.

Rengiant valdymo programas šiuolaikiniams CNC įrengimams kodą M02 geriau visai pamiršti ir naudoti tik M30. Geriausiai šį kodą pateikti atskiroje eilutėje:

G91 G28 X0.0 Y0.0;

M30.

Galima M30 kodą naudoti ir paskutinėje eilutėje:

G91 G28 X0.0 Y0.0 M30.

Kodu M109 galima įvesti duomenis iš klaviatūros dialogo metu.

3.3.4. Staklių M kodai

Pagrindiniai staklių M kodai yra šie: M03, M04, M05, M06, M08, M09, M17, M18, M19, M23, M24, M41, M42. Pagal šiais kodais valdomą staklių įrangą juos galima suskirstyti grupėmis taip, kaip parodyta 3.3.4 lentelėje.

3.3.4 lentelė. Staklių M kodų grupavimas.

Grupė	M kodas
Pagrindinis suklys ir jo valdymas	M03 M04 M05 M19
Įrankių keitiklis ir jų keitimas	M06 M17 M18 ...
TAS tiekimas ir jo valdymas	M07 M08 M09 ...
Sriegimas	M23 M24
Suklio pavaros	M41 M42
Papildoma įranga	M10 M11 M21 M22 M50 M133 M134 M135 M143 M144 M145 ...

Be šių kodų, pateiktų 3.3.4 lentelėje, negalima apsieiti rengiant pačias paprasčiausias CNC staklių valdymo programas.

Vertikaliųjų frezavimo, gręžimo staklių ir apdirbimo centrų suklio kryptys nustatomos žiūrint nuo suklio pusės į stalą, o ne nuo stalo į sukli. Žiūrint iš šios pozicijos įrankis pradės sukty pagal laikrodžio rodyklę arba į priekį, paleistas kodu M03. Suprantama, kad kodu M03 turi būti paleistas suklys, kai jame yra dešininis įrankis (grąžtas, sriegiklis ir pan.), tokie įrankiai naudojami daugeliu atvejų. Rečiau (sriegiant kairiniu sriegikliu kairinį sriegį, taip pat dešininį sriegiklį ištraukiant iš skylės) reikia paleisti sukli sukty prieš laikrodžio rodyklę arba atgal kodu M04. Tekinimo staklėmis atliekamoms operacijoms (išoriniam tekimui, ištekimui, griovelių tekimui, gręžimui) dažniausiai naudojamas M03, M04 tik kairiniams sriegiams sriegti bei dešiniam sriegikliui iš skylės ištraukti.

M05 kodas naudojamas sukliui sustabdyti, kai keičiama suklio sukimosi kryptis (pvz., sriegiant skylę sriegikliu, prieš ištraukiant jį iš skylės), prieš keičiant įrankį frezavimo staklių suklyje ir pan. M05 taip pat naudojamas prieš perjungiant staklių suklio pavaras kodais M41 – M44 kai kuriose staklėse.

M19 yra suklio kampinės pozicijos valdymo kodas naudojamas tada, kai reikia nustatyti staklių sukli į fiksuotą (nulinę) gamintojo nustatytą kampinę poziciją. Dažniausiai to prireikia atliekant priežiūros darbus.

Frezavimo staklėse ir apdirbimo centruose M19 naudojamas dar rečiau. Neįtraukiant priežiūros darbų, orientuoti sukli į tam tikrą kampinę padėtį gali prireikti šiais atvejais:

- įdedant įrankį į dėtuvę ir į sukli;
- ištekinant frezavimo staklėmis naudojant specialias galvutes.

Taigi, kodas M19 daugumoje šiuolaikinių frezavimo ir tekimo staklių naudojamas retai, tačiau gali būti atvejų, aprašytų staklių operatoriaus žinyuose (pavyzdžiui, prižiūrint stakles).

Kodas M06 naudojamas tik frezavimo staklėse. Šis kodas nurodo sistemai, kad esamą suklyje įrankį reikia pakeisti kitu dėtuvėje esančiu įrankiu, kurio numeris nurodomas adresu T.

Tekinimo staklėse nėra keitimo įrenginio, todėl M06 kodas joms nereikalingas. Reikiamas įrankis nustatomas į darbinę padėtį pasukant revolverinę galvutę, valdant adresu T, po kurio nurodomas įrankio numeris, pavyzdžiui, T02 (įrankis Nr. 2). Kodai M17/M18 naudojami galvutės pasukimo kryptiai nurodyti keičiant įrankį. Nenaudojant šių kodų revolverinė galvutė bus pasukta taip, kad kelias iki nurodyto įrankio būtų mažiausias. Pavyzdžiui, jeigu įrankis Nr. 1 yra darbinėje padėtyje, nurodžius T03, galvutė bus pasukta į priekį, nurodžius T10 – atgal. Nurodžius programoje M17 arba M18, galvutė bus pasukta tik į priekį arba tik atgal nuo tos vietos, kurioje nurodytas atitinkamas kodas M17

arba M18 iki programos pabaigos. Tai gali būti naudinga tada, kai galvutėje yra labai išsikišusių įrankių, norint išvengti susidūrimų su ruošiniu galvutei pasisukant.

Dauguma metalo pjovimo operacijų atliekamos aušinant įrankio ir ruošinio kontakto zoną tepimo ir aušinimo skysčiu. CNC tekinimo ir frezavimo staklėse tepimo ir aušinimo skysčio tiekimas valdomas pagrindiniais kodais – M08 (aušinimas laistymu, įjungti) ir M09 (nutraukti TAS tiekimą). Be to, staklėse gali būti numatyti ir kiti TAS tiekimo būdai (pavyzdžiui, TAS tiekimas rūku, didelio slėgio čiuurkšle per suklij, naudojant įrankius su vidinėmis ertmėmis), kurie valdomi papildomais M kodais. Tepimo ir aušinimo skysčio rūkas yra nedidelio TAS kiekio ir suslėgto oro mišinys. Taip tausojamas TAS kiekis operacijos metu. Galimybė aušinti rūku ir atitinkama kodo M07 (aušinimas rūku gali būti valdomas ir kitu M kodu) naudojimas paprastai priklauso nuo staklių modelio ir komplektacijos. Kai kuriose staklėse šiuo kodu įjungiamas detalės apipūtimas oru, o ne TAS rūku.

Programuojamos staklių pavaros dažniausiai yra tik tekinimo staklėse ir centruose, tačiau ir tai ne visuose. Daugumoje tekinimo staklių yra dvi pavaros, jų kai kuriose galingose staklėse gali būti ir keturios. Operatorius arba programuotojas, atsižvelgdamas į pjovimo sąlygas, turi išsirinkti reikiamą pavarą. Pavaros pasirenkamos panašiai kaip ir automobilio su mechanine pavarų dėže, tik staklėse yra mažiau pavarų. Pavyzdžiui, apdirbant rupiai dideliu pjovimo gyliu ir pastūma (panašiai, kaip važiuojant automobiliu į kalną) reikia daugiau galios negu greičio. Tokiu atveju reikia įjungti žemą pavarą. Apdirbant glotniai, kai pjovimo gylis ir pastūma yra maži, o greitis didelis (važiuojant greitkeliu), reikia įjungti aukščiausią pavarą. M kodų, keičiančių pavaras, skaičius yra lygus staklių pavarų skaičiui ir būna nuo 2 iki 4 (3.3.5 lentelė). Dažniausiai keičiant pavarą programoje suklys atskirai nesustabdomas, tačiau yra kai kurių staklių modelių, kuriuose reikia sustabdyti suklij (kodu M05), pakeisti pavarą vienu iš kodų M41/M42/M43/M44, paskui paleisti suklij suktis iš naujo (kodu M03 arba M04).

3.3.5 lentelė. CNC staklių pavarų valdymas

Staklių pavarų skaičius	M kodas	Pavara
1	-	-
2	M41	Žema
	M42	Aukšta
3	M41	Žema
	M42	Vidutinė
	M43	Aukšta
4	M41	Žema
	M42	Vidutinė 1
	M43	Vidutinė 2
	M44	Aukšta

3.4. G funkcijų kodai

Žodžiai, kurie valdymo programose prasideda adresu arba kreipiniu G, vadinami G kodais. PO šios raidės seka tam tikri skaičių deriniai. CNC staklių režimai, kurie įjungiami arba keičiami G kodais, yra susiję su staklių ašių poslinkiais. Pvz., G00 kodas nustato greitojo įrankio pozicionavimo režimą. Kodai G20 ir G21 tiesiogiai nesusiję su poslinkiais, jie tik nurodo programinio valdymo sistemai, kad koordinatės programoje nurodomos milimetrais arba coliais. G kodų veikimą galima paaiškinti taip: pvz., reikia, kad įrankis atsidurtų taške, kurio koordinatės yra X60 Y70 detalės koordinačių sistemoje, tad programoje reikia užrašyti tokią eilutę:

```
N01 X60.0 Y70.0.
```

Tačiau vykdant šią eilutę valdymo sistemai kils neaiškumų. Ji nesupras, absoliučiosios tai koordinatės ar prieaugiai, kokioje koordinačių sistemoje nurodytos koordinatės, pagreitintai ar pastūmos greičiu vykdyti judesį. Akivaizdu, kad informacija, pateikta eilutėje, yra nepakankama, norint vykdyti poslinkį į tašką X60 Y70 reikia pakoreguoti eilutę taip:

```
N01 G21 G90 G54 X60.0 Y70.0.
```

Eilutėje nurodyta, kad vienetai yra milimetrai (G21), parinktas absoliučiąjį koordinačių režimas (G90) ir detalės koordinačių sistema (G54), nurodyta, kad poslinkis bus įvykdytas didžiausiu įmanomu greičiu (G00).

Daugelis G kodų yra vienodi įvairių gamintojų valdymo sistemoms (pvz., greitojo pozicionavimo, tiesinės, apskritiminės interpoliacijos ir pan.). Bet kai kurie gali skirtis (pvz., mastelio, papildomų koordinačių sistemų, kai kurie vidiniai ciklai). Kai kurie G kodai gali būti nenaudojami tam tikrame staklių modelyje priklausomai nuo modifikacijos arba įrangos.

3.4.1. G funkcijų kodų vieta programoje

G kodai rašomi eilutės pradžioje, kadangi tokia tvarka yra logiškai pagrįsta pačiu G kodų apibrėžimu – tai paruošimo komandos, kurios nurodo valdymo sistemai dirbti tam tikrais režimais.

Pvz., nurodyti, ar absoliučiose, ar prieaugio koordinatėse bus atliekamas poslinkis prieš programuojant šį poslinkį. Tokios tvarkos ir laikosi dauguma programuotojų, tačiau staklių programinio valdymo įrenginys nuskaito ir vykdo programą ne atskiromis komandomis, bet eilutėmis, todėl G kodų ir kitų žodžių išdėstymas eilutėje, kaip matome pavyzdyje, nėra svarbus:

```
N10 G91 G01 X40.0 Y40.0 F40.0;
```

```
N10 G91 X40.0 Y40.0 F40.0 G01;
```

```
N10 X40.0 Y40.0 F40.0 G01 G91.
```

Visos šios eilutės bus vykdomos vienodai, tačiau gali būti viena išimtis. Kai kuriose „Fanuc“ firmos valdymo sistemose galima naudoti absoliučiąsias ir prieaugio koordinates toje pačioje eilutėje. Todėl vykdant pirmą ir antrą pavyzdžio eilutę, koordinatės bus suprastos kaip prieaugio (G91), vykdant trečią eilutę – kaip absoliučiosios. O kitose valdymo sistemose, pvz., „HASS“ firmos tokio dalyko nėra.

Norint išvengti sumaišties, rekomenduojama laikytis taisyklės, pagal kurią režimus nustatančios komandos turi būti išdėstytos programos eilutės pradžioje, taip labai sumažinama klaidos atsiradimo tikimybė, daug paprasčiau skaityti ir tikrinti valdymo programas.

3.4.2. Apdirbimo centruose, tekinimo ir frezavimo staklėse naudojami G funkcijų kodai

Kai kurie G kodai gali netikti konkrečioms staklėms, todėl prieš naudojant juos programose, reikia sutikrinti su pateiktais staklių operatoriaus vadove. Kai kurie kodai gali būti panaudoti staklių valdymo programose tik tuo atveju, jeigu staklės yra užsakytos su papildomomis parinktimis.

3.4.2 lentelė. G kodai naudojami tekinimo staklėms programuoti

Tekinimo staklės	
G kodas	Aprašas
G00	Greitojo pozicionavimo judesys.
G01	Tiesinės interpoliacijos judesys.
G02	Apskritiminės interpoliacijos judesys pagal laikrodžio rodyklę.
G03	Apskritiminės interpoliacijos judesys prieš laikrodžio rodyklę.
G04	Uždelsimas (pauzė).
G05	Suklio tikslios apskritiminės pastūmos režimas staklėms su valdoma C ašimi.
G09	Tiksliojo sustabdymo pagal ašis režimas (nemodalinis).
G10	Kompensacijų nustatymas valdymo programa.
G14	Pagalbinio suklio režimas.
G15	Pagalbinio suklio režimo atšaukimas.
G17	Plokštumos XY pasirinkimas.
G18	Plokštumos ZX pasirinkimas.
G19	Plokštumos YZ pasirinkimas.
G20	Anglišų vienetų režimas (coliai).
G21	Metrinių vienetų režimas (mm).
G28	Grąžinti revolverinę galvutę į staklių nulį.
G29	Grįžti iš staklių nulio.
G31	Praleidimo funkcija.
G32	Sriegimo tekinimo peiliu režimas.

Tekinimo staklės	
G kodas	Aprašas
G40	Atšaukti peilio viršūnės suapvalinimo spindulio kompensavimo režimą
G41	Taikyti peilio viršūnės spindulio kompensaciją kairėje nuo užprogramuotos trajektorijos.
G42	Taikyti peilio viršūnės spindulio kompensaciją dešinėje nuo užprogramuotos trajektorijos.
G50	Įrankio pozicijos registracija/ Suklio sūkių apribojimo režimas.
G52	Lokalinė koordinačių sistema.
G53	Pereiti į staklių koordinačių sistemą.
G61	Tiksliojo sustabdymo pagal ašis režimas (modalinis).
G64	Tiksliojo sustabdymo pagal ašis režimo G61 atšaukimas.
G65	Makroprogramos iškvietimas.
G70	Glotniojo fasoninio tekinimo vidinis ciklas.
G71	Rupiojo fasoninio tekinimo Z ašies kryptimi vidinis ciklas.
G72	Rupiojo fasoninio tekinimo X ašies kryptimi vidinis ciklas.
G73	Rupiojo kopijuojamojo fasoninio tekinimo X ir Z ašių kryptimi vidinis ciklas.
G74	Griovelių galiniame paviršiuje/ gręžimo ir kapojimo vidinis ciklas.
G75	Griovelių išoriniame/vidiniame cilindriniam paviršiuje tekinimo vidinis ciklas.
G76	Sriegimo peiliu vidinis ciklas.
G77	Nuopjovų frezavimo ciklas staklėmis su įrankių pavara.
G80	Vidinio ciklo režimo atšaukimas.
G81	Vidinis ašinių skylių gręžimo ciklas.
G82	Vidinis ašinių skylių gręžimo su pauze ciklas.
G83	Vidinis gręžimo ir kapojimo ciklas.
G85	Vidinis ištekinimo su atbuline pastūma ciklas.
G86	Vidinis ištekinimo be atbulinės pastūmos ciklas.
G87	Vidinis ištekinimo ir rankinio įrankio ištraukimo ciklas.
G88	Vidinis ištekinimo ir rankinio įrankio ištraukimo ciklas su pauze.
G89	Vidinis ištekinimo su atbuline pas tūma ir pauze ciklas.
G90	Išilginio tekinimo /ištekinimo ciklas.
G92	Pagrindinis sriegimo peiliu ciklas.
G94	Galo tekinimo ciklas.

Tekinimo staklės	
G kodas	Aprašas
G96	Pastovaus pjovimo greičio režimas.
G97	Pastovaus pjovimo greičio režimo atšaukimas.
G98	Pastūma programuojama vienetais/min.
G99	Pastūma programuojama vienetais/sūk.
G105	Strypo tiekimo įrenginio režimas.
G184	Kairinio sriegio sriegimo sriegikliu ciklas (ašinės skylės).
G187	Nustato apdirbimo tikslumą ir didžiausią kampų suapvalinimo spindulį.
G200	Revolverinės galvutės pasukimo įrankio greitojo pozicionavimo judesio metu režimas.

3.4.3 lentelė. G kodai, naudojami frezavimo staklėms ir apdirbimo centrams programuoti

Frezavimo staklės ir apdirbimo centrai	
G kodas	Aprašas
G00	Greitojo pozicionavimo judesys.
G01	Tiesinės interpoliacijos judesys.
G02	Apskritiminės interpoliacijos judesys pagal laikrodžio rodyklę.
G03	Apskritiminės interpoliacijos judesys prieš laikrodžio rodyklę.
G04	Uždelsimas (pauzė).
G09	Tiksliojo sustabdymo pagal ašis režimas (nemodalinis).
G10	Kompensacijų nustatymas valdymo programa.
G12	Apvalių kišenių frezavimo pagal laikrodžio rodyklę ciklas.
G13	Apvalių kišenių frezavimo prieš laikrodžio rodyklę ciklas.
G20	Anglišių vienetų režimas (coliai).
G21	Metrinių vienetų režimas (mm).
G28	Gražinti staklių įrankio ir ruošinio junginius į staklių nulį.
G29	Grįžti iš staklių nulio.
G31	Praleidimo funkcija.
G35	Automatinis įrankio skersmens matavimas.
G36	Automatinis detalės koordinačių sistemos pradžios nustatymas.
G41	Taikyti frezos spindulio (skersmens) kompensaciją kairėje nuo užprogramuotos trajektorijos.
G42	Taikyti frezos spindulio (skersmens) kompensaciją dešinėje nuo užprogramuotos trajektorijos.
G43	Taikyti įrankio ilgio kompensaciją – teigiamąjį

Frezavimo staklės ir apdirbimo centrai	
G kodas	Aprašas
	dydį.
G44	Taikyti įrankio ilgio kompensaciją – neigiamą dydį.
G47	Teksto graviravimo režimas.
G51	Mastelio funkcija.
G52	Lokalinė koordinačių sistema.
G53	Pereiti į staklių koordinačių sistemą.
G60	Pozicionavimas viena ašies kryptimi.
G61	Tiksliojo sustabdymo pagal ašis režimas (modalinis).
G64	Tiksliojo sustabdymo pagal ašis režimo G61 atšaukimas.
G65	Makroprogramos iškvietimas.
G68	Koordinačių plokštumos pasukimo režimas.
G69	Koordinačių plokštumos pasukimo režimo atšaukimas.
G70	Apskritimu išdėstytų skylių apdirbimo režimas.
G71	Apskritimo lanku išdėstytų skylių apdirbimo režimas.
G72	Linijoje išdėstytų skylių apdirbimo režimas.
G74	Kairinio sriegio sriegimo ciklas.
G76	Glotniojo ištekimo ciklas.
G77	Atbulinio ištekimo ciklas.
G81	Paprastas vidinis gręžimo ciklas.
G84	Dešiniojo sriegio sriegimo ciklas.
G87	Vidinis ištekimo ir rankinio įrankio ištraukimo ciklas.
G90	Absoliučiuoju koordinačių režimas.
G91	Prieaugio koordinačių režimas.
G93	Pastūma programuojama įrankio eigomis/min.
G94	Pastūma programuojama vienetais/min.
G95	Pastūma programuojama vienetais/sūk.
G107	Cilindrinio koordinačių režimas.
G136	Automatinis detalės koordinačių sistemos pradžios nustatymas.
G150	Kišenių frezavimo ciklas.
G187	Nustato apdirbimo tikslumą ir didžiausią kampų suapvalinimo spindulį.

PASTABOS:

1. Lentelėse nurodyti kodai naudojami papildomais CNC staklių įrenginiais ir įtaisais.

2. Lentelėse išskirti M kodai, kurie naudojami „Fanuc“ firmos valdymo sistemose, taip pat ir „HAAS“ bei kitų firmų valdymo sistemose. Šiuos M kodus galima vadinti standartiniais.
3. Lentelėse pateikti kodai gali veikti arba neveikti tam tikrame staklių modelyje. Tai priklauso nuo staklių komplektacijos.

Pagrindiniai G kodai yra tokie patys daugumoje sistemų, tačiau yra ir skirtingų, dėl to neįmanoma įvairias sistemas suderinti. Skirtingose valdymo sistemose nevienodai traktuojami kai kurie kodai, todėl būtina pateikti skirtingus papildomus adresus prie G kodų. Dėl to padidėja avarijos rizika.

Kitaip nei M kodai, vienoje valdymo programos eilutėje gali būti užrašomi keli G kodai, jeigu jie logiškai nekonfliktuoja vienas su kitu. Visada yra praktiškiau rašyti vienoje eilutėje, kadangi taip sutrumpėja programa.

3.4.3. Konfliktiniai ir nekonfliktiniai G kodai

G kodus privaloma išdėstyti taip, kad tarp jų nebūtų konflikto. Pvz., staklėse įrankis negali judėti greito pozicionavimo ir pastūmos judesio greičiu vienu metu. Negalima atlikti judesio į tašką, kurio koordinatės nurodomos absoliučiujių koordinačių ir prieaugių režimu. Pvz.,

```
N10 G01 G00 X100.0 Y120.0 F100.0.
```

Matyti, kad kodai G01 ir G00 prieštarauja vienas kitam. Tokiose situacijose dažniausiai bus vykdomas tik paskutinis G kodas, pavyzdyje – kodas G00 (greitas pozicionavimas), įrankis judės į tašką, kurio koordinatės X100.0 Y120.0, o kodas G01 bus ignoruojamas.

Dažnai, kai eilutėse pasitaiko konfliktinių G kodų, priklausomai nuo valdymo sistemos, jos gali būti visai nevykdomos, programa bus sustabdyta ir pasirodys klaidos pranešimas.

3.4.4 Modaliniai ir nedomaliniai G kodai

Režimus su G kodais nėra būtina programuoti kiekvienoje eilutėje. Nustatyti režimai G kodais lieka aktyvūs nuo eilutės, kurioje jie nurodyti pirmą kartą vykdomo programoje ir jais nustatyti režimai galios programoje tol, kol nebus atšaukti atšaukimo kodais arba priešingais kodais. Naujas režimas galios nuo eilutės, kurioje nurodytas atšaukimo arba pakeitimo kodas. Tokie G kodai vadinami modaliniais, jų nereikia kartoti kiekvienoje programos eilutėje. Šių kodų tikslas – išvengti nereikalingų kodų kartojimosi programoje, kad programuotojai sugaištų mažiau laiko.

Nedomaliniai G kodai lieka aktyvūs tik eilutėse, kuriose jie užrašyti. Norint nustatyti nedomalinio G kodo režimą kitoje eilutėje, reikia pakartoti jį iš naujo.

3.5. Programų numeracija ir išsaugojimas

Programų skaičius gali būti išsaugojamas nuo 1 iki 99999999. Daugelio firmų programavimo sistemose programų numeracija rašoma tokiu formatu: O0000, O – kodo adresas, 0000 – keturi programos žymėjimo skaičiai. Rekomenduojama, kad visos programos būtų išsaugojamos savo pavadinimu, kuris būtų tarp tų skaičių. Prieš saugant programą, reikia pasirinkti programos pavadinimą, kuris nesikartotų kitose programose tam, kad senoji programa nebūtų panaikinta.

Kadangi programos būna sudarytos iš kelių komandų, kiekviena komanda parašyta ženklų eilutėje, kuri vadinama kadru, kiekvienas kadras atskiriamas kabliataškiu, kuris vadinamas kadro pabaigos kodu. Žymėjimui naudojama keturių skaičių sistema (0001 – 9999), kurioje nurodomas adreso kodas N kiekvienai eilutei. Kadru numeracija gali būti atliekama nuosekliai kiekvienai eilutei arba tik tiems programos kadrams, kuriems tai reikalinga. Kadru numeracija privalo būti rašoma nuo programos pradžios, pvz.:

N0010...

N0020...

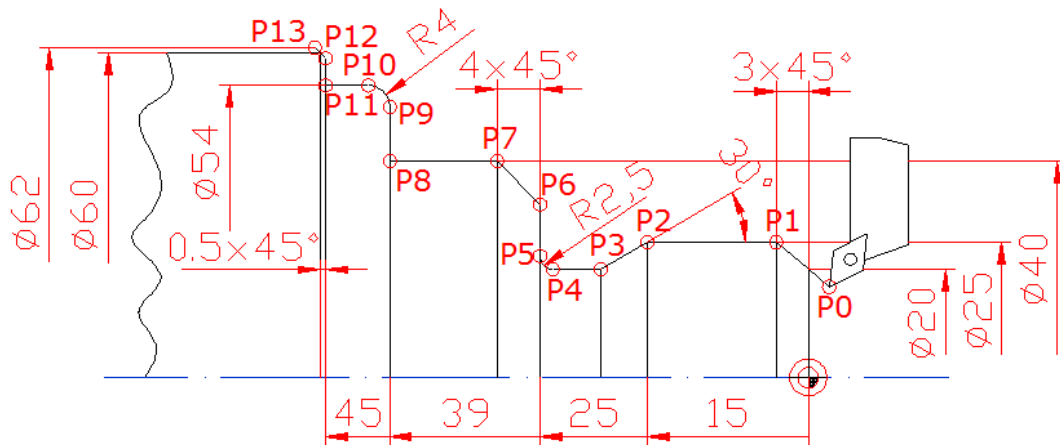
N0030...

N0040...

3.6. Įvairių detalių apdirbimo programų pavyzdžiai

3.6.1. Tekinta detalė

Tekinamoms detalėms X koordinatės reikšmė dažniausiai pateikiama per skersmenį, kad programuojant būtų galima priimti brėžinio matmenis. Valdiklis skersmenį perskaičiuoja į spindulius. Apskritimų centrų (santykiniėmis koordinatėmis) padėtis nurodoma prieaugiškai nuo apskritimo pradinio taško. Pagal 3.6.1 pav. glotniai apdirbamas veleno kakliuko kontūras. Tekinimo staklėms pastūma programuojama milimetrais vienam sūkiui. Kontūrams su kūgiu turi būti programuojamas mažesnis dydis.



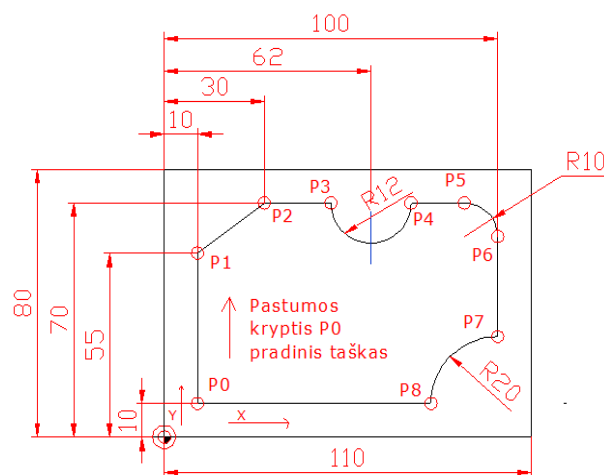
3.6.1 pav. Veleno kakliuko glotnūsis apdirbimas

3.6.1 lentelė. Programa, veleno kakliuko glotniajam apdirbimui

Detalės programa	Paaīskinimas
N5 G01 X25 Z – 3 F0.1	Nuolydžio tekinimas iki P1, pastūma 0,1 mm.
N10 Z – 15	Iīilginis tekinimas iki taīsko P.
N15 X20 Z – 19.33 F 0.08	Kontūro su nuolydžiu tekinimas iki P3, pastūma mažesnė.
N20 Z – 22.5 F0.1	Iīilginis tekinimas iki taīsko P4, pastūma 0,1mm.
N25 G02 X25 Z – 25 I2.5 K0	Apskritiminis interpoliavimas iki taīsko P5 pagal laikrodžio rodyklės kryptį.
N30 G01 X32	Skersinis aptekinimas iki P6.
N35 X40 Z – 29	Nuoūulos tekinimas iki P7.
N40 Z – 39	Antgalio tekinimas iki P8.
N45 X46	Skersinis aptekinimas iki P9.
N50 G03 X54 Z – 43 I0 K4	Apskritiminis interpoliavimas prieš laikrodžio rodyklės kryptį.
N55 G01 Z – 45	Iīilginis tekinimas iki taīsko P11.
N60 X59	Skersinis aptekinimas iki P12.
N65 X62 Z-46	Tekinimas iki galinio taīsko P13, išskyrus neapdirbtą skersmenį.

3.6.2. Frezuota detalė

Panagrinėkime frezuotos plokīstelės pavyzdį, 3.6.2.1 pav. Pateikiamas detalės brėžinys ir 3.6.2 lentelėje pateikiama programa CNC frezavimo staklėms pagaminti tokią plokīštę.



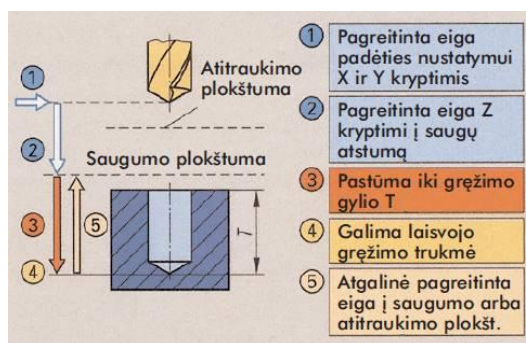
3.6.2 pav. Frezuota pagrindinė plokštė

3.6.2 lentelė. Programa, frezavimo staklėms detalės kontūrai gauti

Detalės programa	Paaškinimas
N5 G01 Y55	Tiesinis interpoliavimas iki taško P1.
N10 X30 Y70	Tiesinis interpoliavimas iki taško P2.
N15 X50	Tiesinis interpoliavimas iki taško P3.
N20 G03 X74 Y70 I12 J0	Apskritiminis interpoliavimas prieš laikrodžio rodyklės kryptį iki taško P4.
N25 G01 X90	Tiesinis interpoliavimas iki taško P5.
N30 G02 X100 Y60 I0 J – 10	Apskritiminis interpoliavimas pagal laikrodžio rodyklės kryptį iki taško P6.
N35 G01 Y30	Tiesinis interpoliavimas iki taško P7.
N40 G03 X80 Y10 I0 J – 20	Apskritiminis interpoliavimas prieš laikrodžio rodyklės kryptį iki taško P8.
N45 G01 X0	Tiesinis interpoliavimas iki 1 mm per tašką P0.

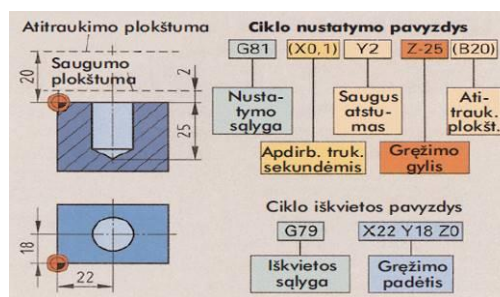
3.7. CNC staklių ciklai ir paprogramiai

Programavimo supaprastinimui naudojami ciklai ir paprogramiai. Dažnai besikartojančias atskirų apdirbimų žingsnių seka, pvz., gręžimo operacijas valdiklio gamintojai užprogramuoja iš anksto ir jas valdiklis įsimena kaip ciklus (3.7.1 pav.).



3.7.1 pav. Judėjimo eiga gręžiant

Programuojant ciklas iškviečiamas vieninteliu operatoriumi. Procedūros operatoriams įsimintame cikle koordinatų reikšmės nepriskiriamos. Yra kintamieji dydžiai, kurie vadinami **parametrais**. Programuojant parametrus priskiriamos reikšmės (ciklą nustatymas) ir tik po to galima išsikviesti ciklą (3.7.2 pav.).

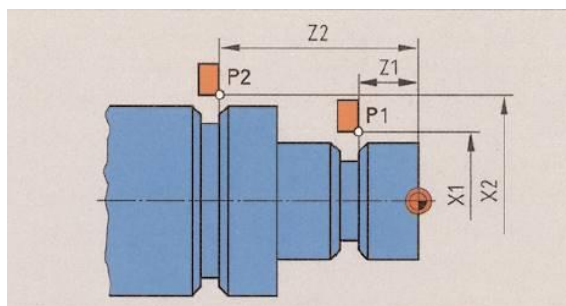


3.7.2 pav. Ciklo nustatymas ir iškvietimas

Kai kuriuose valdikliuose iškvietimas ir reikšmės priskyrimas vyksta viename įrašyme. Tuomet įrankis turi būti nustatomas taške, kuriame prasideda ciklas. Priklausomai nuo staklių ir valdiklio gamintojo, siūlomi įvairūs ciklai, pvz., gręžimo, giliojo gręžimo, sriegių skylių, skylių plėtimo, stačiakampėms ir apskritoms išpjovoms frezuoti, išdrožoms frezuoti, įveržimui atlaisvinti tekimo ir įsriegimo metu.

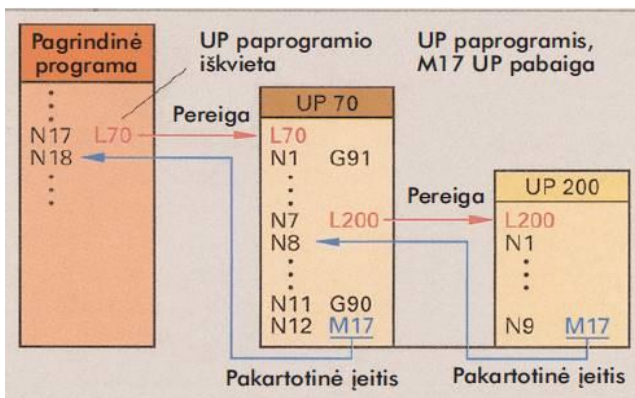
Paprogramiai.

Paprogramius sudaro detalių, skirtų kontūro elementams arba apdirbimo sekoms, kurios dažnai kartojasi, programuotojai. Jie įsimenami valdiklio paprogramių atmintyje. Jeigu, pvz., ruošinio griovelių matmenys yra vienodi, įpjovimo programa turi būti sudaroma kaip paprogramis tik vieną kartą (3.7.3 pav.).



3.7.3 pav. Ašies pirštas su grioveliais

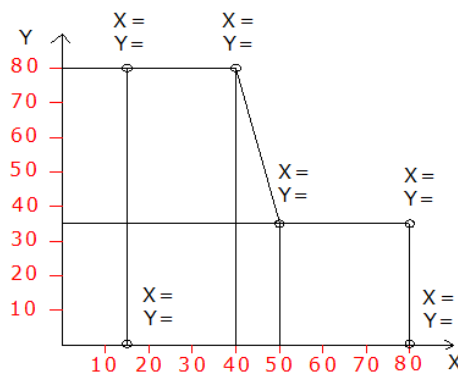
Detalės programoje (pagrindinėje programoje) nustačius įpjovimo tekimo peilio padėtį taške P1, iškviečiamas paprogramis. Koordinačių reikšmės įpjovimui įvedamos prieaugiškai. Įpjovimo tekimo peilis paprogramio pabaigoje vėl yra taške P1. Su G90 perjungus į absoliučiojo matmens įvedimą su paprogramio pabaiga M17 valdiklis vėl peršoka atgal į detalės programos įrašą, kuris seka po paprogramio iškvietos. Su pakartotine paprogramio iškvietą galima padaryti papildomas vienodas išpjovas taške P2 arba kituose taškuose. Paprogramius galima iškviešti iš bet kurios detalės programos. Paprogramio eigoje galima atlikti papildomas paprogramio iškvietas (3.7.4 pav.). Tokia tvarka vadinama kaitaliojimusi.



3.7.4pav. Paprogramių kaitaliojimas

Savikontrolės klausimai

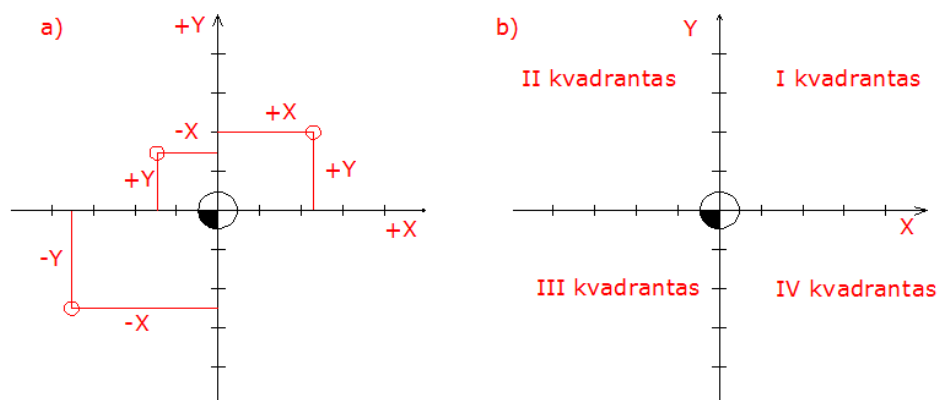
1. Kokia CNC staklių valdymo programos sandara?
2. Kokie elementai sudaro CNC valdymo programos žodžius, eilutes?
3. Kokie pagrindiniai simboliai naudojami tekimo ir frezavimo staklių valdymo programose?
4. Kaip staklių valdymo sistema nustato taškų koordinacių reikšmių ženklus, kai šios reikšmės nurodomos su ir be „+“ ženklo, pvz., X + 120.12, Y 14.22, X 120.12, Y + 14.22, kaip bus suprantamos koordinatės, kai nurodytas „-“ ženklas, pvz., X – 15.56, Z – 9.0 ?
5. Kas yra M kodai? Kokia jų paskirtis?
6. Kokios yra pagrindinės M kodų grupės?
7. Kiek M kodų galima išdėstyti vienoje programos eilutėje?
8. Koks skirtumas tarp programos M kodų M00, M01, M02, M30 veikimo?
9. Kas yra paruošiamos komandos arba G kodai, kokia jų paskirtis?
10. Išvardinkite pagrindines G kodų grupes.
11. Kaip veikia modaliniai ir nmodaliniai G kodai?
12. Kaip numeruojamos programos?
13. Koks adresas naudojamas įrankio numeriui dėtuvėje nurodyti?
14. Užrašykite taškų X ir Y koordinates.



4. STAKLIŲ KOORDINAČIŲ SISTEMA. ĮRANKIŲ NUSTATYMAS

4.1. CNC staklių koordinačių sistema

CNC staklių sistema vadinama stačiakampe Dekarto, prancūzų filosofo ir matematiko Rene Dekarto (1596 – 1650) vardu. Šią sistemą sudaro trys tarpusavyje statmenos ašys X, Y, Z, kurios susikerta viename taške O, vadinamame koordinačių pradžia. Paprasčiausia koordinačių sistema, naudojama programuojant įrankių judesius, yra dvi tarpusavyje statmenos ašys, kurios sudaro plokštumą. Šioje sistemoje ašių poromis XY, XZ ir YZ sudarytos koordinačių plokštumos. Vieną iš plokštumų galima pritaikyti vertikaliųjų frezavimo staklių stalui, kuris gali judėti dviem tarpusavyje statmenomis kryptimis, X ir Y ašies kryptimis (4.1.1 pav., a). Ašių susikirtimo taškas yra koordinačių sistemos pradžia. Nuo šio taško vyksta koordinačių reikšmių atskaita.



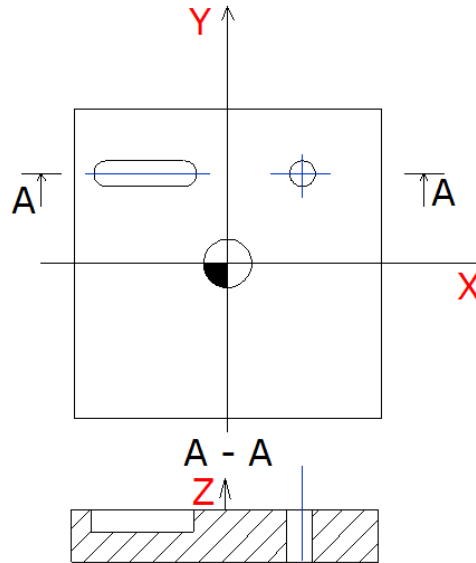
4.1.1 pav. Plokščioji Dekarto koordinačių sistema (a) ir jos kvadrantai (b)

Žiūrint į susikertančias ašis galima išskirti keturias sritis, kuriose koordinačių reikšmių ženklai yra pastovūs (4.1.1 pav., b). Šios sritys vadinamos kvadrantais, jie žymimi prieš laikrodžio rodyklę romėniškais skaitmenimis, pradedant nuo X ašies teigiamosios krypties. Kvadrantas nusako jame esančio taško koordinatės ženklą. Plokščiosios koordinačių sistemos, parodytos 4.1.1 pav., taškų išdėstytą plokštumoje XY, koordinačių ženklai yra pateikiami 4.1.1 lentelėje.

4.1.1 lentelė. Taško koordinačių ženklo priklausomybė nuo kvadranto

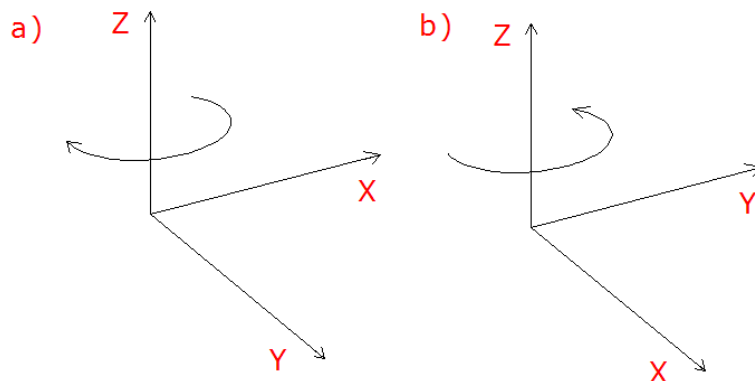
Taško padėtis	Koordinatės ženklas	
	X ašis	Y ašis
I kvadrantas	+	+
II kvadrantas	-	+
III kvadrantas	-	-
IV kvadrantas	+	-

Turint dviejų ašių (plokščiąją) koordinacių sistemą galima pasakyti, pvz., pritvirtintos prie frezavimo staklių stalo detalės skylių ašių padėtis, iškarpos plotį, pradžią ir pabaigą (4.1.2 pav.), tačiau to nepakanka, nes visi elementai turi tam tikrą gylį.



4.1.2 pav. Apdirbamos detalės paviršiaus koordinatės

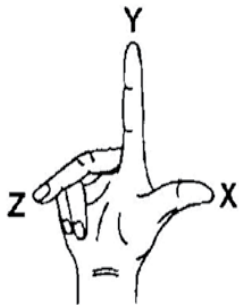
Norint apibrėžti gylį, reikia įvesti papildomą vertikalią ašį (Z). Tokioje stačiakampėje erdvinėje Dekarto koordinacių sistemoje ir dirbama paprasčiausiomis vertikaliomis ir horizontaliomis frezavimo staklėmis. Frezavimo ir gręžimo darbams atlikti kai kurių gamintojų tekinimo centruose galima valdyti ir Y ašį. Ašių kryptys gali būti nesunkiai nustatomos, nes programinio valdymo staklėse nustatyta bendra koordinacių sistema, kuri vadinama dešinine Dekarto koordinacių sistema (4.1.3 pav., b).



4.1.3 pav. Dekarto koordinacių sistema: a – kairinė; b- dešininė

Dešinės koordinacių sistemos teigiamos koordinacių ašių kryptys nustatomos pagal dešinėsios rankos taisyklę. Pagal ją dešinėsios rankos nykštys rodo teigiamą abscisių (X) ašies kryptį,

smilius – teigiamą ordinačių (Y) ašies kryptį, o vidurinis pirštas – aplikačių (Z) ašies kryptį (4.1.4 pav.).



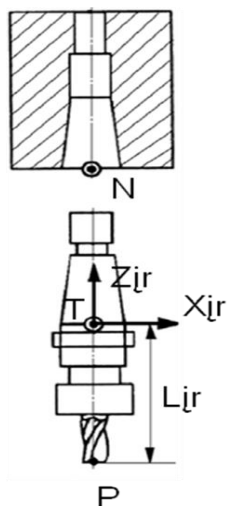
4.1.4 pav. Dešniosios rankos taisyklė linijinių ašių kryptims nustatyti

Teigiamoji sukimosi ašių kryptis nustatoma pagal kitą dešniosios rankos taisyklę. Pagal ją dešniosios rankos nykštį nustačius teigiamąją tam tikros ašies kryptimi, kaip nustatyta anksčiau, kiti sulenkti pirštai parodys teigiamą sukimosi kryptį. Tai yra pagrindinė taisyklė, skirta staklių ašių kryptims nustatyti.

4.2. Įrankių, detalių ir staklių koordinačių sistemos

Įrankio koordinačių sistema.

Ši sistema naudojama įrankio viršūnės padėčiai laikiklio atžvilgiu aprašyti. To labiausiai prireikia, kai įrankis derinamas ne ant staklių, o specialiam stende. Dirbant CNC frezavimo staklėmis patogiau valdyti ne įrankio junginio bazinio taško (taškas N, 4.2.1 pav.) judesius, bet paties įrankio bazinio taško (taškas P, 4.2.1 pav.) judesius.



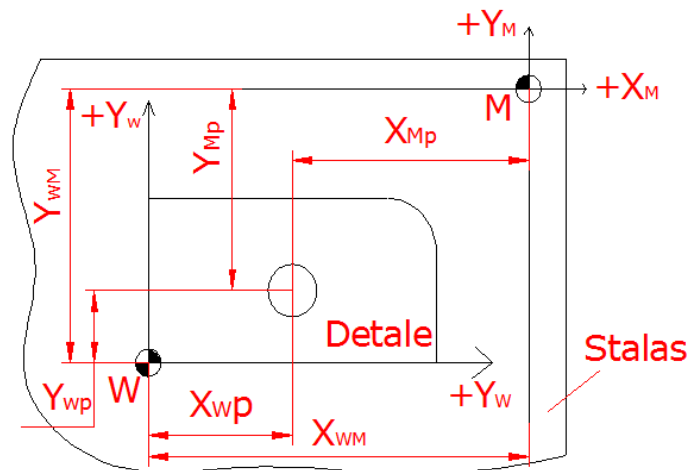
4.2.1 pav. Įrankio koordinačių sistema

Tokiu atveju nereikia vertinti programoje įrankio išsikišimo iš laikiklio ilgio. Nustatant įrankis nukreipiamas iš dėtuvės į suklij ir savo galu priliečiamas prie detalės Z ašies nulinio. Panašiai ir tekimo staklėse, kuriose reikia peilio (arba grąžto ir pan.) viršūne prisiliesti prie detalės nulių, įvertinant įrankio išsikišimą. Skirtingų įrankių išsikišimų ilgiai yra skirtingi, todėl derinamas kiekvienas įrankis, naudojamas apdirbimo programoje. Pakeitus atšipusį arba sulūžusį įrankį laikiklyje, jį reikia derinti iš naujo.

Automatizuotoje gamyboje įrankiai dažniausiai teikiami prie staklių ir keičiami automatiškai. Tokie įrankiai būna jau suderinti stenduose, jų išsikišimo ilgiai būna nustatyti įrankio koordinatinių sistemoje. Įrankio koordinatinių sistemos pradžia nustatoma įrankių stendo baziniame taške T, kuris visada sutapdintas su staklių įrankio junginio baziniu tašku N (4.2.1 pav.). Taip įrankis statomas pagal aukštį, jis gali pakeisti ankstesnį įrankį papildomai nederinant.

Detalės koordinatinių sistema.

Detalės koordinatinių sistema, kurioje operatorius arba programuotojas programuoja įrankių poslinkius. Jos ašys yra lygiagrečios su staklių koordinatinių ašimis, skiriasi tik pradžios padėtis. Sistemos pradžią pasirenka operatorius ir sudaro valdymo programą, kurioje programuoja judesius tarp visų apdirbamų taškų.

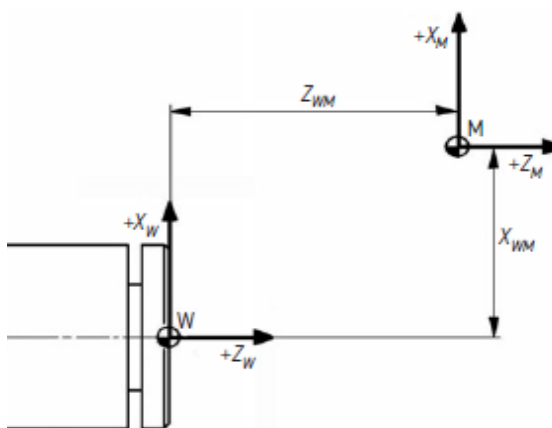


4.2.2 pav. Detalės, kuri apdirbama ant vertikaliojo apdirbimo centro stalo, koordinatės

4.2.2 paveikslėlyje detalės koordinatinių sistema yra pažymėta XW–YW, kurios pradžia yra taške W. Tarkime, kad reikia išgręžti skylę, kaip nurodyta paveikslėlyje, tačiau tai reikia atlikti detalės (XW–YW), o ne staklių (XM–YM) koordinatinių sistemoje. Programuotojas programoje turi nurodyti skylės centro koordinatas ne nuo taško M, bet nuo taško W (4.2.2 pav., XWp, YWp). Tokiu atveju programuotojui nebereikės nurodyti kitų atstumų. Jeigu pakeisime ruošinio vietą ant staklių stalo,

operatoriui nereikės keisti programoje nurodytų koordinatų, jis tik iš naujo nurodys staklės detalės nulį W derinant stakles, kad visos programoje nurodomos koordinatės būtų pririštos prie šio taško. Nurodoma detalės koordinatų sistemos pradžia prisiliečiant įrankiu prie taško W pagal ašis X ir Y ir įrašant nustatytus atstumus į specialią lentelę.

Atstumai nuo staklių nulinio iki detalės vadinami detalės kompensacijomis. Kiekvienai koordinatų sistemai nustatytos kompensacijų reikšmės pagal kiekvieną ašį saugomos staklių atminties kompensacijų registre. Detalės koordinatų sistemos pradžios pasirinkimas priklauso nuo daugelio veiksnių, pvz., konstrukcinių bazių išdėstymo, detalės formos. Cilindro formos detalėms, kai detalės nulis parenkamas ašies viršutinės plokštumos susikirtimo taškas, sukimosi kūnų formos detalėms, kurios apdirbamos tekinimo staklėmis – ašies ir galo plokštumos susikirtimo taškas.



4.2.3 pav. Detalės, kuri apdirbama tekinimo staklėmis, koordinatų sistema

4.2.2 ir 4.2.3 paveikslėliuose matome, kad ašys detalės koordinatų sistemoje, palyginti su staklių koordinatų sistema, išdėstytos taip pat, tik staklių koordinatų sistema lygiagrečiai perkeliama į kitą operatoriui patogesnę vietą.

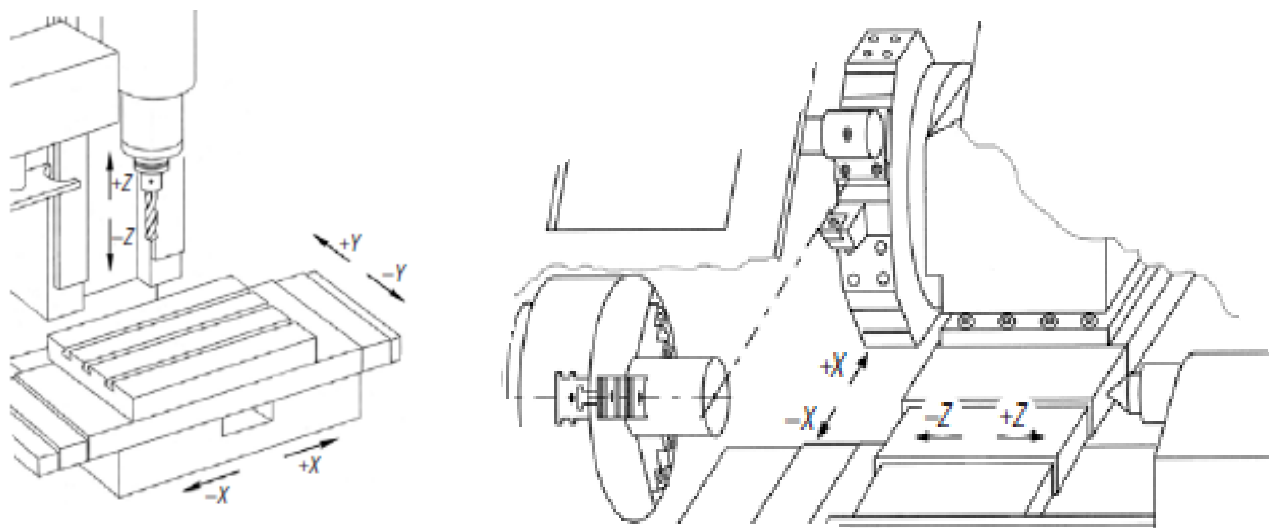
Kad nebūtų painiavos rengiant programas frezavimo staklėmis, sutarta, kad įrankis juda ruošinio atžvilgiu, nors gali būti ir atvirkščiai. Jeigu pastūmos judesiui atlikti reikia perstumti junginį su įrankiu, judesys atliekamas su nurodytu valdymo programoje ženklu. Jeigu reikia perstumti junginį su ruošiniu, ženklas CNC įrenginiu keičiamas į priešingą. Staklių darbo metu operatorius vaizduoklyje gali matyti, kaip judant įrankiui, keičiasi koordinatės ir staklių, ir detalės koordinatų sistemose.

Staklių koordinatų sistema.

Nors staklėmis nustatyta bendra dešininė Dekarto koordinatų sistema, įvairios paskirties programinių staklių ir įrengimų koordinatų sistemos išdėstytos skirtingai, tai įrodo 4.2.4 pav. Staklių koordinatų sistema yra pagrindinė sistema, kurioje nustatomi ribiniai, pradiniai ir visi kiti staklių

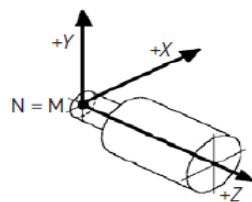
valdomų dalių poslinkiai. Jų padėtis apibūdinama bazinių taškų padėtimi, šie taškai nustatyti gamintojų ir priklauso nuo programinių staklių tipo. Frezavimo staklių suklio galvutėje toks taškas yra suklio ašies ir jo galo susikirtimo taškas, tekinimo staklėse – galvutės ašies ir bazavimo plokštumos susikirtimo taškas, kryžminiame stakle – jo įstrižainių susikirtimo taškas.

Staklių Z ašis visada sutampa su suklio ašimi. Likusių ašių kryptys nustatomos pagal dešinėsios rankos taisyklę (4.1.4 pav.).



4.2.4 pav. a) vertikalojo, b) tekinimo staklių valdomos ašys

Horizontaliojo apdirbimo centro koordinatinės ašys ir valdomų dalių baziniai taškai parodyti 4.2.5 pav. Suklio galvutės bazinis taškas yra ten pat, kur ir vertikalojo apdirbimo centro – suklio ašies ir galo plokštumos susikirtimas.

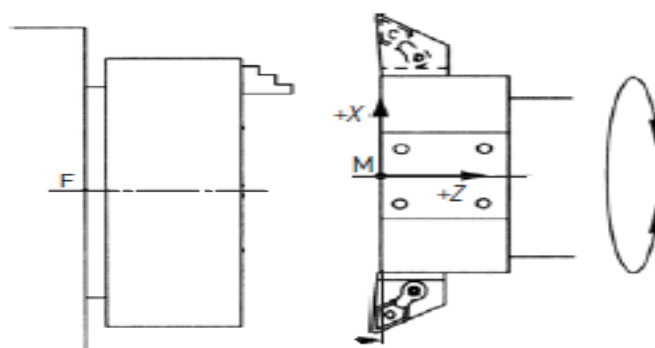


4.2.5 pav. Horizontaliojo apdirbimo staklių koordinatinių sistema

Tekimo staklių poslinkiai valdomi dviejų ašių koordinatinių sistemoje (4.2.4 pav. b), kurioje Z ašis lygiagreti su suklio ašimi, ir suklyje tvirtinamas ruošinys, o ne įrankis. Tekimo staklių su revolverine galvute koordinatinių sistemos pradžia yra taškas M, kuris labiausiai nutolęs nuo suklio

junginio bazinio taško (taškas F, 4.2.6 pav.) pagal abi ašis – X ir Z. Staklių ašys pasiekia nulį tada, kai įrankio junginio bazinis taškas N sutampa su tašku M ir nuo šio taško M vyks koordinacių atskaita staklių koordinacių sistemoje.

Staklių be revolverinės galvutės su peilių įtvaru koordinacių sistema yra panaši, tik X ašis nukreipta į kitą pusę. Staklių nulis yra toliausiai nuo suklio galo, bet prieš centrų liniją. Įrankio junginio bazinis taškas yra taškas ant įtvaro sukimosi ašies.



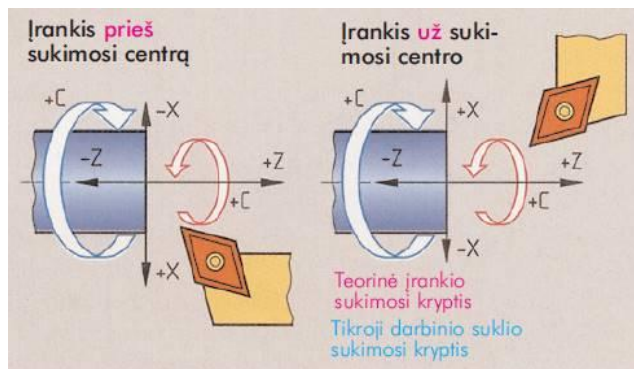
4.2.6 pav. Dviejų ašių tekimo staklių koordinacių sistema ir baziniai junginių taškai

Turint staklių koordinacių sistemą galima apibrėžti reikiamas detalės koordinatas joje ir programuoti įrankių poslinkius apdirbant. Tačiau toks metodas turi trūkumų, tarkime, kad turime tokią detalę, kuri pavaizduota (4.2.2 pav.), ir tą detalę reikia apdirbti vertikaliuoju apdirbimo centru, išgręžti skylę. Tokiu atveju reikia skylės centro koordinatas X ir Y nustatyti staklių nulinio – taško M atžvilgiu. Tai atlikti yra sudėtinga.

Įtvirtinus detalę spaustuvoje ant staklių stalo reikia išmatuoti atstumus nuo taško M iki apatinio detalės krašto (X_{WM} ir Y_{WM} , 4.2.2 pav.). Matuojama atskaitant bazinio taško poslinkius staklių koordinacių sistemoje. Taško M padėtis staklių valdymo sistemai yra žinoma. Įjungus stakles jų ašys turi būti grąžinamos į nulį. Toliau, įtvirtinus sukulyje žinomo skersmens įrankį, reikia prisiliesti juo prie kairiojo ir apatinio detalės šonų. Pridėję prie vaizduoklyje nustatytų prisilietimo metu atitinkamų X ir Y koordinacių įrankio spindulį, gausime atstumus X_{WM} ir Y_{WM} . Programuojant pagal detalės brėžinį, kuriame nurodomi atstumai nuo detalės krašto iki skylės centro, prie atstumų X_{WM} ir Y_{WM} (kurie yra neigiami) pridedami atstumai X_{Wp} , X_{Mp} , Y_{Mp} . Jau žinome skylės centro koordinatas staklių koordinacių sistemoje X_{Mp} ir Y_{Mp} . Situacija būtų sudėtingesnė, jeigu reikėtų apdirbti ne vieną detalės elementą, o kelis, pvz., gręžiamos kelios skylės ir frezuojamas kontūras.

4.2.3 CNC staklių nulinis ir atskaitos taškai

Ašių ženklas nustatomas taip, kad įrankis jį perstumiant teigiama ašies kryptimi judėtų nuo ruošinio. Todėl, priklausomai nuo įrankio padėties, koordinačių sistemos yra skirtingos. Teigiama X ašis rodo įrankio kryptį. Kaip X koordinatė įvedamas skersmuo. X ašies ženklas reikalingas, pvz., priauginio matmens įvedimo metu arba įrankio padėčiai koreguoti.

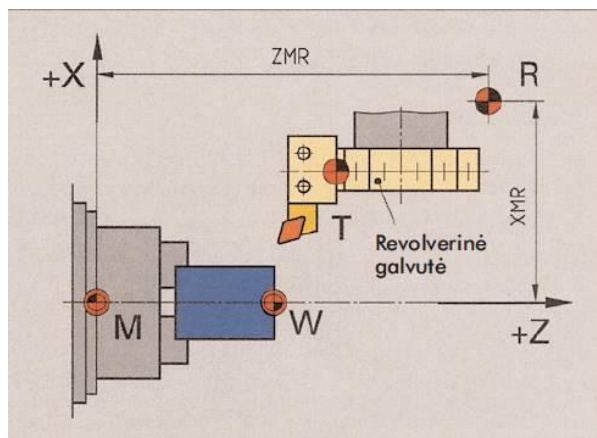


4.2.3.1 pav. Tekinimo staklių koordinatės

Vienareikšmiam apdirbimo padėčių nustatymui reikia žinoti koordinačių ašių ir atskaitos taškų padėtį tarp staklių ruošinio ir įrankio.

Staklių nulinis taškas M

Staklių nulinis taškas yra bendras staklių koordinačių nulinis taškas. Jį nustato staklių gamintojas ir jis negali būti keičiamas. Šiuo tašku remiasi poslinkio matavimo sistemų matmenys. Tekinimo staklėse dažniausiai jis esti ant suklio ašies griebtuvo tvirtinimo srityje (4.2.3.2 pav.).



4.2.3.2 pav. Tekinimo staklių nulinis ir atskaitos taškai

Kontrolinis taškas R

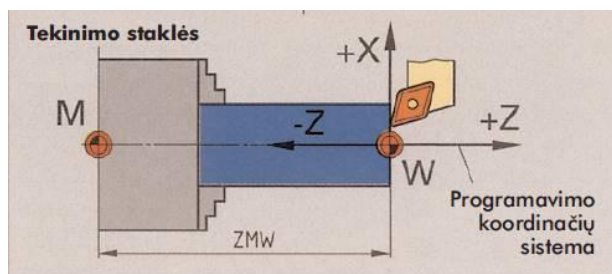
Įjungus stakles, prieauginio poslinkio matavimo sistemoms graduoti staklių nulinis taškas turi būti sutapdinamas su vežimėliu. Tai įmanoma ne visose staklėse. Tokiais atvejais naudojamas kitas, tiksliai nustatytas kontrolinis taškas. Kontrolinis taškas pasiekiamas panaudojant valdymo komandą staklių valdymo skydo mygtuku. Ekране rodoma kiekvienos ašies esama padėtis. Rodoma vertė atitinka atstumą nuo staklių nulinio taško iki atskaitos kontrolinio taško, kai vežimėlis esti kontroliniame taške.

Įrankio laikiklio (suporto) atskaitos taškas T

Įrankio laikiklio atskaitos tašką formuoja ašis ir atraminis paviršius įrankiui tvirtinti. Su šiuo atskaitos tašku, kurio padėtį žino CNC valdiklis, pasiekiamas kontrolinis taškas.

Ruošinio nulinis taškas W

Programuojant ruošinio geometriją, visi matmenys turėtų remtis staklių nuliniu tašku. Kadangi tai daryti nepatogu, programuotojas nustato ruošinio nulinį tašką. Jis parenkamas taip, kad iš brėžinio būtų galima paimti kiek galima daugiau koordinačių reikšmių arba būtų galima lengvai nustatyti jo padėtį darbo zonoje (4.2.3.3 pav.). Koordinačių atstumai nuo staklių nulinio taško iki ruošinio nulinio taško (ZMW) vadinami nulinio taško poslinkiu ir turi būti perkelti į valdiklį. Valdiklyje šios koregavimo reikšmės įsimenamos ir perskaičiuojamos. Tuomet programuotojas gali turėti visus matmenis ruošinio nulinio taško atžvilgiu.



4.2.3.3 pav. Patogi ruošinio nulinio taško padėtis

CNC staklių valdymo būdai, koregavimas

NC staklėse pagal poreikį gali būti naudojamas taškinis, segmentinis ir trajektorinis valdymas.

Taškinis valdymas

Šis paprastas CNC valdymas naudojamas staklėse, kuriose įrankis turi būti nustatytas tam tikroje padėtyje. Vežimėlis arba įrankio suportas perstumiami vienu metu arba vienas po kito iki jų apdirbimo padėties. Šis judėjimas vyksta padidintu greičiu, įrankiui neatliekant pjovimo. Taškinį valdymą naudoja, pvz., NC gręžimo staklės, šampavimo presai arba taškinio suvirinimo aparatai.

Segmentinis valdymas

Naudojant segmentinį valdymą, dažniausiai galimi tik lygiagretūs ašies atžvilgiu pastūmos judesiai. Segmentinis valdymas naudojamas ruošinių manipuliavimui ir paprastų staklių valdymui.

Trajektorinis valdymas

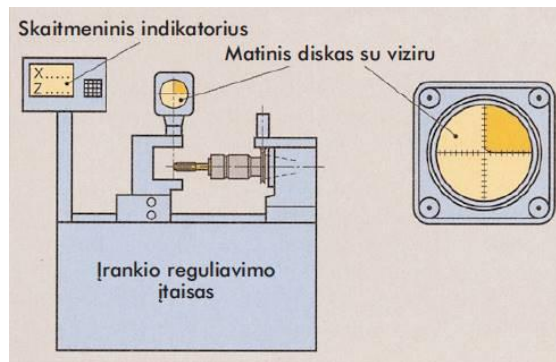
Naudojant trajektorinį valdymą, **vienu metu** programiškai galima perstumti vežimėlį arba įrankio suportą pagal 2 arba daugiau ašių. Tam tikslui tarpusavyje turi būti suderinti atskirų ašių pavarų greičiai. Šį uždavinį perima CNC valdiklio interpoliatorius.

Įrankio matavimas ir įrankio koregavimas

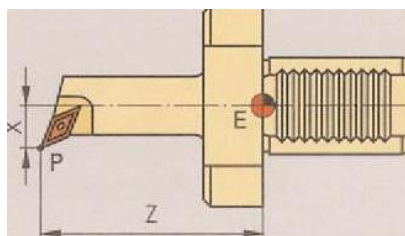
Valdiklis apdirbimo metu palygina įrankio matmenis su ruošinio matmenimis, kad ruošinio kontūrą būtų galima programuoti nepriklausomai nuo naudojamų įrankių. Prieš tai kiekvienas įrankis turi būti pamatuotas.

Išorinis įrankio matavimas

Jeigu matuojama staklių išorėje, pvz., ant įrankio išankstinio reguliavimo įtaiso, matavimas vadinamas išoriniu įrankio matavimu (4.2.3.4 pav.). Įrankio suportas su įtvirtintu įrankiu įstatomas į reguliavimo įtaiso adapterį. Adapteris leidžia naudoti įvairius įrankio velenus. Pjovimo taško P atstumai iki įrankio atskaitos taško E išmatuojami (4.2.3.5 pav.), kaip koregavimo reikšmės su teisingu ženklu, įvedami į CNC valdiklio įrankio koregavimo atmintį ir priskiriami atitinkamam įrankiui. Tai gali būti atliekama ranka, naudojantis valdiklio klaviatūra arba įvedama tiesiogiai per duomenų perdavimo liniją. Įstačius įrankį į NC stakles, įrankio atskaitos taškas E sutampa su įrankio suporto atskaitos tašku T.



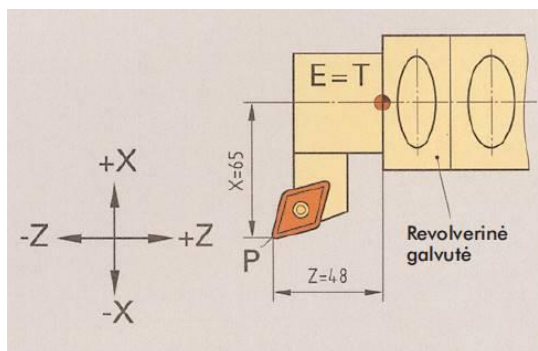
4.2.3.4 pav. Išorinis įrankio matavimas



4.2.3.5 pav. Įrankio koregavimo duomenys: E įrankio atskaitos taškas, P pjovimo taškas

Įrankio koregavimo ženklas

Įrankio suporto atskaitos taškas T sutampa su programuotomis koordinatinių reikšmėmis, jeigu valdiklis nepateikia apskaičiuotų įrankio koregavimo reikšmių. Apdirbant ruošinio kontūrą, vežimėlis arba įrankio suportas turi būti sureguliuoti taip, kad atitinkamo įrankio pjovimo taškas P atsidurtų ant programuotos ruošinio koordinatinių reikšmės. Taigi, tekimo įrankio (4.2.3.6 pav.) koregavimo vertės būtų tokios (įrankis už sukimosi centro): įrankio ilgis $Z = +48$ mm, skersinis nuokrypis $X = +65$ mm.

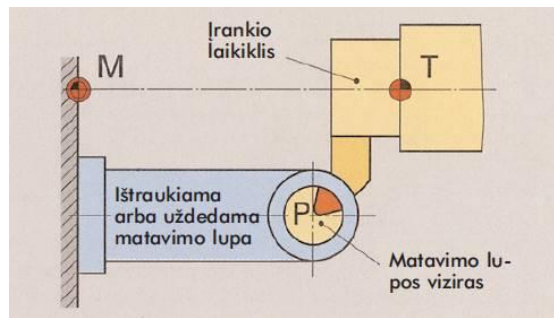


4.2.3.6 pav. Tekimo įrankio koregavimo reikšmės

Įrankio koregavimo ženklas ir koregavimo matmenys parenkami taip, kad pjovimo tašką P perstumtų į įrankio suporto atskaitos tašką T.

Vidinis įrankio matavimas (4.2.3.7 pav.)

Kai kurios NC tekimo staklės turi optinį matavimo įtaisą, kuris leidžia išmatuoti įrankį staklėse. Kiekvieno atskiro įrankio pjovimo taškas P atsiduria žemiau matavimo lupos viziro. Tikroji vežimėlio padėtis iki staklių nulinio taško M arba pjovimo taško P perduodama į koregavimo atmintį ir apdirbimo metu su atitinkamu įrankiu perskaičiuojama.

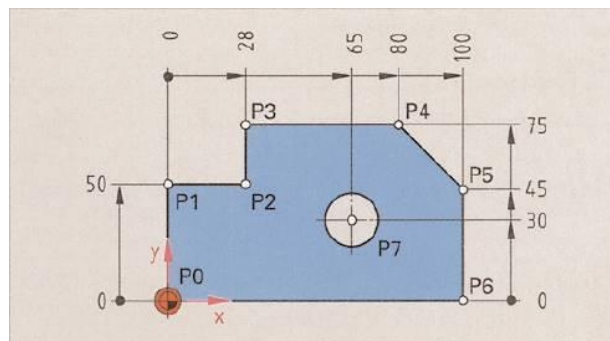


7.2.3.7pav. Vidinis įrankio matavimas

4.3. Absoliutinė ir prieauginė koordinatinių atskaitos sistema

Dirbant CNC staklėmis pagal programą, dažniausiai įrankis juda pagal užprogramuotą trajektoriją staklių darbo zonos erdvėje. Programuotojas turi nustatyti trajektorijos taškų koordinates detalės koordinatinių sistemoje ir teisingai užprogramuoti nuoseklų įrankio judesį iš vieno taško į kitą taip, kad staklės suprastų. Programoje nurodomos ir kitos komandos, be kurių negalima apdirbti detalės, pvz., įjungti suktis suklį ir pan. Priklausomai nuo apdirbamos detalės geometrijos formos, galima užprogramuoti įrankio judesį tarp atskirų taškų pagal tiesę pagreitintai ir pagal apskritimo lanką.

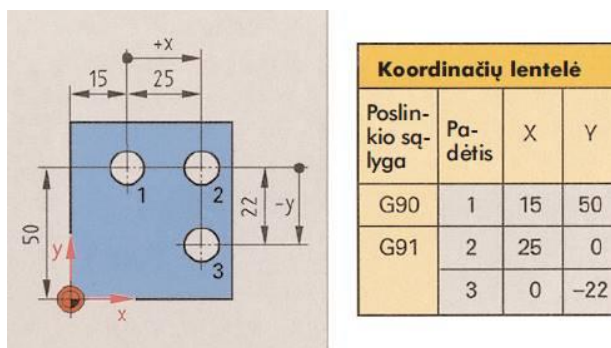
Programuojant su absoliučiaisiais matmenimis (G90), visi matmenys nurodomi ruošinio nulinio taško atžvilgiu (4.3.1 pav. ir 4.3.1 lent.). Papildomas padėties keitimas kitų poslinkio matmenų nekeičia. Esant reikalui, galima perjungti į prieauginį matmenų nurodymą (G91) (4.3.2 pav.). Tokiu atveju matmenys nurodomi remiantis ankstesne įrankio padėtimi. Vežimėlis perstumiamas per programuotą matmenį teigiama arba neigiama kryptimi. Programavimas naudojant prieauginius matmenis vyksta nepriklausomai nuo ruošinio nulinio taško.



4.3.1 pav. Absolūtieji plokštės matmenys

4.3.1 lentelė. Koordinačių lentelė (G90)

<i>Taškas</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Taškas</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>
<i>P0</i>	0	0	<i>P4</i>	80	75
<i>P1</i>	0	50	<i>P5</i>	100	45
<i>P2</i>	28	50	<i>P6</i>	100	0
<i>P3</i>	28	75	<i>P7</i>	65	30



4.3.2 pav. Skylių priauginis matmenų nurodymas

Programuojant su absoliučiais matmenimis (G90), visi matmenys nurodomi ruošinio nulinio taško atžvilgiu. Programuojant su priauginiais matmenimis (G91), priaugis nurodomas ankstesnio taško atžvilgiu, laikantis teisingo ženklo.

Koordinačių režimą pasirenka programuotojas arba operatorius tos pačios programos kodais. Taškų koordinatės galima nurodyti nuo taško, kurio padėtis erdvėje yra pastovi, tada bus programuojama absoliučiomis koordinatėmis. Kiekvieno naujo taško koordinatės programoje gali būti nurodomos nuo paskutinio taško, kuriame buvo įrankis. Tada kiekvienas taškas tampa baziniu kito taško koordinatėms nurodyti, tada bus pasirinktas priaugių režimas ir programuojama priaugiais. Naujo tipo CNC staklėmis galima programuoti tiek absoliučiosiomis koordinatėmis, tiek priaugiais. Pasirinkti koordinatų pateikimo būdą vienoje programoje galima daugelį kartų, dažniausiai programuotojai renka absoliučiąjį koordinatų režimą, nors kartais be priaugių režimo negalima apsieiti.

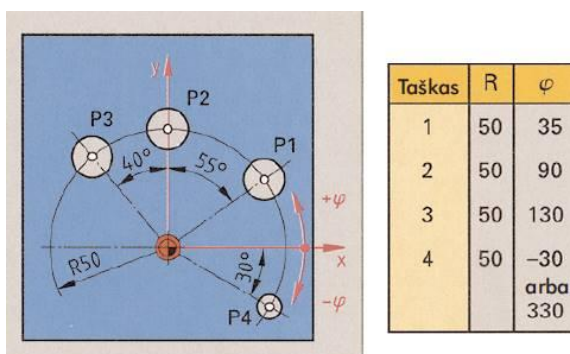
Kartais programuojant priaugio koordinatėmis didesnė tikimybė suklysti, nei programuojant absoliučiomis koordinatėmis, kadangi reikia atlikti papildomus skaičiavimus. Priaugių režimas turi būti pasirinktas tam tikrais atvejais, kai programuojami vidiniai ciklai ir paprogramės.

Tekinimo staklių koordinatų sistemoje X ašies koordinatės yra dvigubinamos, išreiškiamos skersmeniu, o ne spinduliu. Tokios koordinatės nustatytos beveik visose tekinimo staklių valdymo sistemose. Taip yra todėl, kad tekintų detalių brėžiniuose dažniausiai nurodomi skersmenys, o ne spinduliai.

Polinės koordinatės.

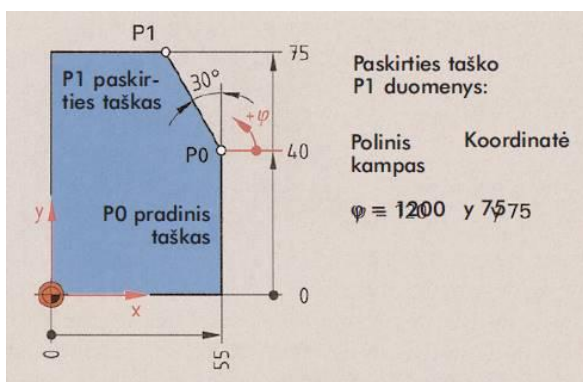
Šios koordinatės mažiau naudojamos rengiant staklių valdymo programas, tačiau operatoriai susiduria su jomis naudodami standartinius staklių ciklus. Polinių koordinatė režimas frezavimo staklėse naudojamas, kai reikia apdirbti išdėstytas pagal apskritimą skyles. Tokioje koordinatė sistemoje patogiu nurodyti skylių, kurios išdėstytos pagal apskritimą arba jo lanką, centrų padėtį iš brėžinio, taip išvengiama koordinatė perskaičiavimo.

Polinių koordinatė įvedimas palengvina programavimą, jeigu brėžinys turi kampų duomenis. Taškų P1 - P4 valdikliui reikalinga poliaus padėtis, spindulys R ir poliaus kampas φ (4.3.3 pav.). Išeinant iš teigiamos X ašies, kampo dydis prieš laikrodžio rodyklės kryptį yra teigiamas, pagal laikrodžio rodyklės kryptį - neigiamas.



4.3.3 pav. Skylių centrų apskritimas su polinėmis koordinatėmis

Programuojant su polinėmis koordinatėmis, įvedamos paskirties koordinatės ir polinis kampas φ (4.3.4 pav.).



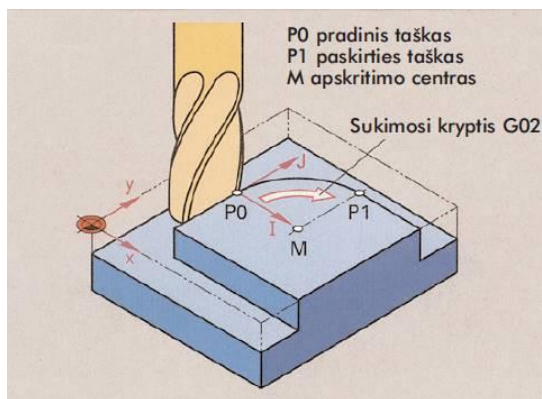
4.3.4 pav. Ruošinio kontūras su polinėmis koordinatėmis

Tiesinis interpoliavimas

Programuojant poslinkio sąlygą G01, paskirties taškas pasiekiamas programuotąja pastūma. Kaip koordinatų reikšmė nurodoma tolerancijų rūšis.

Apskritiminis interpoliavimas

Jeigu vežimėlis turi atlikti apskritiminį judesį trajektorijai apskaičiuoti, be plokštumų parinkimo, valdikliui reikalingi dar tris duomenys (4.3.5 pav.):



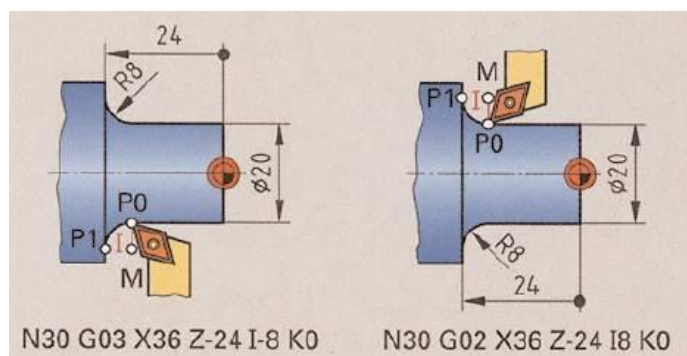
4.3.5 pav. Apskritiminis interpoliavimas

Sukimosi kryptis G02 pagal laikrodžio rodyklės kryptį, G03 prieš laikrodžio rodyklės kryptį.

Paskirties taško koordinatės (apskritimo galinis taškas). Jos reikalingos visada, net vienam iš apskritimo paskirties taškų sutampant su pradiniu tašku.

Apskritimo centro padėtis nurodant centro parametrus arba spindulį.

Ašims X, Y ir Z priskiriami apskritimo centro padėties parametrai I ir K (4.3.6 pav.). Daugumoje valdiklių su I ir K prieaugiškai nurodomas atstumas nuo apskritimo pradžios iki jo centro, taip pat, jeigu tinka, poslinkio sąlyga G90 (absoliutusias matmuo). Apskritimo centro su parametrais nurodymas, palyginti su paprastu programavimo spindulio nurodymu, turi privalumą, kad valdiklis atpažįsta klaidingai užprogramuotą paskirties tašką.



4.3.6 pav. Apskritiminis interpoliavimas tekimo metu

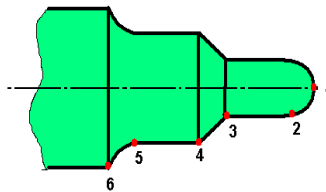
Savikontrolės klausimai

1. Koku atveju frezavimo staklėse įvedama papildoma Z ašis?
2. Kokia yra pagrindinė taisyklė staklių ašių kryptims nustatyti?
3. Koku tikslu naudojama įrankio koordinacijų sistema?
4. Kaip vadinami atstumai nuo staklių nulio iki detalės?
5. Su kokia ašimi sutampa staklių suklio ašis?
6. Koku tikslu naudojamos polinės koordinatės?
7. Kokuje koordinacijų sistemoje valdomi tekimo staklių poslinkiai?

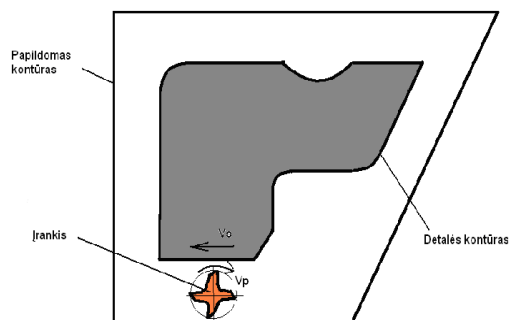
5. ĮRANKIŲ VALDYMAS IR JUDESIAI

5.1. Apskritiminė interpoliacija

Kai detalės apdirbamos staklėmis, ne visada pakanka suteikti įrankiui judesį pagal tiesę arba tiesinės interpoliacijos judesį. Norint tekinti detalę išilgai ašies arba tekinti jos galą, tekinti kūgį, ištekinti griovelį, pakanka naudoti kodą G01, tačiau tekinti fasoninei detalei (5.1.1 pav.) šio kodo nepakanka. Įprastinėse tekinimo staklėse tokiam paviršiui gauti reikėtų naudoti fasoninį peilį, bet CNC tekinimo staklėse fasoniniai peiliai nenaudojami. Taip pat, norint išfrezuoti (5.1.2 pav.) pavaizduotos detalės kontūrą, nepakanka G01 kodo. Naudodami tik G01 kodą negalėsime frezuoti kontūro atkarpų, kurios yra apskritimo lanko formos, t. y. apvalios. Tokioms detalėms arba atskiriems jų paviršiams apdirbti CNC staklėse naudojami kodai G02 ir G03 arba apskritiminės interpoliacijos judesio kodai. Naudojant šiuos kodus programuojama apskritimo lanko formos įrankio trajektorija. Toks judesys reikalingas kampams suapvalinti ir dalinio spindulio lankams sudaryti. Apskritiminė ir tiesinė interpoliacijos yra visos galimo įrankio pastūmos judesių formos, kurių pakanka detalėms apdirbti tekinimo ir frezavimo staklėmis.



5.1.1 pav. Detalei apdirbti naudojami G02, G03 kodai



5.1.2 pav. Frezuojamas kontūras, kuriam apdirbti naudojami G02, G03 kodai

Šių tipų judesiai naudojami ir kitose CNC technologinėse mašinose, pvz., pjaustymo lazerio spinduliu staklėse, vielos elektroerozinėse staklėse ir pan. Kodai G02 ir G03 veikia panašiai. Skirtumas

tame, kad kodas G02 naudojamas, kai reikia, kad įrankis judėtų pagal laikrodžio rodyklę, o kodas G03 – prieš laikrodžio rodyklę.

Norint programuoti apskritiminės interpoliacijos judesį, nepakanka įvesti galinio judesio taško koordinatę, bet reikia žinoti, kur yra apskritimo centras, nes tik turint du taškus galima nubrėžti begalinį skaičių skirtingų spindulių apskritimų. Apskritimo parametrus programuoti labai svarbūs apskritimo kvadrantai – keturios apskritimo dalys, kuriose gali būti apskritimo lanko, pagal kurį juda įrankis, judesio pradžios ir pabaigos taškai. Šios dalys gaunamos, kai dvi tarpusavyje statmenos linijos, lygiagrečios su tam tikromis staklių koordinatėms ašimis, braižomos iš apskritimo centro. Programuojant tokius judesius, svarbūs keturi taškai – kvadranto taškai, kurie išdėstyti apskritimo susikirtimo su tomis linijomis taškuose. Šiuos taškus geriausia atsiminti žiūrint į analoginį laikrodį (5.1.1 lentelė).

5.1.1 lentelė. Kvadrantai ir jų taškų išsidėstymas

Kampas, laipsnis	Laikrodžio rodyklė	Taškas yra tarp kvadrantų
0	3 val.	IV ir I
90	12 val.	I ir II
180	9 val.	II ir III
270	6 val.	III ir IV

Standartais, kurie taikomi CAD, CAM ir CNC sistemose, nustatyta, kad kampo dydis yra teigiamas, kai jis atskaitomas prieš laikrodžio rodyklę pradėdamas nuo nulio, kurio padėtis atitinka 3 val. laikrodžio ciferblate. Ši taisyklė svarbi programuojant G02 ir G03 kodais. Abu kodai G02 ir G03 yra modaliniai, jie lieka aktyvūs iki programos pabaigos arba kol nebus pakeisti kitais grupės kodais.

Eilutės su kodais G02 arba G03 sintaksė nesiskiria ir bendruoju atveju gali būti dvejopa:

G02 arba G03 X... Y... Z... I... J... K... F...;

Arba, G02 arba G03 X... Y... Z... R... F... .

Čia: X, Y, Z – staklių valdomų ašių adresai, po kurių nurodomos apskritiminio judesio galinio taško koordinatės; I, J, K – adresai, po kurių nurodomi atstumai nuo judesio pradinio taško iki apskritimo lanko centro, išmatuoti X, Y, Z ašių kryptimis; R – lanko spindulio adresas.

Frezavimo staklėse atvykimo taško absoliučiosios ir prieaugio koordinatės nurodomos tais pačiais adresais X, Y, Z, o absoliučiąjį koordinatėms režimą valdomas kodais G90, G91. Tekinimo staklėse dirbant prieaugiais vietoje adresų X ir Z naudojami adresai U bei W. Programos eilutėje su G02, G03 kodais žodžių eiliškumas neturi jokios įtakos.

Apskritimo judesio pradžia ir pabaiga.

Apskritiminio judesio pradinis taškas – tai vieta, nuo kurios prasideda apskritiminės interpoliacijos judesys. Toks taškas būtinai turi būti ant apskritimo lanko. Įrankis visada juda nuo esamos pozicijos iki nurodytos. Pvz., kaip matome iš programos ištraukos N5 eilutėje nurodytos tiesinio judesio G01 galinio taško koordinatės. Kitoje eilutėje N10 įrankiui nurodoma judėti nuo pradinio taško, kuris yra buvusio tiesinio judesio G01 galinis taškas, į galinį tašką prieš laikrodžio rodyklę apskritimo lanku G03, kurio spindulys R yra 20 mm. Eilutėje po kodo G03 nurodomos apskritiminio judesio pabaigos taško koordinatės. Paskutinėje eilutėje judesys vyks pagal tiesę, kurios pradinis taškas apskritiminio judesio galinis taškas, o šio taško koordinatės nurodytos eilutėje N15.

N5 G01 X133.0 Y175.0 F230.0;

N10 G03 X105.0 Y230.0 R20.0;

N15 G01 X95.0 Y270.0.

Apskritiminio judesio įrankio atvykimo taškas apibūdinamas kaip taškas, kuriame baigiasi įrankio apskritiminis judesys, tačiau šis taškas privalo priklausyti apskritimo lankui.

Kad valdymo įrenginys sugebėtų atlikti apskritiminį judesį, jam reikia nurodyti lanko spindulį ir lanko centro koordinates. Apskritimo lanko spindulys gali būti nurodytas adresu R, o centro padėtis – apskritimo centro vektorių aprašančiais adresais I, J, K. Šiuolaikinėmis CNC staklėmis operatorius gali taikyti abu būdus, bet senesnėse valdymo sistemose naudojamas tik antras būdas. Pirmu atveju lanko spindulys nurodomas tiesiogiai, antru – nurodoma lanko centro padėtis judesio pradinio taško atžvilgiu.

Tekinimo staklėse apskritiminės interpoliacijos judesys dažniausiai atliekamas ZX plokštumoje. Staklėse pagal nustatytus parametrus aktyvus kodas G18, kuris programoje dažniausiai nenurodomas. Tačiau yra išimtis, kai tekinimo staklėse su įrankių pavara ir valdoma C ašimi frezuojami elementai, kurie yra galiniame arba šoniniame ruošinio paviršiuje. Tokiu atveju kartais reikia programuoti judesius plokštumoje XY, pasirinkus ją kodu G17, specialiu G kodu Dekarto koordinates XY plokštumoje galima automatiškai transformuoti į polines koordinates. Tekinimo staklėse apskritiminės interpoliacijos judesių plokštumoje ZX kryptys sutampa su apibrėžtomis, t. y. „pagal“ ir „prieš“ laikrodžio rodyklę.

Programuojant apskritiminės interpoliacijos judesius su adresais I, J, K skaičiavimų nereikia tada, kai pradinis judesio taškas sutampa su koku nors kvadranto tašku. Žinoma, paprasčiau judesį apskritimo lanku programuoti naudojant vietoje adresų I, J, K lanko spindulio adresą R, bet šis būdas netinka visiems CNC įrenginiams. Kai nurodomas spindulys, staklių valdymo įrenginys atlieka reikalingus skaičiavimus ir nustato koordinates. Nurodžius spindulio reikšmę, programoje reikia nurodyti ir jo ženklą „-“ arba „+“. Ženklas nustatomas tokia taisykle: pradinis ir galinis lanko taškai sujungiami tarpusavyje styga. Jeigu lanko centro taškas yra ant stygos arba už stygos ir lanko ribų, bus

teigiamas spindulio ženklas, o jeigu centro taškas yra plote, kuris apribotas lanku ir styga – neigiamas. Arba trumpiau: spindulio ženklas bus neigiamas, kai didesni nei 180° lankai, o teigiamas – kai mažesni arba lanko kampas lygus 180°.

Viso apskritimo trajektorija.

Daugelio firmų valdymo sistemų gamintojai leidžia programuoti viso apskritimo įrankio trajektoriją. Tarp darbų, kurie atliekami tekimo staklėmis, sunku rasti tokį, kuriame reikėtų 360° trajektorijos, tačiau tarp darbų, kurie atliekami frezavimo staklėmis, tokių dažnai pasitaiko: žiedinio griovelio frezavimas, apvalios iškarpos frezavimas, sriegio frezavimas ir kt.

Labai svarbu žinoti, kad programuojant viso apskritimo trajektoriją negalima naudoti adreso R, net jeigu valdymo sistema R adresus supranta. Galima programuoti tik adresais I, J, K. Adresas R gali suklaidinti sistemą, jei reikia viso apskritimo judesio. Jeigu pradinis ir galinis judesio taškai sutampa, nurodžius spindulį R galima gauti begalybę apskritimų, apskritimo centro padėtis yra neapibrėžta, o adresais I, J, K gaunamas vienintelis sprendimas, t. y. vienas apskritimas, kuris gali būti nubrėžtas per tašką.

Kai kurie CNC staklių gamintojai vartotojų patogumui yra paruošę vidinius ciklus, kurie skirti apvalioms išėmoms frezuoti. Šie ciklai programuojami atskirais kodais, G12 ir G13. Pirmasis skirtas judesiams pagal laikrodžio rodyklę programuoti, antrasis – prieš. Šie ciklai yra labai patogūs, nes jie netrukdo programuoti apskritiminių judesiu G02 ir G03 kodais ir adresais I, J, K, o tik papildo staklių galimybes ir leidžia sutrumpinti programų parengimo laiką.

Apskritiminio judesio pastūma.

Dauguma operatorių neįvertina apskritiminio judesio specifikacijos ir palieka šiam judesiui tą pačią pastūmą, kuri buvo programuota tiesinei interpoliacijai. Tačiau, kai apdribo paviršiaus kokybė yra labai svarbi, priklausomai nuo spindulio dydžio reikia atlikti pastūmos, pasirinktos iš įrankių katalogo ir naudojamos tiesinio interpoliavimo judesiui, korekciją.

Tekinant koreguoti pastūmą nėra tikslo, nes peilio viršūnės suapvalinimo spindulys yra mažas ir įrankio viršūnės judėjimo trajektorija beveik sutampa su užprogramuota. Tačiau frezuojant pirštine freza, to nebus. Jeigu jos skersmuo 15mm ir daugiau, tokiu atveju, kad gana didelio skersmens įrankis naudojamas mažo spindulio išorinėms suapvalintoms vietoms frezuoti, įrankio centro nueitas kelias bus didesnis negu lanko ilgis, todėl pastūma turi būti sumažinta, lyginant su pastūma, kuri naudojama tiesiniam judesiui. Pastūmai koreguoti naudojamos šios formulės:

$$F_{k+} = \frac{F_t(R+r)}{R} \quad 5.2$$

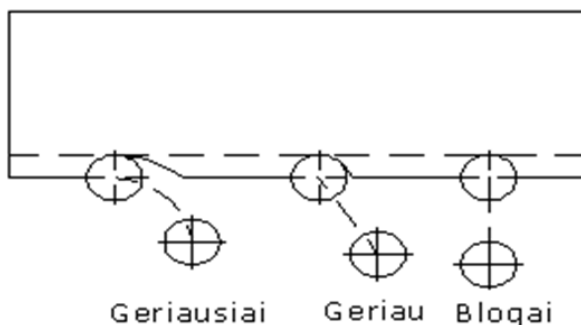
$$F_{k-} = \frac{F_t(R-r)}{R}$$

5.3

F_t – pasirinkta iš įrankių katalogo arba technologo žinyno pastūma, mm/min; R – suapvalinimo spindulys, mm; r – frezos spindulys, mm. Formulė 5.2 naudojama frezuojant išorinius suapvalinimus, kai pastūma turi būti padidinta; formulė 5.3 – kai frezuojami vidiniai suapvalinimai, prireikus sumažinti pastūmą.

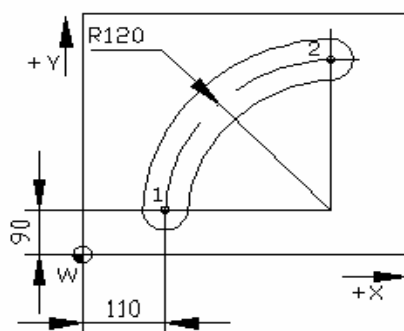
Įsipjovimo judesiai programuojami G02/G03 kodais.

Dažnai kodai G02 ir G03 frezuojant naudojami įrankio (frezos) apskritimo lanko formos įsipjovimo arba atitraukimo trajektorijoms programuoti. Tokie judesiai programuojami frezuojant kontūrą. Pagal kokią trajektoriją bus atlikti šie judesiai priklauso, kaip bus apkrautas įrankis pirminio kontakto su apdirbama medžiaga vietoje. 5.1.3 pav. pavaizduoti trys pirštinės frezos įsipjovimo judesiai, kairėje pavaizduota geriausia įrankio trajektorija jo apkrovos tolygumo požiūriu, viduryje geresnė ir dešinėje blogiausia. Lanko formos judesio atveju freza bus apkrauta laipsniškai, tolygiausiai iš visų atvejų, mažesnis bus frezos poslinkis dėl pjovimo jėgos, mažiau virpės įrankis, bus gauta geresnė paviršiaus kokybė. Vidurinis atvejis programavimo požiūriu palankesnis programuotojui ir operatoriui, kadangi čia reikalingas tik tiesinės interpoliacijos judesys (G01).



5.1.3 pav. Pirštinės frezos įsipjovimo judesių trajektorijos

Keletas programų su kodais G02 ir G03 pavyzdžių.



5.1.4 pav. Detalės eskizas. 1 – pradinis judesio taškas, 2 – judesio pabaigos taškas

1. Detalėje (5.1.4 pav.) išfrezuotas 5 mm gylio griovelis. Šio judesio pradžios ir pabaigos taškai sutampa su apskritimo kvadranto taškais, todėl adresų I ir J reikšmės gali būti nustatytos nesudėtingai.

011111

(Programa grioveliui frezuoti)

N05 G21 (metriniai vienetai);

N10 G17 (darbo plokštuma XY);

N15 G90 (absoliučiosios koordinatės);

N20G54 (Aktyvuojama detalės koordinačių sistema Nr.1);

N25 T01 M06 (įrankis Nr.1 iš dėtuvės įstatomas į suklij);

N30 G00 X110.0 Y90.0 (pagreitintas įrankio judesys į pradinį griovelio tašką 1, kurio koordinatės X110 Y90 detalės koordinačių sistemoje);

N35 S1000 M03 (suklio sūkiai – 1000 sūk/min, suklys paleidžiamas sunktis pagal laikrodžio rodyklę);

N40 G43 H01 Z2.0 (pagreitintas galvutės su freza nuleidimas į tašką Z2 mm, prieš tai taikoma įrankio ilgio kompensacija, duomenys jai imami iš įrankių kompensacijų lentelės pirmosios eilutės (H01));

N45 G01 Z-5.0 F50.0 M08 (įgilinimas į metalą iki 5 mm gylio nuo ruošinio paviršiaus, pastūma – 50 mm/min, prieš judesį įjungiamas aukšto slėgio siurblys);

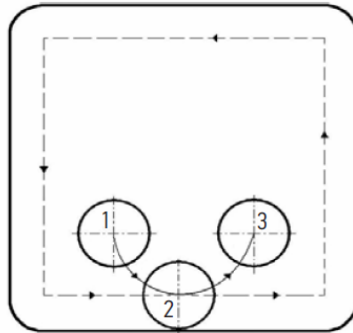
N50 G02 X240.0 Y270.0 I120.0 J0.0 F150.0 (apskritiminės interpoliacijos judesys pagal laikrodžio rodyklę į tašką 2 su 150 mm/min pastūma);

N55 G01 Z2.0 M09 (frezos ištraukimas iš griovelio su 150 mm/min pastūma, po judesio nutraukiamas TAS tiekimas);

N60 G28 Z2.0 (suklio galvutė grąžinama į staklių nulinę poziciją pagal ašį Z);

N65 M30 (programos pabaiga, sugrįžtama į programos pradžią).

2. Paruošti programą vidinei kišenei, kuri pavaizduota 5.1.5 pav., frezuoti apskritiminės interpoliacijos judesiais. Kišenės matmenys (ilgis x plotis) 100 x 100 mm, gylis 5 mm. Kišenė jau yra išlieta detalėje, tereikia nuimti šiek tiek metalo nuo kišenės šonų, vidaus frezuoti nereikia. Detalės koordinačių sistemos pradžia – kišenės įstrižainių susikirtimo taške. Frezuojama pirštine freza, kurios skersmuo 8mm.



5.15 pav. Vidinės kišenės frezavimas su apskritiminės interpoliacijos judesiais

012345

(programa kišenei frezuoti)

N05 G21 G90 G54;

N10 T01 M06;

N15 S1600 M03;

N20 G00 X-25.0 Y-21.0;

N25 G01 Z-5.0 F50.0 M08;

N30 G03 X0.0 Y-46.0 I25.0 J0.0 F185.0 (įsipjovimas prieš laikrodžio rodyklę pagal lanką į tašką 2, įvertinant 4 mm frezos spindulį);

N35 G01 X46.0 (kišenės šono frezavimas);

N40 Y46.0 (kišenės šono frezavimas);

N45 X-46.0 (kišenės šono frezavimas);

N50 Y-46.0 (kišenės šono frezavimas);

N55 X0.0 (kišenės šono frezavimas);

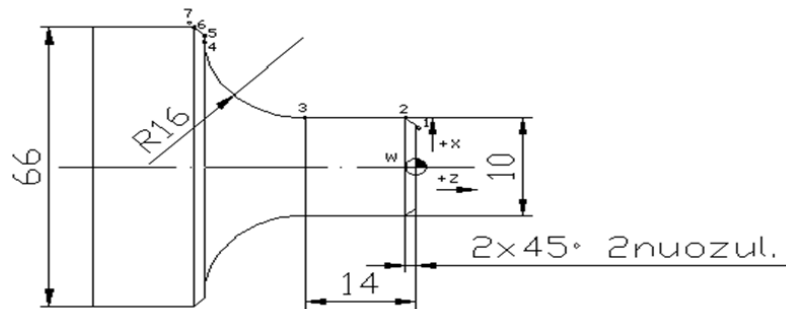
N60 G03 X25.0 Y-21.0 I0.0 J25.0 (frezos atitraukimas pagal lanką prieš laikrodžio rodyklę į tašką 3);

N65 G01 Z2.0 M09 (frezos atitraukimas pagal Z ašį su 185 mm/min pastūma į tašką 2 mm aukščiau detalės galinio paviršiaus);

N70 G28 Z2.0;

N75 M30.

3. Sudaryti valdymo programą detalei tekinti (5.1.6 pav.). Detalė tekinama iš ruošinio, kurio forma yra artima detalės formai, todėl tereikia ją tik aptekinti išilgai profilio linijų. Apskritiminės interpoliacijos judesys aptekinantis bus plokštumoje ZX (G18), todėl naudosime adresus I ir K, o ne I ir J, kaip daryta frezuojant.



5.1.6 pav. Tekinamos detalės eskizas ir peilio judesių trajektorijos

O433333

(programa detalei tekinti);

N05 G18 G21 G28 (metriniai vienetai, plokštuma ZX, revolverinė galvutė atitraukiama į staklių nulį);

N10 T101 (pasirenkamas įrankis Nr. 1 revolverinėje galvutėje, jo ilgio, viršūnės suapvalinimo spindulio ir dilimo kompensacijos pasirenkamos iš 1-os kompensacijų lentelės eilutės);

N20 S1600 M04 (suklys paleidžiamas sukty atgal, jo sūčiai –1600 sūk./min);

N25 G42 G00 X4.0 Z1.0 (įrankis pagreitintai pozicionuojamas prie ruošinio galinio paviršiaus taške 1, pritaikant įrankio viršūnės spindulio kompensaciją iš dešinės);

N30 G96 S250 (įjungiamas pastovaus pjovimo greičio režimas, palaikomas 250 m/min pjovimo greitis);

N35 M08 (pradedama tiekti TAS į pjovimo zoną);

N40 G01 X10.0 Z-2.0 F0.15 (nuožulnos tekimas tiesinės interpoliacijos judesiu į tašką 2 su 0,15 mm/sūk. pastūma);

N45 Z-14.0 (tekinama cilindrinė ruošinio dalis įrankiui judant pagal tiesę Z ašies kryptimi iki pradinio apskritiminio judesio taško 3 su 0,15 mm/sūk. pastūma);

N50 G02 X42.0 Z-30.0 I16.0 K0.0 (pjovimo judesys apskritimo lanku pagal laikrodžio rodyklę į tašką 4 su 0,15 mm/sūk. pastūma; skirtingai nei X koordinacių I reikšmė iš 2 nedauginama, nors ir naudojama lanko centro padėčiai X ašies kryptimi nustatyti);

N55 G01 X62.0 (galinio paviršiaus tekimas tiesinės interpoliacijos judesiu iki taško 5 su 0,15 mm/sūk. pastūma);

N60 X70.0 Z-34.0 (nuožulnos tekimas tiesinės interpoliacijos judesiu su 0,15 mm/sūk. pastūma, įrankis nukreipiamas į tašką 6);

N65 G40 X74.0 M09 (įrankio atitraukimas pagal X ašį į tašką 7 tiesinės interpoliacijos judesiu su 0,15 mm/sūk. pastūma, atšaukiant įrankio viršūnės suapvalinimo spindulio kompensaciją, judesio pabaigoje nutraukiamas TAS tiekimas į pjovimo zoną);

N70 G97 S1600 (pastovaus pjovimo greičio funkcijos išjungimas, sukiai – 1600 sūk./min);

N75 G28 (revolverinės galvutės grįžimas į staklių nulinę poziciją);

N80 M30 (programos pabaiga ir grąžinimas į pradžią).

5.2. Linijinė interpoliacija

Tiesinės interpoliacijos judesys yra pjovimo judesys, kuris skirtas medžiagos sluoksniui nuo ruošinio nuimti. Jeigu atraminis įrankio taškas yra darbo erdvės taške A, kurio koordinatės detalės koordinatinių sistemoje yra X ir Y ir kodu G01, jam nurodoma atvykti į galinį tašką B, kurio koordinatės yra X1 ir Y1, įrankis atvyks į šį tašką per tam tikrus tarpinius taškus tarp pradinio ir galinio taškų, bet šie taškai (taip pat kaip ir pradinis, ir galinis) yra vienoje linijoje. Todėl toks judesys vadinamas tiesinės interpoliacijos judesiu.

Žinoma, gali kilti klausimas, kodėl negali būti naudojamas greitojo pozicionavimo kodas G00. Negali dėl kelių priežasčių. Pirmiausia, tai kad atliekant greitojo pozicionavimo judesį pagal dvi ir daugiau ašių dažniausiai bus judama ne pagal vieną, o pagal kelias tarpusavyje sujungtas tieses, nes naudojant kodą G00 negalima sumažinti judesio greičio pagal vieną iš valdomų ašių, bus judama didžiausiu greičiu pagal visas programuojamas ašis. Kita priežastis, kad naudojant kodą G00 negalima valdyti judesio greičio, judesys vyks tik didžiausiu gamintojo nustatytu greičiu, o toks greitis yra per didelis pjaunant metalą, įrankis gali sulūžti. Kodas G01 reikalauja nurodyti pastūmą ir leidžia keisti jos dydį, priklausomai nuo apdirbamos medžiagos ir įrankio. Skirtumas tarp G00 ir G01 kodų veikimo parodytas 5.2.1 pav. Programuojant judesius vienu ir kitu atveju atraminis įrankio taškas atsidurs tame pačiame taške 1, kurio koordinatės užprogramuotos po kodo (mūsų atveju tai X90 Y50), tačiau atsidurs ten skirtingais keliais ir skirtingais greičiais. Pirmuoju atveju, kai nurodoma greitojo pozicionavimo komanda G00 X90.0 Y50.0, įrankio atraminis taškas atsidurs taške X50 Y50 (jeigu judesio greitis pagal ašis yra vienodas), toliau judės išilgai X ašies į tašką X90 nekeičiant padėties pagal Y ašį. Pats judesys bus atliktas didžiausiu gamintojo nustatytu greičiu pagal valdomas ašis. Antruoju atveju, kai nurodyta eilutė G01 X90.0 Y50.0, bus judama trumpiausiu keliu pagal tiesę, nurodytu anksčiau, arba eilutėje su G01 po adreso F pastūmos greičiu. Įrankių trajektorijos, gautos G00 ir G01 kodais, gali sutapti tik tada, kai galinio taško X ir Y koordinatės yra tokios pačios (pvz., X20 Y20, X40 Y40). Paminėtina, kad įvykdyti šią sąlygą reikia, kad greitojo judesio greičiai pagal X ir Y ašį būtų vienodi, priešingu atveju ši

sąlyga nebus įvykdoma. Jeigu greitojo pozicionavimo greičiai pagal ašis nesutampa, trajektorijos gali sutapti tik atsitiktinai, tam tikru būdu susiklosčius aplinkybėmis.

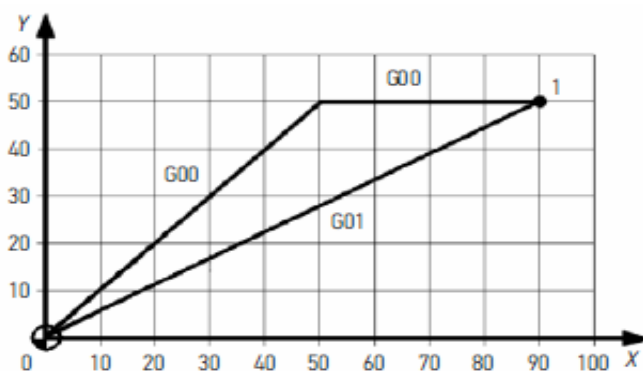
Tiesinės interpoliacijos komandos sintaksė bendruoju atveju yra tokia:

G01 X... Y... Z... A... B... C... F... .

X, Y, Z, A, B, C – staklių valdomų ašių adresai, po kurių turi būti nurodomos galinio judesio taško koordinatėms (absoliučiosiomis koordinatėmis arba prieaugiais, priklausomai nuo pasirinkto režimo), linijinės (X, Y, Z, mm arba coliais, priklausomai nuo pasirinktos sistemos) arba kampinės (A, B, C), priklausomai nuo ašies; F – pastūma (coliu/min arba mm/min, taip pat mm/sūk. arba coliu/sūk.), priklausomai nuo pasirinktos vienetų sistemos.

Priklausomai nuo koordinatėms programavimo metodo tiesinės interpoliacijos kodo G01 (kaip ir G00), judesiai gali būti vykdomi absoliučiosiomis koordinatėmis ir prieaugiais. Modaliniais kodais G90 ir G91 pasirenkamas reikiamas būdas frezavimo staklėse. Dirbant tekimo staklėmis vietoje absoliučiujių koordinatėms adresų X ir Z turi būti nurodomi prieaugių adresai U ir W.

Kaip matyti iš eilutės, pastūmos adresas F ir jos reikšmė būtini kodui G01. Judesys iš pradinio į galinį tašką bus atliktas tik nustatytu pastūmos greičiu. Tačiau nebūtinai pastūma F turi būti nurodyta vienoje eilutėje su kodu G01. Kaip ir kodas G01, pastūmos adresas F yra modalinis ir lieka aktyvus kitose eilutėse, kol bus pakeistas nauja reikšme. Jeigu pastūma yra vienoda visiems judesiams, ji gali būti užprogramuota tik vieną kartą eilutėje su kodu G01 arba anksčiau. Vykdamas kitas programos eilutes pastūmos judesiai bus atliekami paskutinės užprogramuotos pastūmos greičiu. Tačiau jei pastūma programoje nėra karto nurodyta, net prieš G01, tokia programa valdymo įrenginiu bus nutraukta ir pasirodys pranešimas apie klaidą.



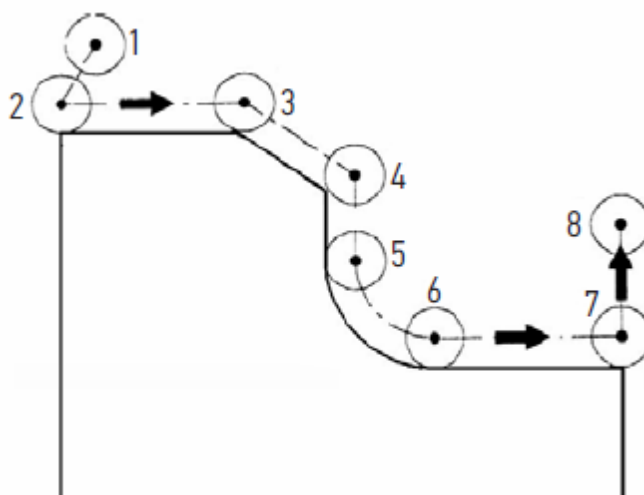
5.2.1 pav. Tiesinės interpoliacijos ir greitojo pozicionavimo judesių trajektorijos: – judesio pradžios taškas (X0 Y0); 1 – judesio pabaigos taškas (X90 Y50)

Eilutėje po kodo G01 (taip pat kaip ir po G00, ir kitų judesio komandų) nurodomos judesio galinio (dar vadinamo atvykimo) taško koordinatės. Pradinė (dar vadinama išvykimo) judesio pozicija

yra dabartinė įrankio pozicija. Tokiu būdu galinė prieš tai vykusio judesio pozicija tampa pradine kitam judesiui atlikti, įrankis juda nuo vieno taško iki kito, nuosekliai, pvz., apeidamas visus trajektorijos krypties pasikeitimo taškus.

Pradiniu pastūmos judesio G01 tašku gali būti ne tik pastūmos judesio, užprogramuoto kodu G01, galinis taškas, bet ir greitojo pozicionavimo judesio G00 galinis taškas. Šiuo atveju G01 kodas pakeičia modalinį G00 kodą.

Frezavimo staklėmis tiesinės interpoliacijos judesiu ašies X arba Y kryptimi galima apdirbti galą galine freza, išfrezuoti griovelį ir pan., 5.2.2 pav. pateiktas atvejis, kai pirštinė freza, norint apdirbti kontūrą, po pagreitinto judesio į tašką 1 turi judėti pastūmos greičiu į pradinį kontūro tašką 2 pagal abi ašis (įsipjovimo judesys), toliau iš šio taško į tašką 3 tik pagal ašį X , po to pagal abi ašis į tašką 4, po to pagal Y – į tašką 5, vėl pagal X ir Y – į tašką 6, pagal X – į tašką 7 ir pagreitintai atsitraukti pagal Y ašį į tašką 8. Detalės kontūre yra vienas fragmentas (tarp 5 ir 6 taškų), kurio negalima apdirbti tiesinės interpoliacijos judesiu.



5.2.2 pav. Apdirbamos detalės kontūras

Norint palaikyti užprogramuotą judesio tarp dviejų taškų greitį, kai šis judesys vyksta pagal dvi arba daugiau valdomų ašių, valdymo įrenginys turi apskaičiuoti judesio greitį kiekvienos ašies kryptimi atskirai. Priklausomai nuo judesio vektoriaus krypties ir dydžio valdymo įrenginiu padidinamas greitis pagal vieną ašį, užlaikant pagal kitas ašis. Tokiu būdu gaunama tiesė – įrankio judesio tarp dviejų taškų trajektorija. Ji nėra visiškai tiesė (tik laikoma tiesė su tam tikru nuokrypiu), o yra dantyta linija, kurios viršūnės yra labai mažos ir jas sunku aptikti net padidinus mastelį. Greičiai pagal kiekvieną valdomą ašį skaičiuojami valdymo įrenginyje, tai atliekama be operatoriaus arba programuotojo pagalbos. Jiems

nereikia skaičiuoti šių greičių, pakanka nurodyti bendrą pastūmą po adreso F. Nors realioje programavimo praktikoje tokių skaičiavimų atlikti nereikia.

Keletas programų pavyzdžių su kodu G01.

Reikia išfrezuoti griovelį, kurio ilgis – 35 mm, gylis – 5 mm, kaip parodyta 5.2.3 pav. Įrankis iš pradinės pozicijos 1 pagreitintai pozicionuojamas prie griovelio krašto (G00), toliau įsipjaunama į metalą pagal Z ašį (G01), pjaunama išilgai griovelio su darbine pastūma (G01), įrankis ištraukiamas iš išfrezuoto griovelio (G01) ir pagreitintai atitraukiamas į pradinę poziciją (G00). Programos fragmentas: (tai ne visa programa, joje nepateiktos kai kurios komandos, pvz., suklio paleidimas, įrankio keitimas, ilgio kompensacijos pritaikymas ir pan.), kuriame nurodomos įrankio trajektorijos taškų absoliučiosios koordinatės, o įrankis pradžioje yra nutolęs 100 mm nuo detalės paviršiaus pagal Z ašį (kitos koordinatės yra X–5 Y20 detalės koordinačių sistemoje) atrodo taip:

N05 G90 G54 (absoliučiuju koordinatė režimas, koordinačių sistema G54);

N10 G00 X30.0 Z5.0 (greitasis pozicionavimas virš griovelio pradžios (taškas 2) pagal 2 ašis);

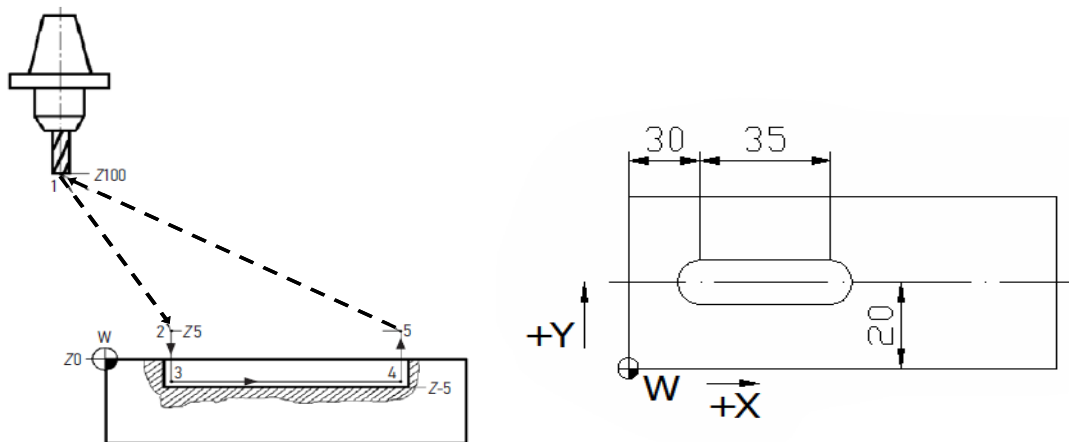
N15 G01 Z-5.0 F55.0 M08 (įsipjovimas į metalą (tiesinės interpoliacijos judesys pagal Z ašį) iki griovelio dugno (taškas 3) 5 mm žemiau nuo detalės paviršiaus su 55 mm/min pastūma, prieš judesį įjungiamas TAS siurblys);

N20 X65.0 F190.0 (35 mm ilgio griovelio frezavimas su 190 mm/min pastūma – tiesinis judesys į tašką 4);

N25 Z5.0 (frezos ištraukimas iš išfrezuoto griovelio 5 mm aukščiau detalės paviršiaus (taškas 5) su 190 mm/min pastūma);

N30 G00 X-5.0 Z100.0 M09 (greitojo pozicionavimo judesys į pradinę poziciją 1 pagal 2 ašis, išjungiamas TAS siurblys).

Programa tęsiama toliau.



5.2.3 pav. Pleištinio griovelio frezavimas vertikaliuoju apdirbimo centru

Iš šio fragmento galima matyti, kad įrankis ne iš karto po griovelio frezavimo pagreitintai atitraukiamas į pradinę poziciją X-5 Z100, o prieš tai pakeliamas darbinės pastūmos greičiu (eilutė N25) 5 mm virš detalės plokštumos. To daryti visiškai nebūtina, tačiau tai yra gera darbo saugumo priemonė. Jeigu griovelis būtų gilesnis, o galinis greitojo judesio taškas būtų dar labiau nutolęs nuo griovelio pagal X ašį, freza, atliekant greitąjį judesį (mes žinome, kad šio judesio trajektorija nebus tiesė, kaip parodyta 4.9 pav., o bus laužyta tiesė), galima būtų užkabinti priešingą griovelio kraštą ir sulaužyti įrankį. Šiame fragmente taip pat galima matyti, kad greitojo pozicionavimo judesiai programuojami pagal dvi ašis vienu metu. Šiuo atveju tai galima daryti drąsiai, nes virš ruošinio paviršiaus nematyti jokių kliūčių. Freza galėjo būti ištraukta iš griovelio į tašką 5 pagreitintai, t. y. eilutėje N25 galima buvo naudoti G00 kodą vietoje G01. Tokiu atveju frezos pjovimo briaunos galėtų palikti pėdsakus šoniniame griovelio paviršiuje, todėl priimtas sprendimas ne tik saugesnis, bet ir leidžia gauti geresnę apdirbto paviršiaus kokybę.

2. Detalėje reikia išgręžti 15 mm gylio skylę tekinimo staklėmis. Skylės centro koordinatės detalės koordinatėse sistemoje (jos pradžia sutampa su detalės ašimi ir galine plokštuma) yra X0 Z0. Skylė bus gręžiama staklėmis be įrankių pavaros, t. y. suksis detalė, o ne grąžtas. Visa programa:

O123456

(programa skylei gręžti);

N5 G28 (staklių ašys gražinamos į staklių nulį);

N10 T01 (pasirenkamas įrankis Nr. 1 – 15 mm skersmens spiralinis grąžtas);

N15 S1300 M03 (suklys paleidžiamas suktis pagal laikrodžio rodyklę, sukiai – 1300 sūk./min);

N20 G00 Z2.0 (greitojo pozicionavimo judesys į tašką, nutolusį 2 mm nuo detalės galo pagal Z ašį);

N25 X0.0 M08 (greitojo pozicionavimo judesys į tašką X0, kodu M08 įjungiamas TAS tiekimas);

N30 G01 Z-15.0 F0.08 (15 mm gylio skylės gręžimas (tiesinės interpoliacijos judesys Z ašies kryptimi su 0,08 mm/sūk. pastūma));

N35 G04 P1.0 (1 s trukmės pauzė įrankiu pasiekus skylės dugną);

N40 G00 Z2.0 M09 (pagreitintas grąžto atitraukimas pagal Z ašį, TAS tiekimo nutraukimas kodu M09);

N45 X100.0 (pagreitintas grąžto atitraukimas pagal X ašį);

N50 M30 (programos pabaiga ir įrankio grįžimas į pradžią).

5.3 Greitas pozicionavimas

Kaip ir įprastinėse rankinio valdymo staklėse, programinio valdymo staklėse technologinės operacijos metu įrankiu medžiaga ne visada pjaunama, o atliekami dar kiti judesiai. Žinoma, laikas, per kurį įrankis juda pastūmos greičiu, nuimdamas medžiagos sluoksnį, vadinamas mašininu laiku. Be jo į operacijos trukmę įeina ir pagalbinis laikas, kurio metu pjaunamas „oras“ (pvz., pakeisto įrankio prie ruošinio priartinimas, įrankio atitraukimas nuo ruošinio atlikus operaciją arba pakopą ir panašūs judesiai). Šie judesiai yra neproduktyvūs ir nepageidautini, tačiau be jų apseiti neįmanoma. Bet kuriuo atveju siekiama, kad jie būtų atliekami kuo greičiau, siekiant sutrumpinti pagalbinį laiką ir operacijos trukmę (arba vienetinį laiką). Įprastinėse staklėse juos galima buvo atlikti pagreitintai, įjungiant ir išjungiant greitąją eigą svirtimis arba mygtukais. Dirbant programinėmis staklėmis šiems judesiams atlikti greitojo pozicionavimo (*Rapid traverse motion, Rapid motion positioning*) režimas, kuris įjungiamas modaliniu kodu G00. Programinio valdymo staklių greitojo pozicionavimo judesiai atliekami kur kas greičiau, negu apdirbant įprastinėmis staklėmis.

Dažniausiai greitojo pozicionavimo judesiai atliekami tokiais atvejais:

1. Įrankiui judant nuo įrankio keitimo pozicijos iki ruošinio.
2. Aplenkiant kliūtis, pasitaikančias apdirbant (pvz., prispaudiklius, spaustuvų žiaunas ir pan.).
3. Įrankiui judant nuo apdirbto detalės paviršiaus iki įrankio keitimo pozicijos.
4. Tarp skirtingų detalės pozicijų (pvz., išgręžus vieną skylę frezavimo staklių stalas pozicionuojamas taip, kad po grąžto ašimi atsidurtų kitos skylės centras).
5. Judant pagal koordinačių ašis į staklių nulį.

Visų šių judesių metu įrankis nekontaktuoja su detale, neveikia pjovimo jėgos, dėl kurių jis gali sulūžti, todėl judėjimo greitis nėra ribojamas technologiniu požiūriu. Todėl, kaip jau minėta, būtų logiška atlikti tokius judesius kuo greičiau, kad sumažėtų pagalbinis operacijos laikas. Gavusi greitojo pozicionavimo komandą valdymo sistema nukreipia įrankį kaip galima greičiau į nurodytą staklių darbo erdvės tašką. Greitojo pozicionavimo greitis ribojamas staklių gamintojų ir dažniausiai yra nuo 5000 iki 30 000 mm/min, bet būna ir didesnis. Tekinimo staklėse šis greitis staklių modelio, bet ir nuo pagaminimo metų. Kuo naujesnės staklės, tuo didesnis ir greitojo pozicionavimo greitis, t. y. staklės našesnės. Pažymėtina, kad greitojo pozicionavimo greitis nebūtinai gali būti vienodas visoms valdomoms ašims. Frezavimo staklėse ir apdirbimo centruose dažnai greitojo pozicionavimo pagal Z ašį greitis skiriasi nuo greičio pagal X ir Y ašis. Sukimosi ašių (*A, B*) greitojo pozicionavimo greitis taip pat dažnai skiriasi nuo likusių ašių greitojo pozicionavimo greičio. Tekinimo staklių greitis pagal Z ir X ašis dažnai būna skirtingas.

Greitojo pozicionavimo eilutės struktūra bendroju atveju atrodo taip:

G00 X... Y... Z... A... B... C...

X, Y, Z, A, B, C – staklių valdomų ašių adresai, po kurių turi būti nurodomos galinio judesio taško koordinatinių reikšmės linijiniais (mm arba coliais, priklausomai nuo pasirinktos sistemos) arba kampiniais (sukimosi ašims A, B ir C) vienetais, absoliučiosiomis koordinatėmis arba prieaugiais (priklausomai nuo pasirinkto koordinatinių režimo, kuriam nustatyti frezavimo staklėse naudojami kodai G90/G91, o tekimo staklėse vietoje adresų X, Z ir C naudojami atitinkamai U, W ir H).

Greitojo pozicionavimo judesys prasideda nuo taško, kuriame duotuoju metu yra įrankis (tiksliau, jo atraminis taškas), ir baigiasi taške, kurio koordinatės nurodytos eilutėje. Greitasis pozicionavimas gali būti pagal vieną valdomą ašį arba kaip sudėtinis judesys – pagal dvi arba daugiau valdomų ašių vienu metu. Tai valdoma programoje, naudojant skirtingus ašių adresus eilutėje. 5.3.1 lentelėje parodytos trys frezavimo staklių valdymo programos eilutės, kurias vykdant atraminis įrankio taškas vis tiek atsidurs taške, kurio koordinatės yra X50 Y60 Z0,5, tačiau judesys bus atliktas skirtingai. Kairiajame lentelės stulpelyje parodytame pavyzdyje įrankis judės į tašką, kurio koordinatės yra X50 Y60 Z0,5 pagal 3 ašis X, Y ir Z vienu metu viduriniame stulpelyje – pirmiausia pagal dvi ašis vienu metu (X ir Y), paskui pagal likusią Z ašį. Vykdamas dešiniojo stulpelio eilutes įrankis judės pirmiausia X ašies kryptimi, atlikęs šį judesį – pagal Y ašį ir galiausiai – pagal Z ašį.

5.3.1 lentelė. Greitojo pozicionavimo komandos programavimo pavyzdžiai

G00 X50.0 Y60.0 Z0.5;	G00 X50.0 Y60.0; Z0.5;	G00 X50.0; Y60.0; Z0.5;
G00 yra modalinis kodas. Tai reiškia, kad jo nustatytas greitojo pozicionavimo režimas lieka aktyvus ir tolesnėse eilutėse, todėl jose ir nenurodytas.		

Greitasis judesys taip pat gali būti užprogramuotas absoliučiosiomis koordinatėmis arba prieaugiais. Šis judesys gali būti atliktas nepriklausomai nuo to, sukasi suklys arba ne (nepriklausomai nuo to, ar buvo prieš greitojo pozicionavimo eilutę nurodytas koks nors iš M03 ir M04 kodų). Tam, kad įrankis, užspaustas suklyje (frezavimo staklėse) arba revolverinėje galvutėje (tekimo staklėse), pradėtų pagreitintai judėti į reikiamą darbo erdvės tašką detalės koordinatinių sistemoje, programoje reikia nurodyti kodą G00. Operatorius arba programuojas neturi nurodyti pastūmos adreso F ir pastūmos reikšmės. Jeigu jie užprogramuoti eilutėje, valdymo sistema juos vis tiek ignoruos greitosios eigos metu. Tai reiškia, kad greitojo pozicionavimo greitis negali būti keičiamas programoje. Operatorius gali apriboti jį iki tam tikros reikšmės valdymo pulte arba valdymo sistemos nustatymais.

Pavyzdžiui, „Fanuc“ firmos valdymo įrenginio skydelyje yra pasukamasis jungiklis greitojo pozicionavimo greičiui riboti. Greitojo pozicionavimo greitis dažniausiai ribojamas prieš paleidžiant programą pirmą kartą arba norint suspėti nutraukti programą pastebėjus kažką įtartino staklėms dirbant. Reikia atsižvelgti į tai, kad net ir nurodžius pastūmą prie kodo G00 programa dirbs, pastūmos reikšmė bus išsaugota atmintyje ir bus panaudota pjovimo judesiams atlikti (su kodais G01, G02, G03), jeigu prie jų nebus nurodyta nauja reikšmė. Pavyzdžiui, galima pasiaiškinti frezavimo staklių programos fragmentą:

N10 G00 X20.15 F130.0;

N15 Y12.18;

N20G01 Z-5.0.

Programos fragmente N10 eilutėje užprogramuotas greitis judesys į tašką X20,15, 130 mm/min pastūma bus ignoruojama, toliau vyks greitis G00 judesys staklių greitojo pozicionavimo greičiu (jei jis neapribotas valdymo pulto skydelyje arba sistemos nustatymais) į tašką Y12,18. Eilutėje N20 programuojamas tiesinis pjovimo judesys, kurio pastūma turi būti nurodyta vienoje eilutėje su G01. Priešingu atveju bus naudojama paskutinė užprogramuota pastūma (tai yra 130 mm/min, kuri nurodyta eilutėje N10).

Kitame panašiam pavyzdyje viskas vyksta analogiškai, tik pjovimo judesys (N20) bus atliktas 100 mm/min greičiu, o ne 130 mm/min, kaip pirmiau pateiktame pavyzdyje, nes eilutėje N20 kartu su G01 kodu užprogramuota nauja pastūma žodžiu F100.0, kuri pakeičia F130.0 reikšmę, užprogramuotą eilutėje N10. Žodis F130.0 eilutėje N10 iš viso programoje nenaudojamas ir gali būti nenurodytas. Žinoma, programa veiks be klaidos bet kuriuo atveju.

N10 G00 X12.11 F130.0;

N15Y12.15;

N20 G01 Z-5.0 F100.0.

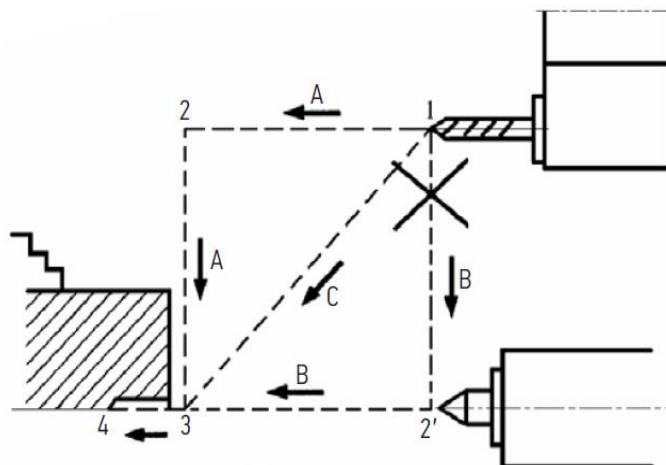
Kiekvienas greitojo pozicionavimo judesys yra tiesinis, o ne kreivinis. Tačiau labai svarbu suvokti, kad greitis judesys tarp dviejų taškų (vienas pradinis, kuriame duotuoju metu yra įrankis, kitas – galinis, kurio koordinatės yra nurodomos eilutėje) nebūtinai bus pagal tiesę, jungiančią šiuos du taškus. Įrankio judesio trajektorija tarp šių taškų gali būti įvairi – viena tiesė arba kelios tiesės (bet jokių būdu ne apskritimo lankas) – ir priklausys nuo tokių parametrų, kaip judesio pradžios ir pabaigos taškų koordinatės, ašių, pagal kurias atliekamas judesys, skaičius, greitojo judesio greitis pagal kiekvieną valdomą ašį. Greitojo judesio tikslas – sumažinti pagalbinį laiką. Detalės formai jo trajektorija įtakos neturi. Kaip staklėse atliekamas šis judesys, yra visiškai nesvarbu, reikia tik atsiminti, kad įrankio kelyje neturi būti jokių kliūčių (pvz., spaustuvai, prispaudikliai, pasukama

frezavimo staklių galvutė, arkliukas, griebtuvas, detalė). Susidūrus su jais greitosios eigos greičiu, gali sulūžti ne tik įrankis, bet ir sugadintas staklių junginys arba įtaisas.

Bet kuris judesys, užprogramuotas išilgai vienos iš valdomų ašių, vykdomas pagal tiesę, lygiagrečią su šia ašimi. Tokie judesiai turi būti programuojami atskirose eilutėse, kaip parodyta dešiniajame 5.3.1 lentelės stulpelyje. Šiame fragmente įrankis (tiksliau, stalas) atliks judesį pagal X ašį į tašką $X50$. Pasibaigus šiam judesiui, įrankis judės Y ašies kryptimi į tašką $Y60$. Toks metodas gerai tinka, kai reikia aplenkti kliūtis, esančias įrankio kelyje.

Jeigu greitasis judesys vienu metu vyksta ne išilgai vienos, o dviejų arba daugiau ašių kryptimis, tikroji judesio trajektorija ne visada yra tiesė.

Tekinimo staklėse su arkliuku greitojo pozicionavimo judesius patartina atlikti pagal kiekvieną iš ašių atskirai, o ne kartu. 5.3.1 pav. pateiktame pavyzdyje, gręžiant skylę detalės galiniame paviršiuje, reikia atlikti tokias pakopas: pagreitinai priartinti grąžtą prie skylės centro (t. y. iš taško 1 (keitimo pozicija) į tašką 3), gręžti pastūmos greičiu (iš taško 3 į 4), nukreipti grąžtą atgal į tašką 3, po to – į įrankio keitimo poziciją 1. Grąžtui judant iš taško 1 į tašką 3 pagal abi valdomas ašis kartu (pvz., $G00 X0.0 Z2.0$), revolverinė galvutė gali užkabinti arkliuką, todėl geriau išskaidyti greitąjį judesį į dvi dalis. Iš pradžių judama pagal ašį Z (iš 1 į 2), po to pagal X (iš 2 į 3), toliau gręžiama. Atitraukiamas grąžtas atvirkštine tvarka: pagal X ašį iš 3 į 2, toliau pagal Z ašį į tašką 1. Valdant pagal ašis atskirai pagalbinis laikas didėja, tačiau dirbti saugiau. Tuo patartina naudotis ir tais atvejais, kai staklėse nėra arkliuko arba jis atitrauktas ir nenaudojamas, kad išliktų įgūdžiai, perėjus dirbti prie kitų staklių su arkliuku arba atliekant operacijas arba pakopas, kai arkliukas reikalingas. Svarbus yra judesių pagal ašis eiliškumas.



5.3.1 Pav. Įrankio greitojo pozicionavimo judesio trajektorija prieš gręžiant skylę tekinimo staklėmis: A (1–2–3) – saugi; B (1–2'–3) – nepriimtina; C (1–3) – pavojinga

Iš 5.3.1 pav. matyti, kad grąžto priartinimas iš pradžių pagal X ašį (t. y. iš taško 1 į tašką 2') nėra saugus.

Iš pateiktų eilučių galima matyti, kad jeigu judesys pagal tam tikrą valdomą ašį eilutėje nevykdomas (tai būdinga ne tik greitojo pozicionavimo judesiui, bet ir kitiems judesiams bei ciklams), geriausia šios ašies adreso eilutėje visai nenurodyti. Valdymo sistema vykdys judesį tik pagal nurodytas eilutėje ašis, kitos nenurodytos įrankio koordinatės nesikeičia. Taip vykdant eilutę:

```
G00 X15.0 Y0.0;
```

keičiasi įrankio X ir Y koordinatės, bet ne Z koordinatė, kuri liks tokia pati, kokia ir buvo prieš judesį. Įrankio judesiui iš taško $X0 Y0$ į tašką $X0 Y56$ (4.2 pav.) X koordinatės nurodyti nebūtina, geriau užrašyti:

```
G00 Y56.0;
```

o ne:

```
G00 X0.0 Y56.0.
```

Klaidos nebus ir antruoju atveju. Judant iš taško $X0 Y56$ į tašką $X124 Y56$ nurodoma:

```
X124.0;
```

o ne:

```
G00 X124.0 Y56.0.
```

Panašiai daroma ir programuojant prieaugio koordinatėmis. Pavyzdžiui, įrankiui judant iš taško $X0 Y0$ į tašką $X0 Y56,0$ (4.2 pav.) nurodoma:

```
G91 G00 Y56.0;
```

o ne:

```
G91 G00 X0.0 Y56.0.
```

Judant toliau iš šio taško į tašką $X124 Y56$ nurodoma:

```
X124.0;
```

o ne:

```
X124.0 Y0.0.
```

Nurodžius kodą $G00$ su sukimosi ašių adresais A , B ir C , šių ašių varikliai suksis kaip galima greičiau, kad detalė arba suklio galvutė būtų pasukta į nurodytą po adresu kampinę padėtį. Ši padėtis, jeigu aktyvus yra absoliučiuųjų koordinatinių režimas, nustatoma nuo programos nulio (sukimosi ašims taip pat gali būti nustatytas detalės nulis) arba nuo šios ašies staklių nulio. Padėtis gali būti nustatoma ir nuo paskutinės užprogramuotos ašies pozicijos prieaugiais, jei yra aktyvus prieaugių režimas, pavyzdžiui,

G90 G00 A56.35 (pagal A ašį pasukama į kampinę padėtį $56,35^\circ$ nuo nulio teigiamąja kryptimi);

G91 G00 A50.0 (pagal A ašį pasukama 50° kampu nuo esamos padėties teigiamąja kryptimi).

Tekinimo staklėse su valdoma C ašimi:

G00 C90.0 (suklys pasukamas į kampinę padėtį 90° nuo nulio teigiamąja kryptimi);

G00 H25.0 (suklys pasukamas 25° nuo esamos padėties teigiamąją).

Savikontrolės klausimai

1. Kas yra vadinama mašininu laiku?
2. Kokiais atvejais atliekami greitojo pozicionavimo judesiai?
3. Kokioje plokštumoje tekinimo staklėse dažniausiai atliekamas apskritiminės interpoliacijos judesys?
4. Kokiu kodu įjungiamas greitojo pozicionavimo judesys?
5. Greitojo judesio tikslas?
6. Kada ribojamas greitojo pozicionavimo greitis?
7. Koks greitojo pozicionavimo greičio ribojimo diapazonas?
8. Jeigu greitasis judesys vienu metu vyksta ne išilgai vienos, o dviejų ar daugiau ašių kryptimis, tai kokia judesio trajektorija gali būti?
9. Dėl kokios priežasties tekinimo staklėse su arkliuku greitojo pozicionavimo judesius patartina atlikti pagal kiekvieną iš ašių atskirai?
10. Kas gali įvykti susidūrus įrankiui ir staklių sukliui?

6. ĮRANKIAI, NAUDOJAMI CNC STAKLĖSE

6.1 Įrankių medžiagos

Pjovimo metu įrankiai tiesiogiai liečiasi ruošiniu, pjaunant įrankis nuo ruošinio paviršiaus nuima medžiagos sluoksnį. Atliekant technologines operacijas programinėmis staklėmis, įrankiai nustatomi į pjovimo poziciją iš sunumeruotų įrankių dėtuvės lizdų specialiais kodais, kurie nurodomi valdymo programoje. Ruošiant stakles apdirbimui, neteisingai suderintas arba nurodytas programoje įrankis gali būti avarijos priežastis. Todėl svarbu žinoti įrankių technologines galimybes ir mokėti tinkamai parinkti įrankius, juos suderinti.

CNC staklėse ir centruose gali būti naudojami įvairių tipų įrankiai, pagaminti iš įvairaus kietumo medžiagų, tačiau dažniausiai naudojami kietlydiniai ir greitapjovis plienas. Iš greitapjovio plieno įrankių CNC staklėse dažniausiai naudojami tik tokie, kurie sunkiai gali būti pagaminti iš kietlydinių, arba tokie, kurių pjovimo greitis neviršija 30 – 40 m/min pagal jų darbo specifiką. Tai gali būti mažo skersmens grąžtai, pirštinės frezos, sriegikliai, plėstuvai, gilintuvai. Šiuo metu įrankiai dažniausiai gaminami iš greitapjovio plieno lydinių su kobaltu (HSS – Co), taip pat naudojami sukepinti greitapjovio plieno miltelių įrankiai. Tokios technologijos leidžia padidinti įrankių atsparumą dilimui, kaitrai, leistiną pjovimo greitį, tačiau tokios medžiagos vis tiek neatitinka didelių CNC staklių galimybių. Jeigu CNC staklėse naudojami pažangiausieji įrankiai, tada išnaudojamos jų galimybės dirbti dideliais greičiais. Labiausiai paplitusios iš naudojamų CNC staklėse įrankių medžiagų yra kietlydiniai. CNC staklėse labiausiai naudojami surenkamieji įrankiai su keičiamomis negalandamomis plokštelėmis iš kietlydinio. Labiausiai paplitę kietlydiniai – padengtieji, tai tradiciniai volframo karbido kietlydiniai, padengti įvairių medžiagų karbidų, nitridų sluoksniais, rečiau sintetinio deimanto sluoksniais. Tokių sluoksnių ant įrankio plokštelės paviršių dažniausiai yra daugiau negu vienas. Dengimas leidžia itin padidinti pjovimo greitį lyginant su tradiciniais kietlydiniais. Iš kietlydinių gaminamos tekinimo peilių plokštelės, galinių frezų plokštelės, didesnio skersmens pirštinių frezų plokštelės.

Be kietlydinių vis plačiau naudojami surenkamieji įrankiai su kermetų plokštelėmis, taip pat su keramikos, pagamintos aliuminio oksido arba silicio nitrido pagrindu, plokštelėmis. Dėl pažangių gamybos technologijų šios medžiagos gali būti naudojamos įrankiams, skirtiems ne tik glotniajam, bet ir pusiau glotniam apdirbimui. Siauroms apdirbimo sritims naudojami įrankiai su sintetinio deimanto ir kubinio boro nitrido plokštelėmis arba plokštelėmis, padengtomis sintetiniu deimantu ir kubiniu boro nitridu. Dėl aukštos kainos ir trapumo šios medžiagos netinka rupiam apdirbimui bei smūginėms apkrovoms, todėl nėra labai paplitusios.

Pagal ISO 513 standartą kietlydiniai būna 6 grupių: P, M, K, N, S, H. P grupės skirti plienams apdirbti, kai susidaro ištisinių drožlių. M grupės kietlydiniai skirti nerūdijančiam plienui apdirbti, kai susidaro ištisinių arba skaldymo drožlių. K grupės kietlydiniai naudojami ketui, kietam plienui ir kitoms trapioms medžiagoms apdirbti, kai susidaro laužinių drožlių. N grupės kietlydiniais apdirbami aliuminio lydiniai, S grupės kietlydiniai, skirti kaitrai atspariems lydiniams apdirbti, H grupės – grūdintam plienui.

Kiekvienos grupės kietlydiniai skirstomi ir pagal mechanines savybes. Jiems priskiriamas dviženklis indeksas nuo 01 iki 50. Kuo mažesnis indeksas, tuo kietlydinis yra kietesnis ir atsparesnis dilimui, bet mažesnio stiprumo. Kietlydiniai su mažesniu indeksu turi būti naudojami glotniajam apdirbimui, kur padirbama dideliu pjovimo greičiu ir maža pastūma bei pjovimo gyliu.

Bendruoju atveju kietlydinius pagal indeksus galima suskirstyti: 01 – 10 – glotniajam apdirbimui, 10 – 30 – pusiau glotniam, 30 – 40 – rupiajam, 40 – 50 – pjauti sunkiomis sąlygomis, kai yra smūgių, vibracijų.

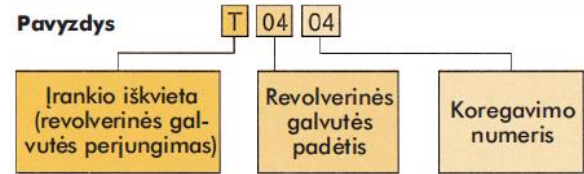
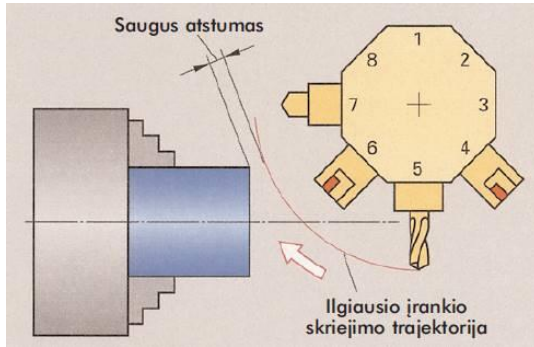
Greitapjovis plienas neturi tokios žymėjimo sistemos, susijusios su apdirbama medžiaga. Dažniausiai iš jo pagaminti įrankiai tinka daugeliui apdirbamų medžiagų, skiriasi tik pjovimo režimai. Greitapjovis plienas žymimas HSS – greitapjovis plienas, HSS T – greitapjovis plienas, kurio legiruojantis elementas yra volframas, HSS M – greitapjovis plienas, kurio legiruojantis elementas yra molibdenas, HSS – Co – greitapjovis plienas, kurio sudėtyje yra kobalto, P/M HSS – įrankis, gautas iš greitapjovio plieno miltelių miltelinės metalurgijos metodais.

Kubinio boro nitrido įrankiai arba plokštelės žymimi santrumpa CBN, o deimantiniai – PCD. Žinoma, bet kokiu atveju parenkant įrankius apdirbimui reikia laikytis įrankių gamintojų kataloguose nurodytų rekomendacijų ir neviršyti leistinų įrankiui pjovimo režimų bei apdirbimo sąlygų.

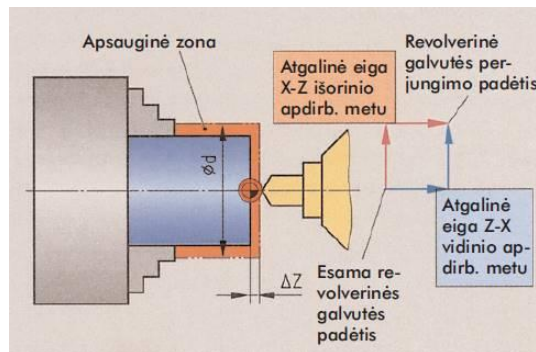
6.1.1 Įrankių iškvietimas ir koregavimas

Su adreso raide T įrankis iškviečiamas į nurodytą revolverinės galvutės padėtį. Dauguma NC staklių turi kreipties logiką. Tai leidžia perjungti revolverinę galvutę laikrodžio rodyklės kryptimi arba prieš laikrodžio rodyklės kryptį trumpiausiu keliu į iškvietą padėtį (6.1.1.1 pav.). Programuojant turi būti atsižvelgiama į tai, kad revolverinė galvutė prieš perjungiant būtų pakankamai nutolusi nuo ruošinio. Kai kurie valdikliai turi atgalinės eigos ciklą siekiant išvengti susidūrimų perjungimo metu. Programuotojas, nuroydamas skersmenį d ir ilgių skirtumą AZ , numato apsauginę zoną apie ruošinį (6.1.1.2 pav.). Tuomet prieš revolverinės galvutės perjungimą per ciklo iškvietą automatiškai pasiekama revolverinės galvutės padėtis, kurioje perjungimo metu ilgiausias įrankis nepažeidžia

apsauginės zonos. Revolverinės galvutės padėčiai apskaičiuoti iš valdiklio įrankio koregavimo atminties paaimami įrankio matmenys pagal atitinkamą koregavimo numerį.



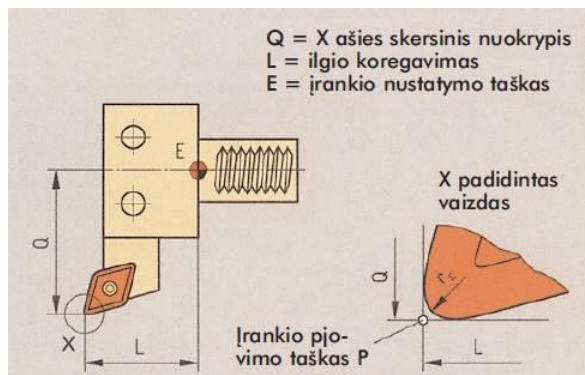
6.1.1.1 pav. Revolverinės galvutės perjungimas iškviečiant T04



6.1.1.2 pav. Apsauginė zona ir atgalinės eigos ciklas

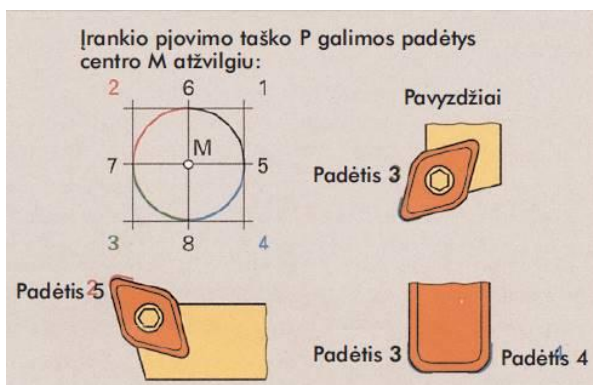
Tekinimo įrankių koregavimo matmenys (6.1.1.3 pav.):

- X ašies skersinis nuokrypis Q ;
- Z ašies įrankio ilgio koregavimas L ;
- pjovimo spindulys r_e ;
- įrankio pjovimo taško P padėtis pjovimo spindulio centro M atžvilgiu.



6.1.1.3 pav. Tekinimo įrankių koregavimo matmenys

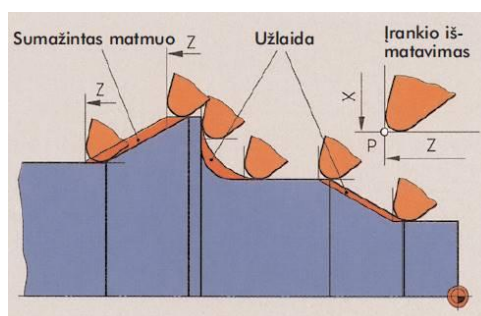
Kadangi tekimo įrankio matavimas X ir Z kryptimi vyksta tangentiškai pjovimo spinduliui, įrankio pjovimo taškas P yra valdiklio atskaitos taškas. Tačiau pjovimo taškas P yra pjovimo padėtyje tik esant lygiagrečioms ašies atžvilgiu pastūmos judesiams. Visų kitų apdirbimo judesių metu pjovime dalyvauja kiti pjovimo taškai, kurie gali sukelti matmenų nuokrypius. Siekiant to išvengti, valdikliui reikalingas pjovimo spindulio dydis ir įrankio pjovimo taško padėtis (6.1.1.4 pav.). Pastarieji nurodomi naudojantis rodikliu pagal 6.1.1.4 pav.



6.1.1.4 pav. Įrankio pjovimo taško padėtis

Pjovimo spindulio kompensavimas (PSK)

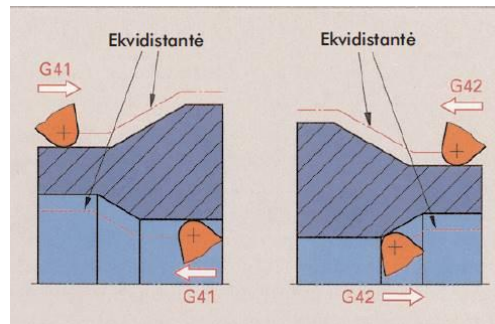
Programuojant nurodomi paskirties taškai X ir Z, kuriuos pasiekia įrankis. Įrankio pjovimo taškas P programos pradžios metu sutampa su programuotomis koordinatėmis. Tarpinius taškus apskaičiuoja valdiklis. Kai perstūmimas vyksta nelygiagrečiai ašies atžvilgiu, dėl pjovimo spindulio gaunami kontūro nuokrypiai (6.1.1.5 pav.). Kuo didesnis pjovimo spindulys, tuo didesnis yra kontūro nuokrypis. Šis nuokrypis mažėja, jeigu įvedamas pjovimo spindulio kompensavimas (PSK) panaudojant poslinkio sąlygas G41 ir G42.



6.1.1.5 pav. Kontūro nuokrypis be PSK

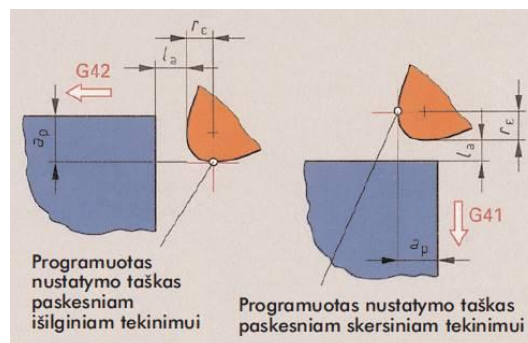
Po to valdiklis apskaičiuoja trajektoriją, kuriai esant pjovimo spindulio centras atsiduria ant ekvidistantės (vienodo atstumo nuo kontūro linijos) su iškviesto įrankio pjovimo spinduliu. Taip

išvengiama kontūro nuokrypio. Jeigu įrankis pastūmos įtaise yra į dešinę nuo kontūro, tuomet pjovimo spindulio kompensavimas aktyvinamas su G42 (6.1.1.6 pav.). Jeigu įrankis pastūmos įtaise yra į kairę nuo kontūro, programuojamas G41. Pjovimo spindulio kompensavimas su G40 nutraukiamas.



6.1.1.6 pav. PSK priklausomai nuo pastūmos krypties

Po aktyvinimo su G41 arba G42 įrašo pabaigoje pradeda veikti pjovimo spindulio kompensavimas. Tuomet įrankis nustatomas taip, kad po to einantis koregavimas būtų atliekamas teisingai. Todėl nustatant įrankį su aktyvintu PSK reikia atsižvelgti į tai, jog nustatymo taško X ir Z reikšmės būtų tokio dydžio, kad liktų dar pakankamas saugus atstumas l_a (6.1.1.7 pav.).



6.1.1.7 pav. Nustatymo taškai su aktyviu PSK

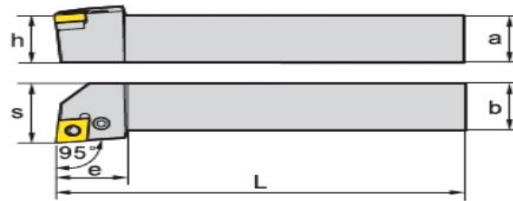
Nustatant įrankį su aktyviu PSK, programuota nustatymo padėtis turi būti nutolusi nuo ruošinio krašto per pjovimo spindulį r_c ir saugų atstumą l_a .

6.2. Peiliai

6.2.1. Peiliai išoriniam paviršiui ir galui tekinti

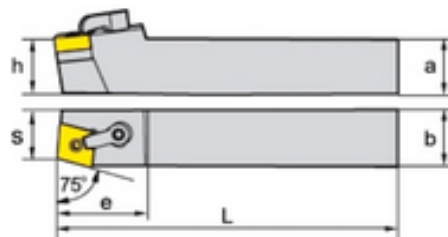
Labiausiai paplitę išorinio tekinimo peiliai, skirti ruošinio išoriniam paviršiui tekinti. Tai yra laikikliai su keičiamomis plokštelėmis tvirtinami atitinkamame CNC tekinimo staklių revolverinės

galvutės lizde. Įrankiai revolverinės galvutės lizduose išdėstomi taip, kad revolverinės galvutės lizdų numeriai sutaptų su valdymo programoje nurodytomis įrankių adresų reikšmėmis.



6.2.1 pav. Išorinio tekimo peilis

Tokie peiliai (6.2.1 pav.) vadinami surenkamaisiais peiliais, jų korpusai (laikantys plokšteles) pagaminti iš plieno, o keičiamos plokštelės iš padengto kietlydinio. Plokštelėms atšipus jos apsukamos laikiklyje ir vėl dirbama kitomis pjovimo briaunomis. Toliau plokštelės priklauso nuo tipo, apverčiamos arba keičiamos naujomis. Yra du pagrindiniai peilių su keičiamomis daugiabriaunėmis plokštelėmis konstrukcijų tipai – kai naudojamos plokštelės su drožlialaužiais (6.2.2 pav.) ir kai naudojamas peilis su atskiru drožlialaužiu.



6.2.2 pav. Išorinio tekimo peilis su drožlialaužiu

Peilio korpusas skirtas laikyti plokštelei ir kitoms reikiamoms dalims. Jis sudarytas iš koto ir galvutės. Kotas yra peilio tvirtinimo dalis, kuri tvirtinama laikiklyje, jo plotis b ir aukštis a yra svarbiausieji tvirtinimo parametrai. Laikiklyje nurodoma, kokio dydžio peiliai gali būti jame tvirtinami. Kotas turi atlaikyti veikiančią pjovimo jėgą ir turi būti standus, kad būtų gaunami matmenų tikslumai. Parenkant pjovimo režimus, nuo kurių priklauso pjovimo jėgos dydis, labai svarbūs yra koto skerspjūvio matmenys ir ilgis L . Galvutėje tvirtinamos plokštelės. Jos matmens yra svarbūs ištekimo peiliams.

Daugiabriaunė kietlydinio plokštelė dažniausiai gaminama iš padengto kietlydinio, ji skirta medžiagai pjauti ir gali būti įvairios geometrinės formos. Nuo plokštelės geometrinės formos priklauso jos stiprumas, pjovimo briaunų skaičius.

Padėklas – tai detalė, skirta daugiabriaunei kietlydinio plokštelei padėti.

Įdėklo tvirtinimo kaištis – tai detalė, skirta bazuoti padėklui ir kietlydinio plokštei. Jis neleidžia plokštei judėti veikiant pjovimo jėgoms.

Tvirtinimo sraigtas – tai detalė, skirta prispaudikliui prie daugiabriaunės plokštelės prispausti.

Prispaudiklis – tai detalė, skirta daugiabriaunei plokštei prispausti peilio laikiklio lizde ir neleisti jai pasukti ir pakeisti savo padėties pjaunant bei veikiant pjovimo jėgoms.

Drožlialaužis skirtas pjaunant plokštelės priekiniu paviršiumi slenkančiai metalo drožlei sulenkti ir susmulkinti į gabaliukus.

Pagrindinio pjovimo briauna – tai plokštelės briauna, skirta metalui nupjauti.

Pagrindinis užpakalinis kampas α – nuo šio kampo dydžio priklauso trintis tarp plokštelės pagrindinio užpakalinio paviršiaus bei ruošinio ir detalės paviršiaus šiurkštumas, ir peilio stiprumas.

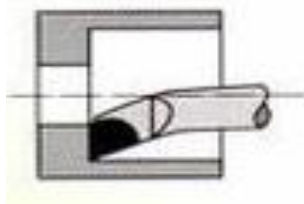
Pagalbinis užpakalinis kampas α_1 – nuo šio kampo dydžio priklauso trintis tarp plokštelės pagalbinio užpakalinio paviršiaus ir ruošinio. Šis kampas mažiau svarbus pjovimui negu α .

Priekinis kampas γ – tai kampas matuojamas tarp plokštelės priekinio paviršiaus ir linijos, lygiagrečios su peilio atramine plokštuma. Šis kampas labai svarbus pjovimui.

Peiliai su neigiamu priekiniu kampu yra stipresni negu peiliai su teigiamu kampu. Dirbant tokia plokštele pjovimo jėgos gniuždoma, o ne lenkiama. Peiliai su teigiamu priekiniu kampu turi aštrų nusmailinimo kampą, todėl geriau pjauna, mažiau deformuoja drožlę, apdirbtas paviršius būna geresnės kokybės. Peiliai su neigiamu kampu naudojami rupiam tekinimui, darbui su smūgiais, kai yra užlaidos, svyravimai.

6.2.2. Ištekimo peiliai

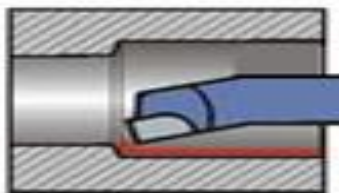
Vidiniam paviršiui ištekinti naudojami strypiniai ištekimo peiliai (6.2.3, 6.2.4 pav.), kurie tvirtinami revolverinėje galvutėje taip, kad jų strypo ašis būtų lygiagreti su apdirbamo ruošinio ašimi. Šiuo metu CNC tekinimo staklėse ir centruose naudojami tik ištekimo peiliai su keičiamomis kietlydinio plokštelėmis.



6.2.3 pav. Strypinis ištekimo peilis

Panašiai kaip ir išorinio tekinimo peiliai, ištekimo peiliai gali būti dviejų tipų: su integruotu drožlės laužikliu ir su atskiru. Ištekimo laikiklių identifikavimo sistema: galimos tokios raidės: A

(plieno kotas su vidiniu kanalu, skirtas TAS į pjovimo zoną tiekti), C (kietlydinio kotas) ir S (plieno kotas be kanalo). Antrasis žymėjimo dviženklis skaičius rodo peilio koto skersmenį, išreikštą milimetrais. Kuo didesnis skersmuo, tuo stipresnis įrankis.



6.2.4 pav. Ištekimo peilis kečiamomis plokštelėmis, skirtas kiauroms skylėms ištekinti

Vadovaujantis bendra taisykle, bet kokiai ištekimo operacijai derėtų rinktis trumpiausią ištekimo peilį, kuris įtvirtintas revolverinėje galvutėje, gali pasiekti labiausiai nutolusį nuo detalės galo ištekinamos skylės tašką. Peilio laikiklis ir revolverinė galvutė neturi liesti ruošinio, taip pat kitų staklių elementų.

6.2.3. Griovelų peiliai

Tokie peiliai naudojami grioveliams tekinti. Grioveliai priklausomai nuo detalės gali būti išdėstyti išoriniame sukimosi paviršiuje, galiniame paviršiuje arba vidiniame sukimosi paviršiuje. Todėl griovelų peiliai skirstomi į išorinių griovelų, galinių griovelų ir vidinių griovelų. Skirtinguose paviršiuose išsidėsčiusiems grioveliams tekinti naudojami skirtingų konstrukcijų ir formų peiliai, skiriasi ir peilių padėtis revolverinėje galvutėje. Šiuo metu naudojami surenkami griovelų peiliai su kečiamomis kietlydinio plokštelėmis.

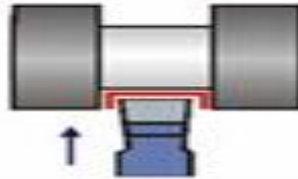
Tekinti griovelius išoriniame sukimosi paviršiuje ir galiniame paviršiuje tuo pačiu peiliu kečiant jo orientaciją revolverinėje galvutėje iš radialinės į ašinę galima ne visada (6.2.5 pav.).



6.2.5 pav. Peiliai, skirti grioveliams tekinti galiniame paviršiuje

Todėl, kad peilio užpakalinis paviršius gali trintis su detalės galiniu paviršiumi ir sugadinti detalę. Todėl galo grioveliai dažniausiai tekinami specialios konstrukcijos peiliais, kurių plokštelė yra daugiau išsikišusi iš laikiklio.

Tekinant vidinius griovelius, esančius giliai nuo galinio paviršiaus, kai skylės skersmuo yra nedidelis, pagrindinė problema yra peilio standumas. Parenkant peilį reikia imti kuo trumpesnę ir su platesne pjovimo briauna (6.2.6 pav.).



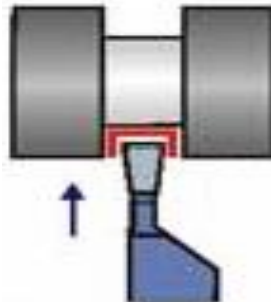
6.2.6 pav. Standus peilis grioveliams pjauti

Griovelių tekinimo peilių pagrindiniai parametrai yra naudojamos plokštelės pjovimo briaunos ilgis ir galvutės ilgis.

Labai plačiai naudojami daugiaplokšteliniai griovelių peiliai. Jie gali būti naudojami iš karto griovelių grupėms tekinti. Atstumas tarp plokštelių, plokštelių forma ir plokštelių skaičius gali būti skirtingi.

6.2.4. Atpjovimo peiliai

Tokie peiliai labai panašūs į griovelių. Jie būna tik išoriniai, darbo saugumui bei patogumui užtikrinti gaminami dešininiai ir kairiniai. Atpjovimo peiliai turi ilgesnę galvutę nei griovelių peiliai (6.2.7 pav.), nes atpjovimo peiliui suteikiama platuma ne iki griovelio dugno, o iki detalės ašies. Šiam judesiui vykstant peilio kotas neturi atsiremti į detalę.

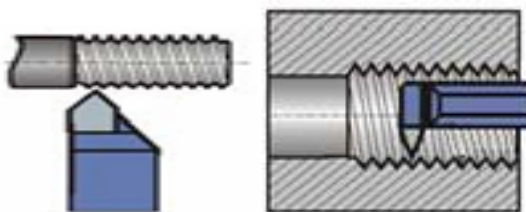


6.2.7 pav. Atpjovimo peilis

Atpjovimo peilių briauna gali būti pasvirusi nedideliu kampu. Briaunos posvyrio kryptis ir kampas turės įtakos medžiagos likučio formai, briaunos posvyrio kryptis turės įtakos atpjaunamos detalės ir ruošinio kraštų formai, kai detalė atpjaunama nuo tuščiavidurio ruošinio. Visada reikia siekti, kad medžiagos likutis liktų prie ruošinio, kuris vėliau dar bus apdirbamas.

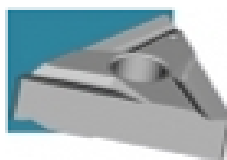
6.2.5. Sriegimo peiliai

Tokiais peiliais tekinami sriegiai išoriniuose ir vidiniuose detalės cilindrinuose ir kūginiuose paviršiuose (6.2.8 pav.). Šiuolaikiniai sriegimo peiliai, naudojami CNC staklėse, dažniausiai turi keičiamas kietlydinio plokšteles (6.2.9 pav.). Labiausiai yra paplitusios trikampio formos plokštelės, kurios turi tris viršūnes. Plokštelės pjovimo dalies forma ir viršūnės kampas priklauso nuo sriegio profilio.



6.2.8 pav. Išorinio ir vidinio sriegio gamyba

Sriegimo peiliai ir plokštelės neturi bendros žymėjimo sistemos, tačiau būna dešininiai (RH) ir kairiniai (LH). Dešininis laikiklis su plokštele dažniausiai naudojamas dešininiam sriegiui sriegti, kai peilis revolverinėje galvutėje tvirtinamas plokštele į stovą.



6.2.9 pav. Keičiamos kietlydinio plokštelės naudojamos sriegimui

Prieš gaminant sriegį reikėtų atsižvelgti, kad peiliai gaunami iš gamyklos jau su padėklais, todėl keičiant tik sriegio skersmenį ir žingsnį ne visada būtina keisti padėklą į didesnio kampo, jeigu kampo reikšmė skiriasi nedaug, tačiau keičiantis sriegio vijų kryptį keisti padėklą į priešingą jau reikia.

Šiuo metu sriegiai sriegiami plokštelėmis, kurios gali pjauti vienu metu ne viena, bet dviem arba daugiau viršūnėmis. Tokių plokštelių priekyje esanti viršūnė formuoja mažesnę dalį profilio, o kitą dalį nupjauna kita viršūnė. Tokiomis plokštelėmis sriegis pjaunamas našiau, reikia atlikti mažiau eigų.

6.3. Gražtai

6.3.1 Spiraliniai gražtai

CNC tekinimo ir frezavimo staklėse spiraliniai gražtai naudojami skylėms gręžti. Spiralinis gražtas būna dviejų plunksnų su dviem spiraliniais drožlių grioveliais, kuriais kyla drožlė ir patenka tepimo ir aušinimo skystis į pjovimo zoną (6.3.1 pav.).

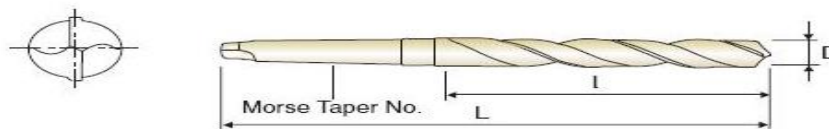
Spiraliniai gražtai gaminami iš įvairių medžiagų, tarp jų iš greitapjovio plieno (HSS), padengto greitapjovio plieno, greitapjovio plieno, legiruoto kobaltu (HSS – Co), kietlydinio. Greitapjovio plieno gražtai yra palyginti pigūs, gali būti nesunkiai pagalandami. Kietlydinio gražtai brangesni ir naudojami kietoms medžiagoms gręžti.

Spiraliniai gražtai būna įvairių dydžių. Jie yra standartizuoti pagal skersmenį, pagal darbo dalies bei bendrąjį ilgį ir skirstomi į tris kategorijas – ilgieji su cilindrinio kotu, trumpieji su cilindrinio kotu ir trumpieji su kūginiu kotu. Cilindriniai kotai, kurie yra universalūs, gali būti tvirtinami ne tik spyruokliuojančių įvorių laikikliuose, bet ir rankinių gręžtuvų ir įprastinių gręžimo staklių 3 – jų kumštelių griebtuvuose.



6.3.1 pav. Spiralinis gražtas

Gražtų su cilindrinio kotu skersmuo paprastai neviršija 20 – 30 mm. Didesnių skersmenų gražtai dažniausiai gaminami su kūginiais kotais (6.3.2 pav.).



6.3.2 pav. Gražtas su kūginiu kotu

Gražto darbo dalies ilgis l (6.3.2 pav.) yra labai svarbus apdirbant. Jis turi būti pakankamas, tai yra gražto galui pasiekus labiausiai nutolusią skylės tašką, ruošinys neturi uždengti drožlių griovelį. Žinoma, gražtas neturėtų būti per ilgas.

Didelio skersmens gražtais sunkiau pradėti gręžti, nes jų galas yra bukas, todėl prieš gręžiant didesnio skersmens gražtais naudojami centravimo gražtai.

6.3.2 Centravimo grąžtai

Centravimo grąžtai (6.3.3 pav.) naudojami centrų skylėms veleno galuose sudaryti. Centrų skylės gręžiamos negiliai, skylių ilgis svyruoja nuo 3 iki 15 mm priklausomai nuo ruošinio, kuris bus prilaikomas staklių centrais, skersmens ir naudojamo staklėse centro. Pjovimo dalis centravimo grąžtuose būna iš abiejų pusių.



6.3.3 pav. Centravimo grąžtas

Tekinimo staklėse centravimo grąžtai gali būti naudojami ir skylėms žymėti vietoje žymėjimo grąžtų. Frezavimo staklėse ir apdirbimo centruose jie beveik nenaudojami. Centravimo grąžtai gaminami iš greitapjovio plieno, taip pat ir iš padengto. Naudojant centravimo grąžtus svarbu sutapdinti jo ir ruošinio ašis kiek tik įmanoma, kad būtų sumažintas radialinis mušimas.

6.3.3 Grąžtai su keičiamomis kietlydinio plokštelėmis

Grąžtas su keičiamomis kietlydinio plokštelėmis (6.3.4 pav.) yra pažangiausias įrankis skylių gręžimo technologijoje. Tokie grąžtai dažnai naudojami vietoje greitapjovio plieno (HSS) spiralinių grąžtų, nes yra daug našesni. Jais galima gręžti kietesnes medžiagas pastūmomis nuo penkių iki dešimties kartų didesnėmis nei greitapjovio plieno spiraliniu grąžtu.

Tokie grąžtai naudojami skylėms, kurių skersmuo nuo 15 iki 80 mm, gręžti. Šių grąžtų plokštelės yra pasukamos atšipus vienai pjovimo briaunai. Tokiais grąžtais galima reguliuoti išgręžtos skylės skersmenį ir vienu grąžtu išgręžti kelių skersmenų skyles.



6.3.4 pav. Gražtai su keičiamomis plokštelėmis

Gražtai su kietlydinio plokštelėmis naudojami tekimo staklėse kaip nesisukantys įrankiai, nejudamai įtvirtinti laikilyje. Šie gražtai tvirtinami dažniausiai jau ne spyruokliuojančios įvorės laikilyje, o sraigtu standžiai, nes naudojant gražtus su kietlydinio plokštelėmis reikia didesnės staklių galios.

6.3.4 Sriegikliai

Sriegikliai (6.3.5 pav.) naudojami vidiniam cilindriniam ir kūginiam sriegiui sriegti. Sriegiklis yra sraigtas, paverstas įrankiu prapvojus jame drožlių griovelius ir užgalandus gautų plunksnų paviršius tam tikro dydžio kampais.



6.3.5 pav. Sriegiklis

Metrinio sriegio sriegikliai žymimi pagal nominalųjį skersmenį (pvz., M12, M6) ir žingsnį. Colinio sriegio sriegikliai – pagal skersmenį (coliais) ir vijų skaičių viename colyje (TPI). Taip pat žymima sriegio vijų kryptis (LH – kairiniai sriegikliai, RH – dešininiai), nuo kurios priklauso į kurią pusę turi sukstis sriegiklis arba ruošinys.

Sriegikliai dažniausiai gaminami iš greitapjovio plieno, kietlydinių. Sriegiklių skersmuo būna iki 60 mm. Prieš sriegiant vidinį sriegį sriegikliu arba peiliu, ruošinyje būtina išgręžti arba ištekinti reikiamo skersmens skylę, kuri atitiktų sriegio matmenis. Jeigu ši skylė bus per mažo skersmens,

sriegikliu nebus galima įpjauti sriegio, jei per didelio – nebus suformuotas reikiamo aukščio sriegio profilis. Tam, kad būtų parinktas reikiamo skersmens grąžtas prieš sriegiant, yra sudarytos grąžtų skersmenų lentelės, kuriose nurodyti grąžtų skersmenys, atitinkantys sriegių skersmenis.

6.4. Frezos

6.4.1 Galinės frezos

Galinė freza (6.3.6 pav.) yra surenkamas įrankis, skirtas lygiems paviršiams rupiai ir glotniai frezuoti. Jos naudojamos frezuoti plokštumoms, kurių matmenų tolerancijos nuo 0,02 iki 0,2 mm. Galinės frezos būna įvairių skersmenų, dažniausiai nuo 40 iki 300 mm. Šiuolaikinėse CNC frezavimo staklėse ir apdirbimo centruose naudojamos tik galinės frezos su keičiamomis plokštelėmis. Frezose naudojamos keičiamos kietlydinio arba keraminės plokštelės būna įvairių formų: kvadratinės, trikampės, apvalios, šešiakampės ir aštuoniakampės. Dantų arba plokštelių skaičius turi įtakos paviršiaus kokybei, CNC staklėse dažniausiai naudojamos didelio dantų žingsnio galinės frezos.



6.3.6 pav. Galinė dantyta freza

Kuo daugiau dantų turi freza, tuo geresnė yra paviršiaus kokybė. Parenkant frezą, taip pat reikia vengti situacijų, kai vienu metu pjaunama tik vienu frezos dantimi.

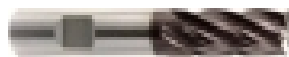
Dešininėse frezose naudojamos dešininės plokštelės (žymimos raide R), kairinėse – kairinės (L), neutralios (N) tinka ir ten, ir ten.

6.4.2 Pirštinės frezos

Pirštinėmis frezomis (6.3.7 pav.) pjaunama šoniniu paviršiumi ir mažiau galiniu. Šie įrankiai yra vieni iš pagrindinių įrankių, naudojamų frezavimo operacijose, atliekamosiose įprastinėmis ir CNC frezavimo staklėmis. Frezų skersmuo paprastai būna nuo 1 iki 32 mm. Pagrindinė medžiaga, iš kurios gaminami šie įrankiai, yra greitapjovis plienas, bet gali būti gaminami ir iš vientiso kietlydinio. Taip

pat būna pirštinių frezų su keičiamomis kietlydinio plokštelėmis, tačiau nuo 8 mm skersmens ir didesnių. Pagrindinis jų trūkumas, kad konstruktyviai sunku pagaminti tokias, mažų skersmenų, frezas.

Mažo skersmens pirštinės frezos gaminamos su dviem, trimis arba keturiais dantimis. Dviejų dantų frezos turi didesnius drožlių griovelius ir atitinkamai daugiau vietos drožlėms. Dažniausiai jos naudojamos frezuojant aliuminį ir kitus minkštus metalus. Trijų dantų frezos geriau tinka nerūdijančiam plienui ir kitoms mažesnio kietumo nei kietas plienas, bet kietesnėms už minkštas medžiagoms apdirbti.



6.3.7 pav. Pirštinė freza

Pirštinės frezos šoninio paviršiaus dantys yra spiraliniai tam, kad pjovimas būtų tolygus ir drožlė geriau būtų pašalinama iš griovelio. Svarbus pirštinės frezos parametras yra vertikali pastūma, kuri suteikiama frezai tam, kad ji įsigilintų į metalą po kiekvienos darbinės eigos ir pradėtų nuimti naują kišenės arba iškyšos medžiagos sluoksnį. Pagal tai, ar galima suteikti pastūmą Z ašies kryptimi į metalą, frezos būna centrinio pjovimo ir necentrinio pjovimo. Standartinės dviejų dantų frezos dažniausiai yra centrinės. Jų galinės pjovimo briaunos persidengia, todėl gali gręžti metalą kaip grąžtas. Keturių, trijų dantų frezos dažniausia yra necentrinio pjovimo. Tokiai frezai įsigilinant į metalą dalis medžiagos, esančios po frezos centru, liks nenupjauta, todėl dėl trinties su ruošiniu freza gali sulūžti.

Parentat frežą reikia atkreipti dėmesį ir į jos pjovimo dalies ilgį. Viršūnei pasiekus kišenės arba išorinio kontūro žemiausią tašką frezos kotas neturi liesti kišenės arba iškyšos sienelių.

Pirštinės frezos taip pat gaminamos su vidiniais aušinimo kanalais efektyviam aušinimui, tačiau turėti vien tokį įrankį nepakanka, nes laikiklis taip pat turi turėti kanalus.

6.4.3 Diskinės frezos

Tokios frezos (6.3.8 pav.) naudojamos grioveliams, išdėstytiems detalės šonuose, frezuoti. Šios frezos taip pat naudojamos, kai detalėje reikia padaryti vidinį žiedinį griovelį, kurio skersmuo yra didesnis už skylės skersmenį. Diskinės frezos naudojamos retai. Gaminamos iš įvairių medžiagų, greitapjovio plieno su kietlydinio plokštelėmis. Frezų skersmuo būna nuo 60 iki 300 mm. Tvirtinamos jos ant laikiklio dažniausiai kreipimo kaiščiu ir sraigtu.



6.3.8 pav. Diskinės frezos su keičiamomis plokštelėmis

Pagrindinis diskinių frezų parametras yra išorinis skersmuo, nuo kurio priklauso frezuojamo griovelio gylis. Be to, svarbus frezos plotis. Nuo jo priklauso mažiausias freza apdirbamo griovelio plotis. Taip pat gaminamos ir kitokių pjovimo dalies formų diskinės frezos, kuriomis frezuojami grioveliai su įgaubtu arba išgaubtu dugnu, krumpliastiebių krumpliai.

6.4.4 T formos frezos

Šios frezos (6.3.9 pav.) naudojamos atitinkamos formos grioveliams frezuoti, kai griovelio paviršius yra iš dalies uždengtas metalo sluoksniu. Tokie grioveliai dažniausiai frezuojami staklių ir įtaisų staluose ruošiniams įtvirtinti, į juos iš šono įstatoma varžto galvutė, varžtas praleidžiamas per įtaiso ar ruošinio tvirtinimo skylę ir iš viršaus užsukama veržlė. Frezos gaminamos iš įvairių medžiagų, dažniausiai iš greitapjovio plieno, būna ir su kietlydinio plokštelėmis. Tokios frezos turi kotą, todėl tvirtinamos pirštinių frezų laikikliuose.



6.3.9 pav. T formos freza

Pagrindiniai tokių frezų parametrai yra pjovimo dalies skersmuo, pjovimo briaunos plotis ir kakliuko tarp pjovimo dalies bei koto skersmuo. Kakliuko skersmuo ir ilgis turi būti tokie, kad freza galėtų atlikti judesį, o kaliukas nesiliestų su viršutinės griovelio dalies sienelėmis.

6.4.5 Šakutinės sriegimo frezos

Frezavimo staklėmis ir apdirbimo centrais su vienu metu valdomomis trimis ašimis galima sriegti vidinius ir išorinius sriegius šakutinėmis sriegimo frezomis. Šios frezos skiriasi pagal skersmenį ir žingsnį. Skersmuo yra svarbus frezuojant vidinius sriegius, nes freza turi tilpti iš anksto paruoštoje sriegimui skylėje ir turi būti atsarga įsipjovimo bei atitraukimo judesiams atlikti. Frezos žingsnis parenkamas pagal sriegiamo sriegio žingsnį ir turi sutapti su juo. Taip pat svarbus sriegio profilis. Frezos sriegio profilis turi atitikti sriegiamo sriegio profilį.

Sriegimo frezos būna surenkamos su keičiamomis kietlydinio plokštelėmis arba vientisinės iš greitapjovio plieno. Mažesnio skersmens frezos dažniausiai būna su lygiu cilindrinu kotu ir tvirtinamos spyruokliuojančiuose įvorės laikikliuose. Didesnio skersmens frezos tvirtinamos pirštinių frezų laikikliuose.

Savikontrolės klausimai

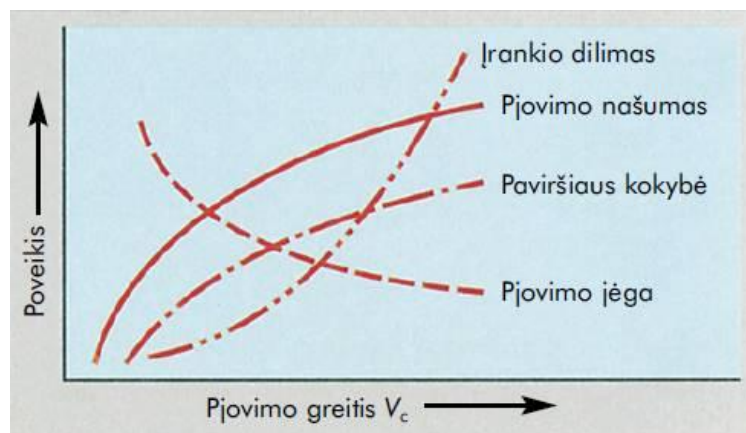
1. Kokios medžiagos naudojamos CNC staklių įrankiams gaminti?
2. Kokie išorinio tekinimo peiliai naudojami šiuolaikinėse CNC tekinimo staklėse?
3. Kokie ištekinimo peiliai naudojami šiuolaikinėse CNC tekinimo staklėse?
4. Kuo skiriasi atpjovimo peiliai nuo griovelių peilių?
5. Kokie grąžtai gali būti naudojami tekinimo staklėse?
6. Kokios frezos dažniausiai naudojamos frezavimo staklėse?
7. Iš kokios medžiagos gaminama frezų pjovimo dalis?
8. Iš kokių medžiagų gaminamos pirštinės frezos?
9. Koku tikslu naudojamos diskinės frezos frezavimo staklėse?
10. Kokios būna šakutinės sriegimo frezos?

7. PJOVIMO REŽIMAI FREZAVIMUI

Pjovimo greitis v_c – tai kelio ilgis metrais, kurį nueina per minutę pagrindinės pjovimo briaunos taškas, esantis toliausiai nuo sukimosi ašies. Frezai apsisukus vieną kartą, pjovimo briaunos taškas, esantis frezos, kurios skersmuo d , apskritime, nueis kelią lygų apskritimo ilgiui, t.y. πd . Norint rasti, kokio ilgio kelią taškas nuėjo per minutę, reikia kelio, nueito, frezai apsisukus vieną kartą, ilgi padauginti iš frezos sukimosi dažnio n per minutę. Pjovimo greitis išreiškiamas metrais per minutę, o pjovimo greičio frezuojant formulė bus tokia:

$$\text{Pjovimo greitis } v_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

Pjovimo greitis v_c parenkamas pagal įrankio medžiagą, ruošinio medžiagą ir reikalingą apdirbimo kokybę (1 lent.). Dėl įrankių medžiagų įvairovės ir padengimų reikia laikytis įrankių gamintojų rekomendacijų. Esant dideliems pjovimo greičiams būna mažesnės pjovimo jėgos, o tai ypač svarbu apdirbant plonasienius ruošinius arba dirbant plonomis galinėmis frezomis (7.1 pav.).



7.1 pav. Pjovimo greičio įtaka

Pastūma f yra vieno frezos apsisukimo pastūmos kelias, mm/aps., t.y. staklių stalo su apdirbamuoju ruošiniu arba frezos pasislinkimas per vieną frezos apsisukimą. **Pastūma dančiui f_z** yra vieno frezos peiliuko pastūmos kelias, t.y. staklių stalo su apdirbamuoju ruošiniu arba frezos pasislinkimas, jai pasisukus per vieną dantį.

Didėjant pastūmų dančiui, didėja drožlės storis, pjovimo jėgos ir labai dyla įrankis. Pjovimo greitį reikia parinkti kuo didesnį, taip ekonomiškiau pasiekiamas reikiamas

matmenų tikslumas ir paviršiaus kokybė. Pastūmos greitis v_f , (minutinė pastūma) mm/min susideda iš pastūmos dančiui f_z dantų skaičiaus z ir frezos sukimosi dažnio n .

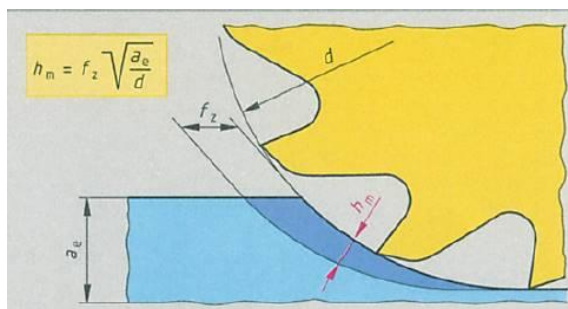
$$\text{Pastūmos greitis } v_f = f \cdot n = f_z \cdot z \cdot n$$

Pagal pastūmos dančiui f_z ir pjovimo greitį v_c apskaičiuojamas pastūmos greitis ir suklio sukimosi dažnis (7.1 lent.).

7.1 lentelė. Frezavimo galvutės su keičiamomis kietlydinio plokštelėmis v_c , m/min ir f_z , mm/dančiui

Apdirbimo būdas		Nelegiruoti plienai, R_m iki 700 N/mm ²	Legiruoti plienai, R_m iki 1000 N/mm ²	Ketus iki 180 HB
Paruošiamasis frezavimas	v_c	100... 200	60... 200	70... 140
	f_z	0,1... 0,4	0,1... 0,4	0,1 ...0,5
Baigiamasis frezavimas	v_c	100... 300	80... 220	90. . .300
	f_z	0,1... 0,3	0,06... 0,3	0,1 ...0,25

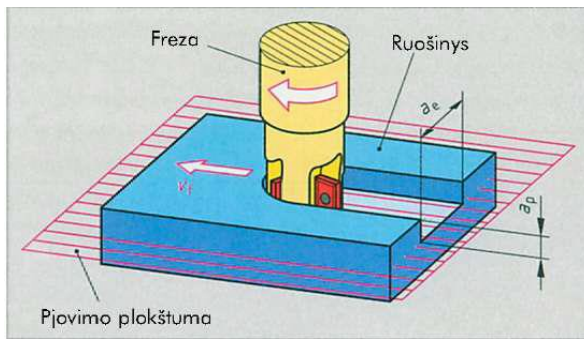
Drožlės storis h priklauso nuo frezos ašmenų įsipjovimo (7.2 pav.).



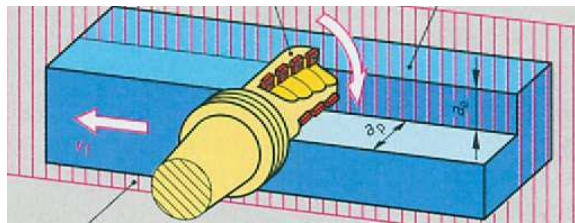
7.2 pav. Vidutinis drožlės storis h_m

Vidutinis drožlės storis h_m priklauso nuo pastūmos dančiui, pjovimo gylis ir frezos skersmens. Frezavimo gylis – tai atstumas tarp apdirbamojo ir apdirbtojo paviršiaus.

Pjovimo plotis – tai apdirbto per vieną praėjimą paviršiaus plotis. Pjovimo plotis atliekant galinį frezavimą yra darbinis užgriebio plotis a_e (7.3 ir 7.4 pav.). Jis matuojamas pjovimo plokštumoje. Pjovimo plokštuma eina per pastūmos ir pjovimo krypties vektorius.

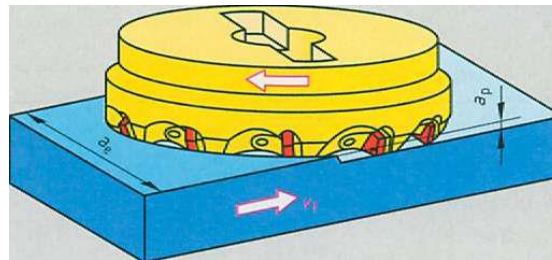


7.3 pav. Frezavimo gylis a_p ir frezavimo plotis a_e galiniame frezavime



7.4 pav. Frezavimo plotis a_p ir frezavimo gylis a_e cilindriame frezavime

Pjovimo našumas Q cm^3/min priklauso nuo pjovimo gylio a_p , pjovimo pločio a_e ir pastūmos greičio v_f (minutinės pastūmos) (7.5 pav.).



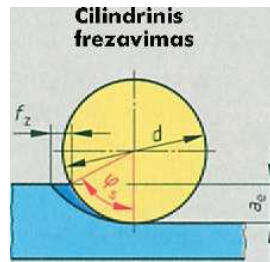
7.5 pav. Galinis frezavimas su frezavimo galvute

Pjovimo našumas $Q = a_p \cdot a_e \cdot v_f$,

Pjovimo našumas tuo didesnis, kuo daugiau dantų pjauna vienu metu ir kuo didesnis pjovimo greitis.

Užgriebio kampas φ_s (danties kontakto kampas) yra kampas tarp danties pjovimo pradžios ir pabaigos (7.6 pav.). Jis nustato, kiek dantų pjauna vienu metu.

Užgriebio kampas $\frac{\sin \varphi_s}{2} = \frac{a_e}{d}$



7.6 pav. Užgriebio kampas φ_s (momentinio kontakto kampas)

Pjaunančių dantų skaičius $z_e = \frac{\varphi_s \cdot z}{360^\circ}$

P a v y z d y s :

Frezuojama su galine frezavimo galvute:

reikia rupiai nufrezuoti ruošinį iš 16MnCr5. Frezavimo plotis $b = 60$ mm.

Frezavimo galvutė su kietlydinio keičiamomis plokštelėmis: $d = 80$ mm, $z = 6$,

$v_c = 120$ m/min, $f_z = 0,2$ mm, $a_p = 4$ mm. Kokie yra n , v_f , z_e ir Q ?

Sprendimas:

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{120 \text{ m/min}}{\pi \cdot 0,08 \text{ m}} = 447 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,2 \text{ mm} \cdot 6 \cdot 447 \text{ min}^{-1} = 572 \text{ mm/min}$$

$$\frac{\sin \varphi_s}{2} = \frac{a_e}{d} = \frac{60 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 0,75; \varphi_s = 97,2^\circ$$

$$z_e = \frac{\varphi_s \cdot z}{360^\circ} = \frac{97,2^\circ \cdot 6}{360^\circ} = 1,6 \text{ dantų pjauna vienu metu}$$

$$Q = a_p \cdot a_e \cdot v_f = 4 \text{ mm} \cdot 60 \text{ mm} \cdot 572 \text{ mm/min} = 37 \text{ cm}^3/\text{min}$$

PRIEDAI

1 PRIEDAS. DMG staklių servisas

Šiuolaikiniuose pramoniniuose įrenginiuose įdiegtos naujausios technologijos leidžia ne tik pasiekti gaminių didesnius tikslumus, padidinti našumą, užtikrinti darbų saugą, bet ir išvengti ilgų prastovų dėl įrenginio gedimo. Šiame modulyje apžvelgsime naujoves ir tendencijas metalo apdirbimo įrenginių rinkoje, supažindinsime su mechatroninių technologinių įrenginių montavimo, priežiūros, valdymo, remonto naujovėmis ir tendencijomis.

Suomijos tarptautinės kompanijos padalinys Lietuvoje UAB „Fastems“ specializuojasi šiuolaikinių mechatroninių įrenginių, t.y. metalo tekinimo ir frezavimo staklių su CNC valdymu pardavime, įrenginių montavime, garantiniame ir po garantiniame aptarnavime. Taip pat įmonė Fastems yra lyderė tarp įmonių, siūlančių gamybos proceso automatizacijos standartinius ir specializuotus sprendimus su integruotais anksčiau minėtais įrenginiais. Siūlomos sistemos leidžia išnaudoti metalo apdirbimo stakles iki 8760 valandų per metus. Taigi, Fastems tikslas padidinti klientų konkurencingumą automatizuotos gamybos technologijos dėka.

Kad siūloma sistema priartėtų prie maksimalaus metinių valandų skaičiaus, reikia patikimų įrenginių. UAB Fastems atstovauja Vokietijos tekinimo ir frezavimo staklių gamintoją DMG, dar žinomą kaip Deckel Maho Gildemeister pavadinimu.

DMG yra lyderiaujanti įmonė pasaulinėje rinkoje tarp staklių gamintojų. Produkcijos asortimente inovatyvių aukštųjų technologijų įrenginiai ir aptarnavimo paslaugos.

DMG „Life cycle“ – filosofija.

„Life cycle“ lietuviškai „Gyvavimo ciklas“. Šis pavadinimas yra pagrįstas ideja, kad klientas galėtų gauti visas jam reikalingas paslaugas iš vieno šaltinio, kaip tai parodyta 1 pav. (videofailas pavad.: LifeCycle_Servisas.mp4). Tokiu būdu šiuolaikinių staklių gamintojas tampa ne tik eiliniu įrangos pardavėju, bet ypatingu kliento partneriu.



1 pav. „Life cycle“ lietuviškai „Gyvavimo ciklo“ iliustracija

Taigi, „Life cycle“ apima visas paketas paslaugų po to, kai vartotojas įsigyja įrenginį:

- naujo įrenginio pristatymas, montavimas ir paleidimas;
- mokymai:
 - operatorių mokymai pas staklių gamintoją su galimybe testiniams mokymams online režime;
 - mokymo klasės su analogiškais programiniais paketais ir valdymo pultais kaip realiose staklėse.
- „Papildomų galimybių įrankiai“ – tai inovatyvūs programiniai paketai, skirti optimizuoti staklių valdymą, monitoringą ir remontą.
- staklių remontas:
 - garantinis remontas;
 - prevencinis remontas;
 - pogarantinis remontas;
 - staklių mazgų remontas pas gamintoją;
- centralizuotas atsarginių dalių tiekimas;
- įrengimų optimizavimas:

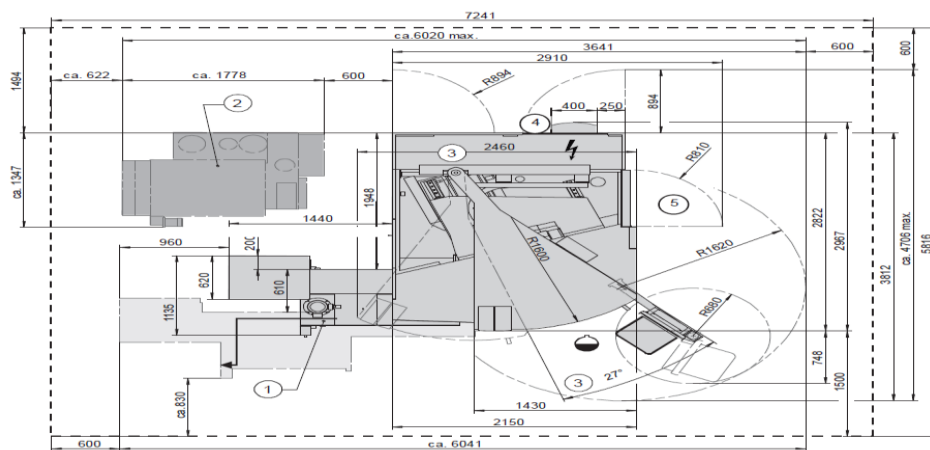
- įrankių matavimo prietaisai;
- automatizacija;
- įrengimų patobulinimas:
 - energijos taupymo įrenginys;
 - detalių pririšimo ir matavimo galvutė;
 - staklių atnaujinimas;
- jūsus seno įrenginio pardavimas, keitimas į naują.

Dauguma šiuolaikinių įrenginių gamintojų vadovaujasi šiais principais. Ne vienas staklių gamintojas gali pasiūlyti lygiaverčius įrenginius savo techninėmis charakteristikomis, todėl tenka ieškoti būdų, kaip išsiskirti tarp lyderių.

Šiuolaikinėje globalioje rinkoje tenka prisitaikyti prie pokyčių per trumpiausią laiką. Todėl klientai vertina ne tik kainos ir kokybės santykį, bet ir galvoja apie ateitį, ką dar galėtų pasiūlyti staklių gamintojas, kad užtikrintų sklandų įrenginio darbą tobulinant technologinį procesą, šalinant atsiradusius gedimus, prisitaikant prie pasikeitusių rinkos poreikių.

Mechatroninių technologinių įrenginių montavimas.

Gamintojas suteikia informaciją apie įrenginio transportavimo sąlygas, krovimo taisykles ir galimybes, aprūpina staklių išplanavimo brėžiniais, kurie apima ir zonas aplink įrenginį, skirtas tolimesniam įrenginio eksploatavimui (2 pav.).



2 pav. Frezavimo staklių išplanavimo brėžinys.

Punktyrinė linija – reikalingas plotas; šviesiai pilkos spalvos linija – remonto aptarnavimo zona.

Šiuolaikinių įrenginių montavimą atlieką autorizuoti serviso inžinieriai, kurie yra susipažinę su įrenginiais, jų valdymu ir techninėmis charakteristikomis. Pasitaiko ir išimčių, kai klientas, pasitelkęs savo gamyklos remontinio baro mechanikus, nusprendžia pats instaliuoti naujus įrenginius, tačiau sugaištama daug laiko studijuojant instaliavimo instrukcijas, kurios pristatomos kartu su staklėmis. Bet kokių atveju gamintojas reikalauja pasirašyti instaliavimo protokolą tarp autorizuoto serviso inžinieriaus ir kliento. Tik atlikus patikrą, ar visi mazgai yra veikiantys, įsigalioja garantinis laikotarpis. Garantija suteikiama ne tik tam tikram periodui, tačiau ribojama ir sūklio darbo valandomis. Priklausomai nuo to, kuris rodiklis bus pasiektas pirmas, tada ir baigsis garantinis laikotarpis.

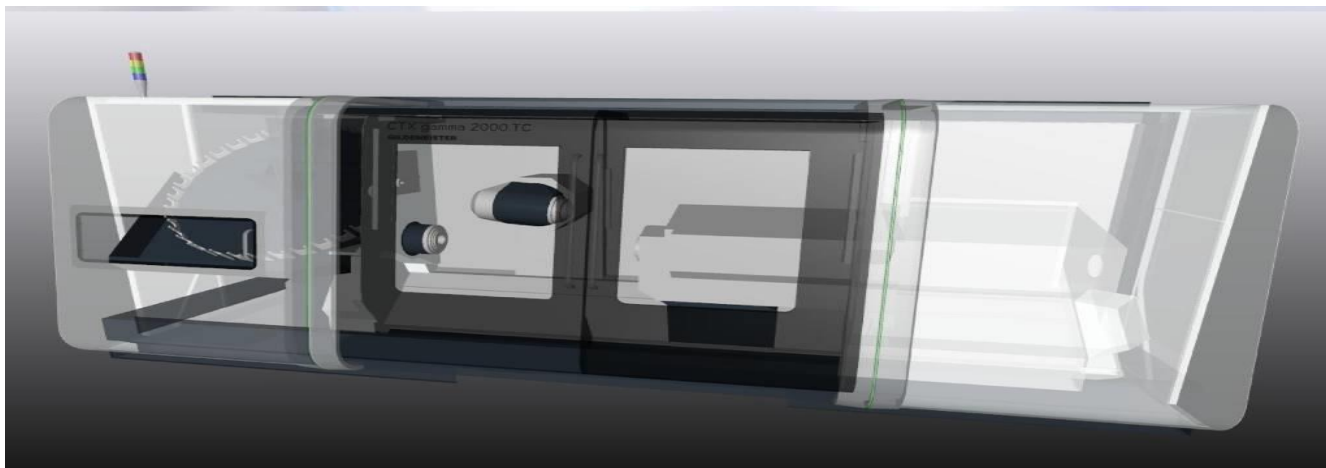
Technologinių įrenginių valdymas ir priežiūra.

Šiuolaikinėse tekimo ir frezavimo staklėse yra didelis pasirinkimas CNC (Computer Numerical Control) valdymo aplinkų. Vieni gamintojai naudoja savo sukurtus (pvz., Hass, Mazak, Mori Seiki ir pan.), kiti gamintojai naudoja trijų populiariausių valdymo programų kūrėjų produktus – Siemens, Heidenhain ir Fanuc CNC valdymus.

Tačiau įrenginių valdymas nesibaigia vien staklių valdymo pulte integruotu programiniu paketu. Todėl apžvelgsime šiuolaikinių gamintojų siūlomus papildomus programinius paketus („Papildomų galimybių įrankiai“), kurie leidžia geriau išnaudoti staklių technines savybes, užtikrinti prevenciją, palengvinti remonto darbus, didinti našumą ir dirbamų valandų skaičių per metus.

DMG Virtualios staklės (Virtual Machine)

Efektyvumas, saugumas, greitumas – žodžiai, apibūdinantys programinį paketą. DMG Virtualios staklės – tai programavimo ir simuliacijos programinė įranga, skirta DMG tekimo ir frezavimo staklėms (3 pav. ir videofailas pavad.: DMG_Virtual_Machine.mp4).



3 pav. Dviejų suklių tekimo staklių su frezavimo galva CTX gamma 2000 TC virtualus modelis

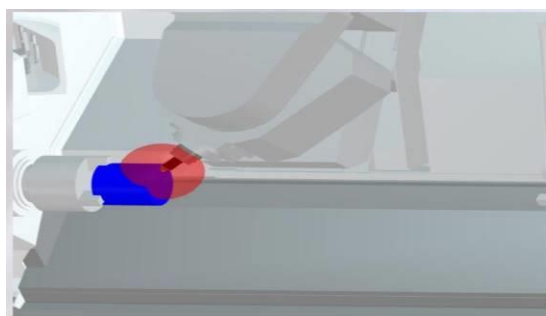
Kompleksinis požiūris į kontrolę, PLC (Programuojamas loginis valdiklis) ir simuliaciją yra labai svarbus vystymuisi. DMG virtualiose staklėse integruota geometrija, kinematika ir dinamika, taip pat visos NC (skaitmeninio valdymo) ir PLC funkcijos. Naudojantis šia unikalia programinės įrangos architektūra, DMG stakles turėsite savo kompiuteryje (4 pav.).



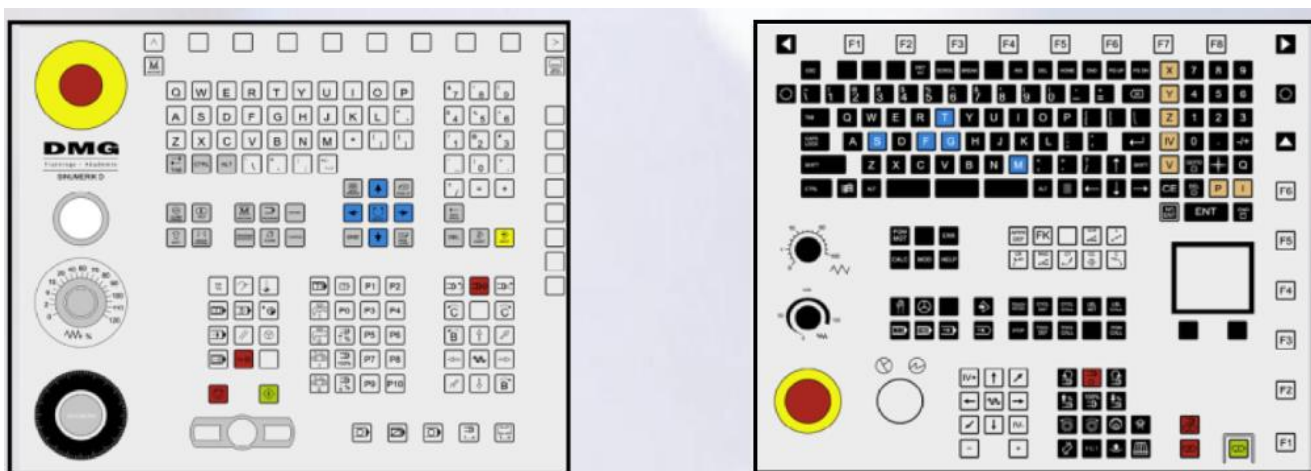
4 pav. DMG virtualių staklių valdymo langai.

Pagrindiniai privalumai:

- greitesnis naujo gaminio sukūrimas ir su didesniu saugumu;
- didesnis staklių galimybių išnaudojimas;
- dėl optimaliai paruoštų programų ir darbo zonos analizės taupomas staklių paruošimo darbui laikas;
- darbo zonos stebėjimas ir susidūrimo fakto nustatymas, naudojant unikalius 3D staklių modelius (5 pav.);
- intuityvus staklių valdymas naudojant originalų valdymo pultą (6 pav.);
- tikslus gaminimo laiko paskaičiavimas įvertinant PLC ir staklių dinamiką.



5 pav. Susidūrimo nustatymo pavyzdys



5 pav. DMG valdymo pultas Siemens 840D (kairėje) ir Heidenhain iTNC 530 (dešinėje)

Šis produktas skirtas DMG staklėms, pagamintoms 2009 metais arba vėliau su Siemens 840 D ir Heidenhain iTNC 530 valdymo programomis.

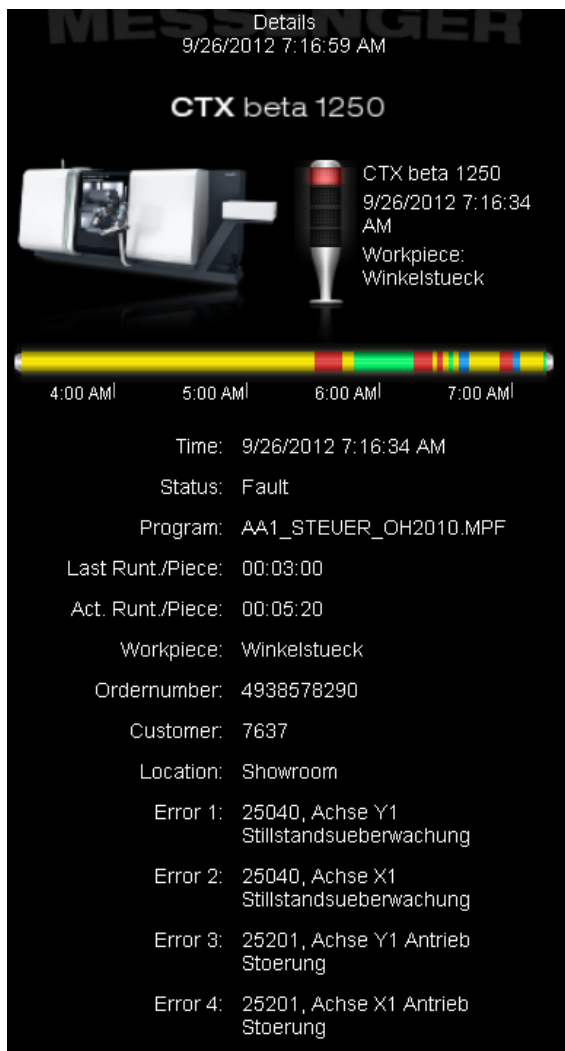
DMG Pranešėjas (Messenger)

Staklių būseną Jūsų rankose! Tai produktas staklių būsenai sekti. Staklių naudotojas dėka tiesioginio stebėjimo internete savo išmaniojo telefono, monitoriaus ar planšetinio prietaiso ekrane matys trumpą savo gamybos apžvalgą ir bus informuotas nedelsiant elektroniniu paštu staklių neplaninio sustojimo-gedimo metu. Šios funkcijos pagalba įmanoma maksimaliai sumažinti prastovos laiką ir taip padidinti gamybos efektyvumą.

Priklausomai nuo CNC valdymo tipo DMG pranešėjas gali suteikti šią informaciją (6 pav.):

- staklių modelis;
- staklių būsenos informacija;
- laiko juosta staklių būsenai nusakyti praeityje;
- apdirbamos programos pavadinimas;
- gaminių skaičius ir realiai pagamintų gaminių skaičius;

- paskutinio gaminio apdirbimo laikas ir realiu laiku apdirbamo gaminio laikas;
- klaidų pranešimai arba įspėjimai;
- ir kt.



6 pav. DMG pranešėjo suteikiamos informacijos ir pateikimo būdų pavyzdžiai

Tai aktualu, jeigu dirbate automatizuotu režimu ir/arba staklių programa paleidžiama darbui per naktį. Tokiu būdu atsakingas įmonės darbuotojas gali būti informuojamas apie gedimus ar neplanuotus staklių sustojimus ir nedelsiant reaguoti, kad pašalintų problemas. Taip pat gali būti filtruojami ir siunčiami tik pasirinkti įspėjimai apie pasikeitimus.

Laiko juosta nusakanti staklių būseną praeityje leidžia sekti ir kontroliuoti, kad būtų išnaudojamas efektyviai darbo laikas, kuris priklauso nuo operatorių sugebėjimų. Informacija pateikiama 4 skirtingų spalvų reikšmėmis:

- raudona – bendra klaida, staklės sustojusios dėl konkrečios priežasties;

- geltona – reikalingas žmogiškasis įsikišimas (lūžęs įrankis, planuotas sustojimas monitoringui);
- žalia – automatinis režimas, staklės dirba pagal užduotą apdirbimo programą;
- mėlyna – staklės derinimo režime.

Šis produktas skirtas Siemens 840 D su PCU 50, Heidenhain iTNC 530, Heidenhain Mill Plus, Mapps IV valdymo programoms. Kito tipo valdymai ir staklės veikia per I/O serverį.

Operatorių mokymo programa (DMG Programming/Training)

Naudojant analogišką programą bei analogišką klaviatūrą kaip staklių valdymo pulte galima tiek studentus, tiek mokytojus paruošti ir išmokyti programavimo pagrindų (7 pav.). Įmonės naujus operatorius be gamybinės patirties gali paruošti ir adaptuoti prie esamos gamybos poreikių. Pažengusiems vartotojams galima tobulinti programavimo įgūdžius optimizuojant specifinius procesus ir taip didinant produktyvumą. Visa tai atliekama nenaudojant turimų įrenginių ir neprarandant brangaus staklių darbo laiko. Paruoštas operatorius ir adaptuotas prie konkrečių apdirbamų gaminių gali lengvai įsilieti į gamybos procesą sumažinant klaidų lygį, kuris neišvengiamas naujo, ypač nepatyrusio darbuotojo atveju.

Su šiuo programiniu paketu visas sukurtas apdirbimo programas galima panaudoti turimose staklėse realioje gamyboje. Taip pat galima naudoti ir kaip priemonę, išvengiant staklėse smūgių, tačiau prieš tai apdirbimo programą reikėtų išbandyti kompiuteryje. Galimas ir toks variantas, kad įmonė jau turi patyrusius operatorius, tačiau ilgą laiką dirbusius su kitokio tipo CNC valdymo programomis, todėl dar prieš įsigyjant naujas tekimo ar frezavimo stakles su Siemens ar Heidenhain valdymu, operatoriai galės perprasti valdymo subtilybes, o įmonė per įmanomai trumpiausią laiką integruoti naująjį įrenginį į gamybą.



7 pav. Tekimo staklių operatoriaus valdymo pultas bei analogiška programa kompiuterio ekrane kaip realių-turimų staklių valdymo pulte.

Šis produktas gali būti su Siemens Sinumerik 810/840D ShopMill, ShopTurn ir ManualTurn valdymais, Heidenhain MillPlus iT, TurnPlus iT, Heidenhain CP620, Heidenhain iTNC 620, Heidenhain iTNC 530 bei Fanuc valdymais pagal pageidavimą.

DMG Service Agent (Staklių aptarnavimo agentas)

Šiuolaikinių įrenginių valdymo programos leidžia planuoti įrenginio aptarnavimą. „Service Agent“ yra sumani priežiūros sistema, kuri padidina staklių galimybes. Veikimo schema paprasta: vartotojas turi išorinį kompiuterį, kuriame įdiegtas staklių aptarnavimo agentas, su kuriuo galima kontroliuoti iki 32 staklių priežiūrą (8 pav.). Visi automatiškai atsirandantys išankstiniai įspėjimai apie artėjantį laiką keisti vienas ar kitas susidėvinčias staklių mazgų dalis yra paremti realiu staklių darbo laiku nuskaitant staklių PLC. Programa padeda įmonės personalui sugeneruodama detalių veiksmų sąrašą, vykdymo instrukcijas bei atsarginių dalių sąrašą. Taip pat galimi nustatymai, kad būtų pranešama ne tik tiesioginiam darbuotojui, kuris dirba su šia programa, bet taip pat nusiunčiamas elektroninis laiškas, pavyzdžiui, tiekimo skyriui, kuris gali pasirūpinti atsarginių dalių išankstiniu tiekimu. Šiai užduočiai gali būti sugeneruojamas užsakymo šablonas, kuris turėtų būti siunčiamas staklių gamintojui. Laikantis staklių aptarnavimo agento rekomendacijų ir instrukcijų prailginamas staklių tarnavimo laikas, padidinamas produktyvumas bei taupomas laikas ir pinigai.

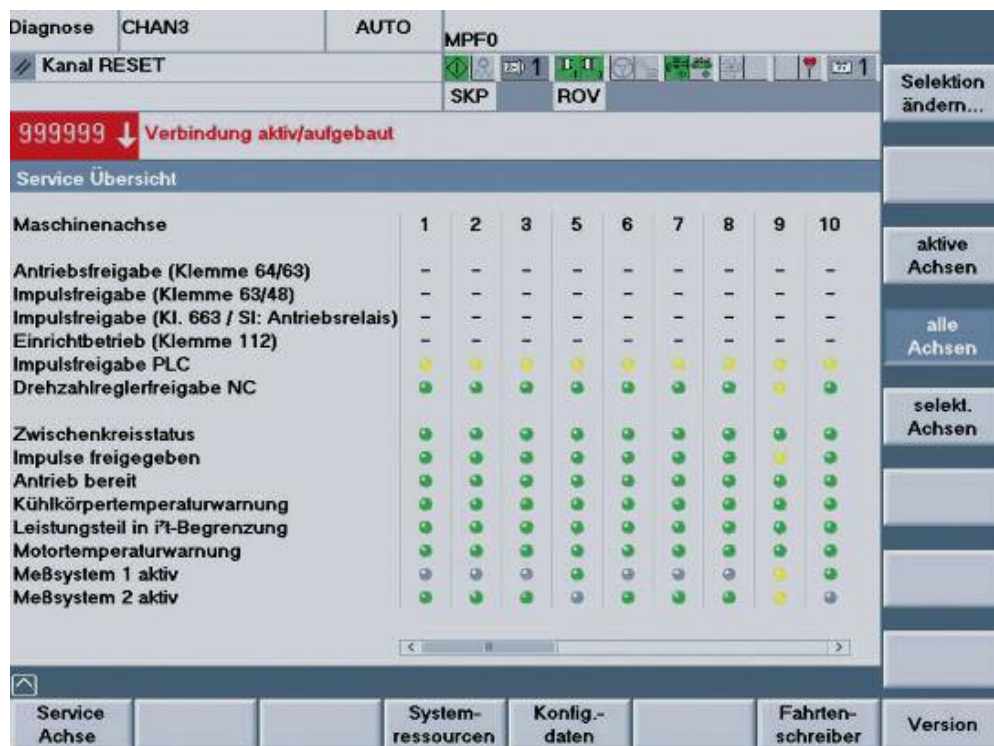
Ši programa veikia su visomis DMG staklėmis, pagamintomis 2004 metais arba vėliau. Palaikomi valdymo tipai: Siemens Sinumerik 840 D, Heidenhain MillPlus iT ir iTNC 530, Fanuc 16i, 18i, 21i.



8 pav. „Staklių aptarnavimo agentas“ – programos aplinka kompiuteryje (kairėje) ir pranešimas operatoriaus valdymo pulte (dešinėje)

DMG Netservice

Tai sprendimas, taupantis pinigus, o svarbiausia laiką. Veikimo principas labai primityvus ir paprastas. Staklės turi jungtį su internetu bei ryšį specialiu saugiu kanalu VPN (virtual private network / virtualus privatus tinklas) su įrangos gamintoju. Atsiradus gedimui arba staklėse pasirodžius įspėjamiems klaidų pranešimams, operatorius arba atsakingas darbuotojas gali lengviau ir greičiau šią problemą išspręsti. Nereikia iš karto kviesti specialaus serviso. Mygtukų paspaudimu staklių valdymo pulte staklės susijungs tiesioginiu ryšiu su gamintojo nuotolinio serviso padaliniu. Serviso inžinieriai matys staklių klaidų istoriją ir galės nustatyti kokio pobūdžio gedimas, detalizuoti problemą ir netgi išspręsti staklių problemas nuotoliniu būdu (9 pav.).



9 pav. Staklių valdymo pultas tiesioginio ryšio metu.

Ši paslauga galima staklėms, kurios pagamintos nuo 2010 metų ir vėliau. Galima atnaujinti ir įdiegti šį paketą ir į senesnes stakles, jeigu yra poreikis. Skirtas Siemens, Heidenhain ir Fanuc praktiškai visoms valdymo programos versijoms.

Visos išvardintos priemonės – tai papildomi įrankiai, kurie padidina produktyvumą ir leidžia išnaudoti įrenginių galimybes maksimaliai. Dalis priemonių naudojama kaip prevencija ir strateginis planavimas, mažinant kaštus susijusius su staklių gedimais ir prastovomis. Taip pat

Šiuolaikiniai programiniai paketai leidžia spręsti problemas greičiau ir išvengiant faktinio specializuotų serviso darbuotojų atvykimo. Taupomas laikas, o svarbiausia pinigai.

Nėra oficialios statistikos, koks amžiaus vidurkis yra naudojamos įrangos apdirbamojoje pramonėje, tačiau jeigu išskirtumėme metalo tekimo ir frezavimo stakles su CNC valdymu Lietuvoje, tai gautumėme vidurkį, kuris yra daugiau nei 5 metai. Įtakos turėjo ir 2008 metais prasidėjusi ekonominė krizė, kuri sustabdė investicijas į naujus įrenginius. Taip pat pastebima praktika, kad užsienio kapitalo įmonės investuoja ne į naujus įrenginius, o perkelia panaudotus įrenginius iš savo padalinių Vakarų Europoje. Taigi, žiūrint į ilgesnį įrenginių naudojimo laikotarpį, išvengti specialistų atvykimo neįmanoma, netgi turint ir atskirus remonto padalinius gamykloje bei naudojant visus įmanomus papildomus programinius paketus.

Staklių aptarnavimas telefonu 24/7 (Service Hotline).

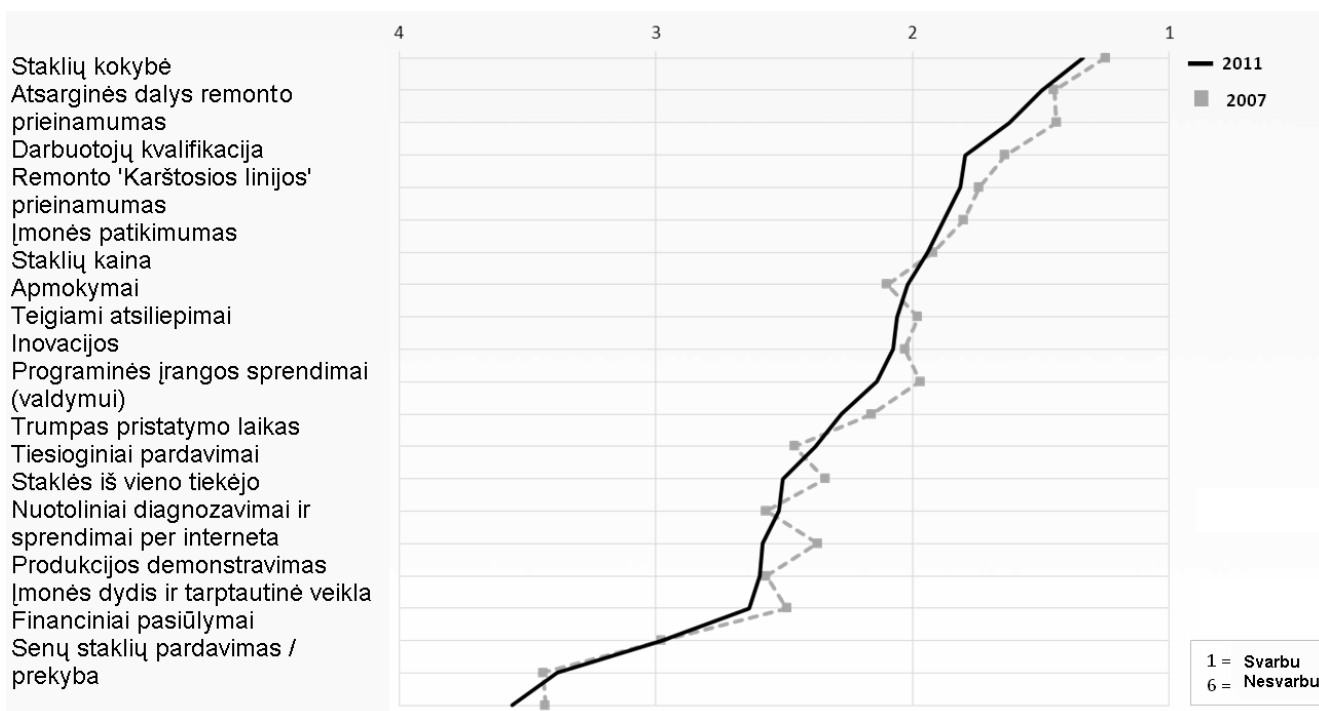


Dar viena paslauga, kurią nemokamai teikia DMG staklių gamintojas, tai staklių gedimų ir susijusių problemų sprendimas telefonu 24 valandas per parą, 7 dienas per savaitę (videofailas pavad.: 24_7_aparnavimas.mp4). Paslauga aktuali pažengusiems staklių vartotojams, nes profesionalūs specialistai galės padėti telefonu išspręsti problemas tik tuo atveju, kai vartotojas galės aiškiai nusakyti problemą ar įvardinti klaidas, kurias mato valdymo pulto ekrane.

Serviso ypatumai Lietuvoje.

Didžioji dalis Lietuvos įmonių, naudojančių tekimo frezavimo CNC valdymo stakles, taupymo sumetimais nenaudoja papildomų programinių paketų. Taip pat tai parodo ir kitą problemos pusę, kad šiandien Lietuvoje apdirbami gaminiai nekuria didelės pridėtinės vertės, kad apsimokėtų investuoti į papildomas minėtas priemones, norint stakles maksimaliai išnaudoti.

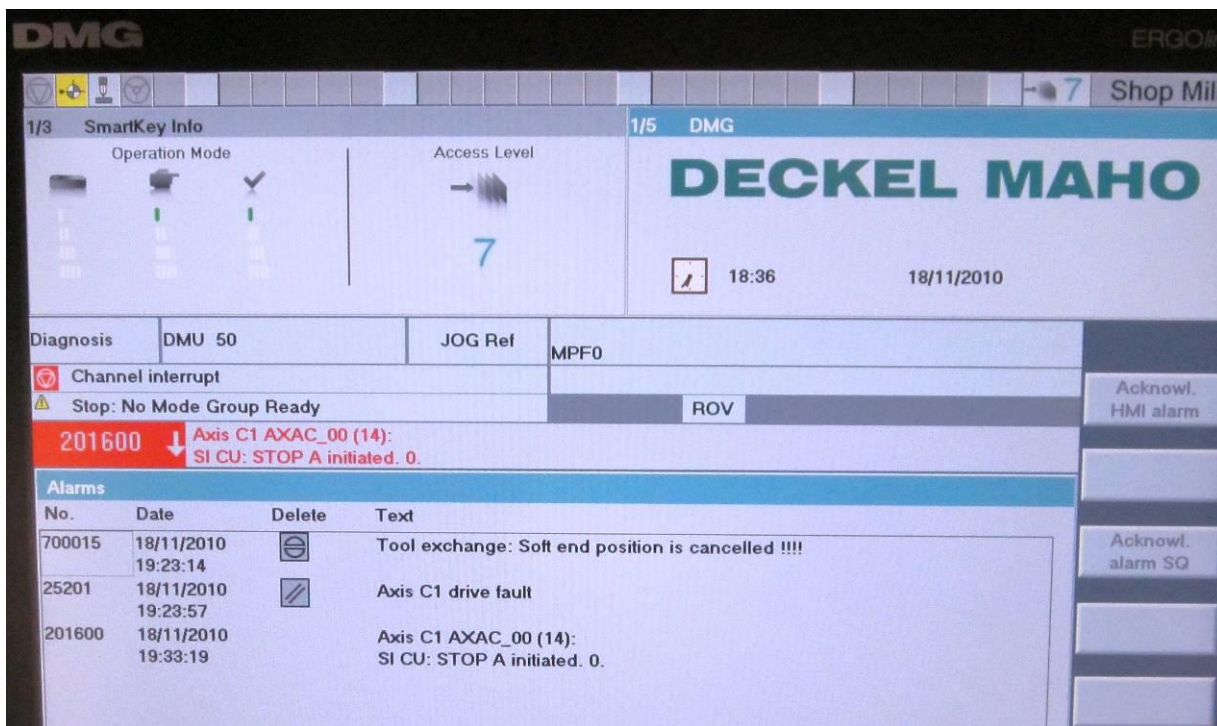
Šiuolaikinių įrenginių aptarnavimas dažniausiai vyksta per gamintojo atstovybes šalyje arba oficialius atstovus, kurie gali atstovauti ir keletą skirtingų gamintojų. Dažniausiai oficialus atstovas aptarnauja tik savo parduodamų prekinių ženklų įrenginius, nes būną apmokyti, pažįsta konkrečius staklių valdymus, ypač kai susiduriama su specifiniais CNC valdymais, kuriuos naudoja tik konkretus gamintojas. Tačiau vienas svarbiausių dalykų šiame procese – atsarginių dalių tiekimas (10 pav.).



10 pav. Europos šalių klientų apklausos rezultatai nustatant prioritetus ir pasirenkant staklių gamintoją 2007 ir 2011 metais

Kaip matome iš apklausos rezultatų atsarginių dalių ir remonto prieinamumas yra kiti veiksniai, lemiantys klientų apsisprendimą, kurio gamintojo stakles pasirinkti. Tai svarbiau nei paties įrenginio kaina. Taigi, šis suformuotas vartotojų požiūris pagrindžia atsarginių dalių tiekimo, garantinio bei pogarantinio serviso prieinamumo svarbą.

Taigi, esant gedimui ir neturint vietinio remonto padalinio arba kalbant apie mažas įmones, kuriose yra keletas šiuolaikinių apdirbimo centrų, yra kviečiamas autorizuotas servisas nustatyti ir pašalinti gedimus. Kiekvieno gedimo metu valdymo programos pulte atsiranda išpėjamieji pranešimai – kitaip dar vadinamos staklių klaidos. Klaidos turi savo kodą ir trumpą aprašymą, kaip pavaizduota 12 paveiksliuke, C ašies klaida.



12 pav. Operatoriaus valdymo pulte matoma klaida (raudona spalva) ir išpėjimų sąrašas su kodais ir aprašymu.

Klaidos, atsirandančios operatoriaus ekrane dėl gedimų, gali būti dvejopos: programinės – atsirandančios dėl valdymo sistemos sutrikimų, tai lemia sutrikimai elektros tinkle, laiku nekeičiamos valdymo pultų palaikymo baterijos ir panašiai, todėl pakinta CNC valdymo programos parametrai. Antra rūšis klaidų, kurios atsiranda dėl elektrinių, hidraulinių arba mechaninių staklių mazgų gedimo. Tai nutinka dėl retai pasitaikančių brokuotų staklių dalių, netinkamos priežiūros arba dėl susidėvėjimo per tam skirtą eksploatacinį laikotarpį, kuris gali būti trumpesnis arba ilgesnis, nes priklauso nuo dirbamų pamainų skaičiaus per parą.

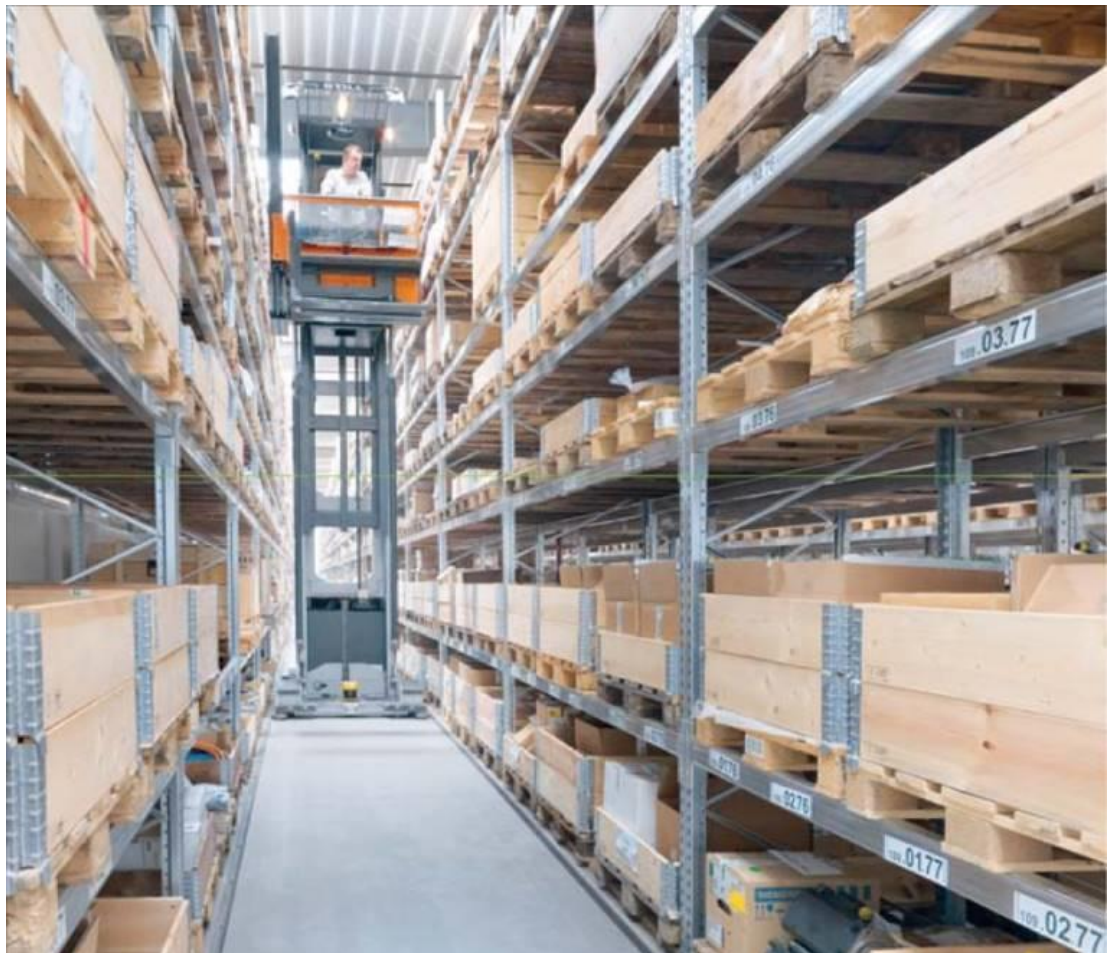
Serviso inžinierius orientuojasi į klaidos pobūdį, pakoreguoja staklių parametrus arba perkrauna juos iš naujo, patikrina atsakingus elektroninius, hidraulinius arba mechaninius mazgus ir suranda gedimą.

Atsarginių dalių tiekimas

Diagnozavus tam tikro mazgo gedimą, visas susijusias atsargines dalis galima identifikuoti iš dokumentacijos, kuri yra kartu su staklėmis. Nereikia ardyti ir gaišti laiko tam, kad sužinotum, kokio tipo atsarginė dalis. Staklių gamintojas pateikia atsarginių dalių sąrašą su schemomis, kurių pagalba lengvai surandama reikalinga atsarginė dalis ir jai suteiktas konkretus gamintojo kodas yra panaudojamas, užsakant reikiamą atsarginę dalį.

Šiuolaikinių įrenginių gamintojas turi centralizuotus sandėlius net keliuose skirtinguose kontinentuose, taip užtikrindamas trumpiausią pristatymo laiką (videofailas pavad.: DMG_atsargines_dalys.mp4). Pavyzdžiui, DMG įmonių grupei, gaminančių staklių atsarginių dalių tiekimo užtikrinimui yra:

- laikoma daugiau kaip 100 000 vienetų skirtingų dalių (11 pav.);
- apie 95% staklių atsarginių dalių yra laikoma sandėlyje;
- galima pasirinkti tarp naujų ir naudotų suremontuotų atsarginių dalių;
- didelis prieinamų atsarginių dalių kiekis senoms staklėms, pagamintoms nuo 1970 metų;
- pristatymas per vieną dieną.



11 pav. Atsarginių dalių sandėlis

Atsakingų mazgų remontas.

Staklės susideda iš daugybės komponentų, pagamintų skirtingų gamintojų. Vienos dalys yra remontuojamos, kitos tiesiog sudėvimos. Atsakingi ir vieni brangiausių mazgų staklėse, t. y. suklys, tekimo staklių įrankių dėtuvi bei visi elektroniniai valdymo blokai yra remontuojami staklių arba to komponento gamintojo. Pavyzdžiui, frezavimo staklių, ypač su greitais motorspindelais (variklis ir suklys viename) 18000 aps/min ir daugiau, viena brangiausių dalių yra būtent suklys. Todėl rekomenduojama tokius staklių mazgus remontuoti tik pas gamintoją. Procesas ganėtinai paprastas ir ilgai netrunkantis:

- susiekiate su aptarnaujančiu serviso padaliniu;
- numontuojamas suklys ir pristatomas gamintojui per 2 darbo dienas;
- diagnozavimas defektuoto suklio per 1-2 darbo dienas;
- pateikiamas pasiūlymas su pažeistomis suklio dalimis ir rekomendacijomis remontui;
- klientas nusprendžia ir remontas atliekamas per 4-7 darbo dienas;
- gražinamas ir sumontuojamas suklys per 2 darbo dienas.

Taigi, profesionalus suklio remontas gali užtrukti tik 2 savaites, palyginant su naujo kaina, sutaupoma apie 50% suklio vertės. Galimas ir greitesnis būdas, keičiant suklij į jau suremontuotą (užtrunkama apie 2-3 darbo dienas), tačiau bus sutaupoma mažiau, nes kaina nepriklauso nuo esamo suklio gedimų.

Priklausomai nuo situacijos, nuo staklių apkrovimų, kuriamos pridėtinės vertės įmonės gali pasirinkti sau priimtinausią būdą, sprendžiant atsakingų mazgų remontą. Svarbiausia, kad staklių gamintojas galėtų pasiūlyti optimalius problemos sprendimo būdus, tai svarbu šiuolaikinių įrenginių vartotojams.

2 PRIEDAS. Programinio valdymo frezavimo ir tekinimo įrenginiai

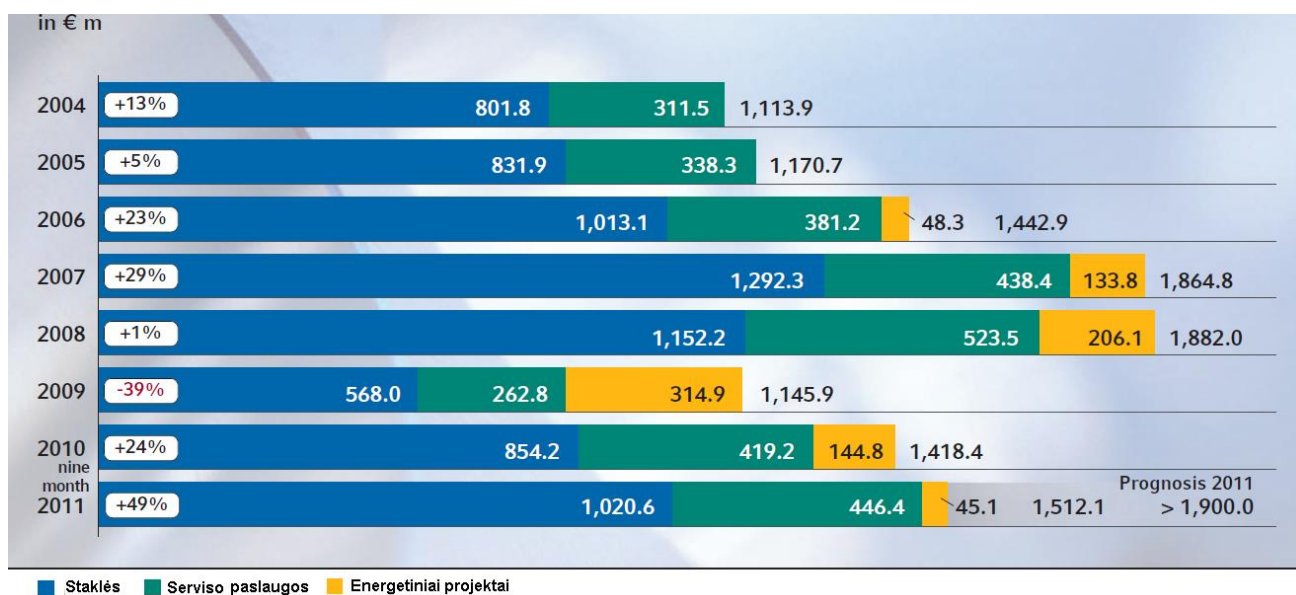
Norint apžvelgti naujausius įrenginius, jų pagrindines technines charakteristikas, naujoves ir ateities tendencijas tikslinga remtis rinkoje pirmaujančio gamintojo kuriama produkcija ir technologijomis. Daugelis mažesnių gamintojų taikosi prie lyderių ir bando rinkoje siūlyti panašių techninių galimybių įrenginius, ypač tai pastebima tarp produkcijos gamintojų iš Azijos regiono.

DMG – DECKEL MAHO GILDEMEISTER

DMG – Vokietijos kompanija, viena pirmaujančių staklių gamintojų pasaulyje, specializuojasi frezavimo (dar žinomas kaip Deckel Maho pavadinimu), tekinimo (dar žinomas kaip Gildemeister pavadinimu) staklių gamyboje bei naujausių technologijų diegimo įrenginiuose, skirtuose apdirbti gaminius iš metalo, titano, stiklo keramikos, sukietinto zirkonio bei kitų sunkiai apdirbamų ir kietų medžiagų. Taip pat plėtoja technologijas, susijusias su saulės ir vėjo jėgainėmis, energijos talpyklomis ir panašia įranga. Su paminėtomis veiklos sritimis galima susipažinti filmuke – videofailas pavad. DMG_pristatymas.mp4.

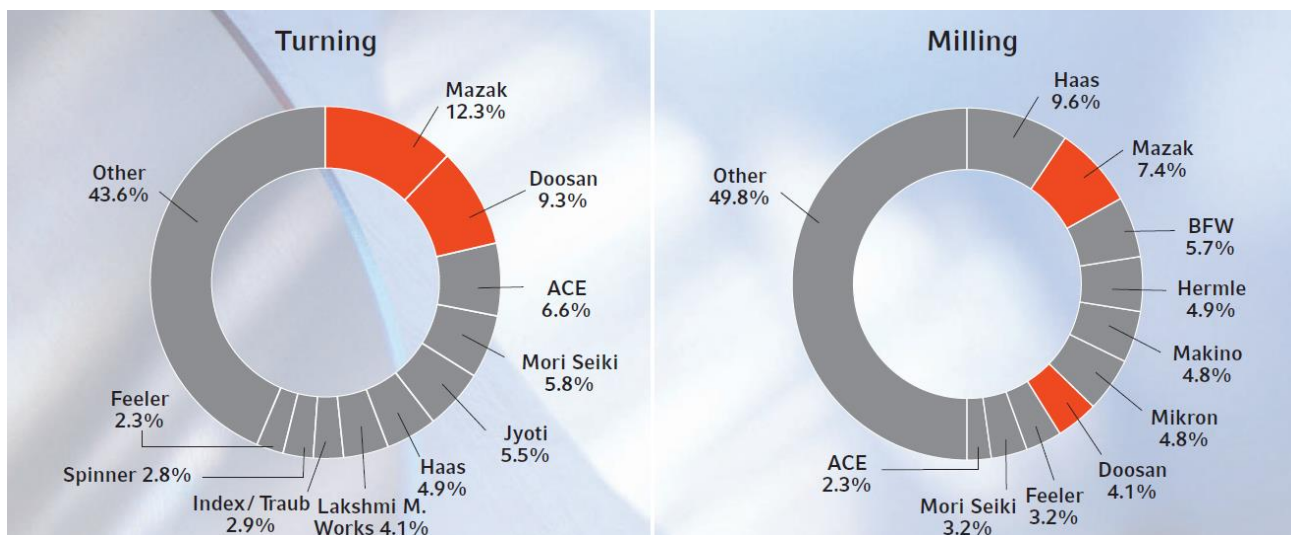
Labiausiai žinomi gaminiai Lietuvoje ir darantys šį gamintoją išskirtiniu rinkoje yra frezavimo ir tekinimo staklės. Šiuo metu įrenginiai surinkinėjami keliose šalyse: Vokietijoje (didžioji dalis), Italijoje, Lenkijoje, Kinijoje (didžioji dalis skirta JAV ir Azijos rinkai).

DMG korporacijos dydį, augimo tempą ir planus aiškiausiai nusako finansinių rezultatų grafikas (1 pav.). Nuoseklus augimas buvo vykdomas iki krizės 2009 metais. Susitraukus užsakymų vertei 2009 metais, toliau nuosekliai buvo grįžtama prie geriausių DMG rezultatų.



1 pav. Metinių užsakymų vertė, EUR milijonais.

Pagrindiniai konkurentai ir kiti rinkoje dominuojantys gamintojai pavaizduoti grafike (2 pav.), kuris nusako prarastų užsakymų dėl kliento sprendimo pasirinkti kitą gamintoją procentinį pasiskirstymą. Grafikas sudarytas remiantis 2011 metų viso pasaulio rinkos duomenimis.



2 pav. Tekinimo (kairėje) ir frezavimo (dešinėje) staklių visų prarastų užsakymų procentinės išraiškos.

Lyderiaujantis šiuolaikinių staklių gamintojas gali pasiūlyti platų asortimentą įrenginių su skirtingomis technologijomis ir funkcijomis. Tačiau tendencijas diktuoja paklausa, t.y. klientų poreikiai gaminant senus ir naujus gaminius, bandant prisitaikyti globalioje, dinamiškoje rinkoje. Taip atsiranda nauji įrenginiai, tobulinamos technologijos, sudedamieji mazgai.

Tačiau yra ir pradedančių gamintojų arba klientų, kurie gamina standartinius, nesudėtingus ir didelio tikslumo nereikalaujančius gaminius.

CNC frezavimo ir tekimo staklės

Apžvalgą pradėsime nuo pačių paprasčiausių staklių, kurios skirtos nesudėtingiems gaminiams apdirbinėti. DMG įmonėje šiam tikslui buvo specialiai 2007 metais sukurta atskira gaminių grupė ECOLINE (3 pav.). Joje yra dviejų dydžių tekimo staklės CTX, dviejų rūšių vertikalaus frezavimo staklės DMC (2 dydžių) ir DMU, naujas produktas su greito keitimo įrankių dėtuve – MILLTAP, skirtas frezavimo, gręžimo ir sriegiavimo darbams. Su ECOLINE staklių gama galima susipažinti pažiūrėjus filmuką pavadinimu – DMG_ECOLINE.mp4.

ECOLINE – New Generation Design development 2007 – 2012



3 pav. 2007-2012 metų Ecoline staklių dizaino vystymasis

Šiai gaminių grupei būdinga:

- mažesnis kainų lygis dėl optimizuotos gamybos (sumažinta pasirenkamų priedų įvairovė);
- konkurencinga kaina lyginant su Azijos šalių gamintojų panašių techninių parametru įrengimais;
- užtikrinama tokio pačio lygio komponentų ir staklių surinkimo kokybė kaip ir likusiems DMG gaminiams;
- paprastesnės ir jau išbandytos technologijos staklių viduje.

CTX 310 ir 510 Ecoline (4 pav.)

Tekinimo diametrai atitinkamai 200 mm ir 465 mm, apdirbamas ilgis 450 mm ir 1050 mm. Galimi pagrindiniai papildomi priedai: įrankio pririšimo įrenginys, liunetas, paketas gamybai iš strypo ir kiti papildomi smulkūs priedai. Tokių staklių pozicionavimo tikslumas 0,014 mm. Tokio lygio staklės populiarios tarp Lietuvos gamintojų, kurie apdirbinėja gaminius, skirtus automobilių pramonei ir panašiai (5 pav.).



4 pav. Tekinimo staklės CTX: 1 – 12 įrankių dėtuvė (6 aktyvūs įrankiai); 2 – automatinis atraminis centras; 3 – kreipenčiosios; 4 – dinamiškas suklio variklis; 5 – suklys;



5 pav. Gaminų pavyzdžiai realizuoti su CTX eco serijos tekinimo staklėmis;

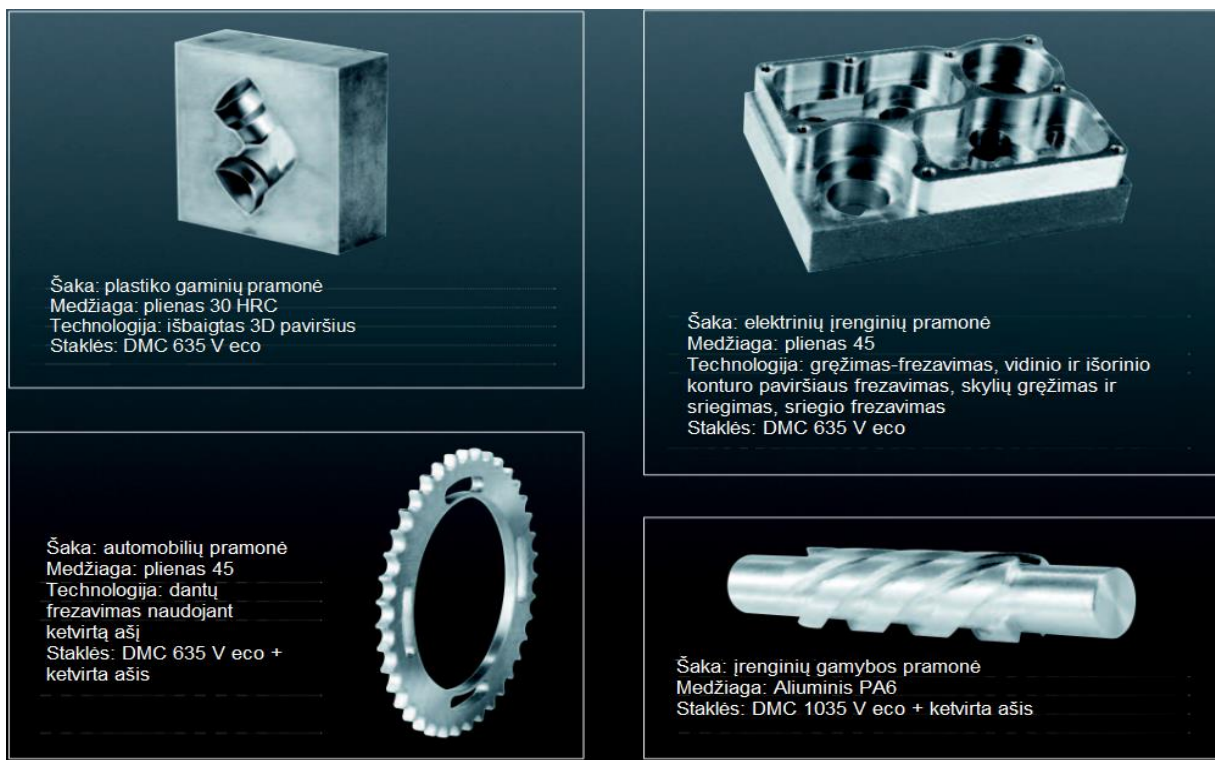
DMC 635 ir 1035 Ecoline (6 pav.)

Staklių darbinės eigos X/Y/Z atitinkamai: 635/510/460 mm ir 1035/560/510 mm, suklio greitis 8000 arba 12000 aps/min. Galimi pagrindiniai papildomi priedai: ketvirta ašis, aušinimas per suklij, matavimo sistema ir kiti smulkūs papildomi priedai. Pozicionavimo tikslumas su papildoma tiesioginio matavimo funkcija yra 0,008 mm.



1 – C formos staklių korpusas iš ketaus; 2 – stalas, judantis x-ašies kryptimi; 3 – motoršpindelis (suklys); 4 – įrankių dėtvė; 5 – valdymo pultas su 3D simuliacija;

6 pav. Frezavimo staklės DMC



7 pav. Gaminių pavyzdžiai realizuoti su DMC eco serijos tekinimo staklėmis;

DMU 50 Ecoline (8 pav.)



1 - motoršpindelis (suklys); 2 – vartomas ir pasukamas stalias; 3 – apdirbamo gaminio geras priėjimas ir matomumas; 4 – įrankių dėtuė; 5 - valdymo pultas su 3D simuliacija;

8 pav. Frezavimo staklės DMU 50

Galimi suklio greičiai 8000 arba 10000 aps/min. Galimi pagrindiniai papildomi priedai: aušinimas per suklij, matavimo sistema ir kiti smulkūs papildomi priedai. Pozicionavimo tikslumas su papildoma tiesioginio matavimo funkcija yra 0,008 mm.

MILLTAP 700 (9 pav.)

Staklių darbinė eiga X/Y/Z atitinkamai: 700/420/380 mm. Įrankių keitimo laikas 1,1 sekundės. Galimi suklio greičiai 10000 arba 24000 aps/min. Galimi pagrindiniai papildomi priedai: ketvirta ašis, matavimo sistema ir kiti smulkūs papildomi priedai. Pozicionavimo tikslumas su papildoma tiesioginio matavimo funkcija yra 0,008 mm.



9 pav. Frezavimo staklės MILLTAP su greitomis pastūmomis (60 m/min) ir įrankių keitimo technologija (per 1,1 sekundės)

Ecoline serijos staklės yra surinkinėjamos dviejuose fabrikuose: Famot (Lenkija) ir Shanghai (Kinija) (10 pav. ir 11 pav.).






























10 pav. Frezavimo staklių surinkimo linija Šanchajuje.



11 pav. Tekinimo staklių surinkimo linija Šanchajuje.

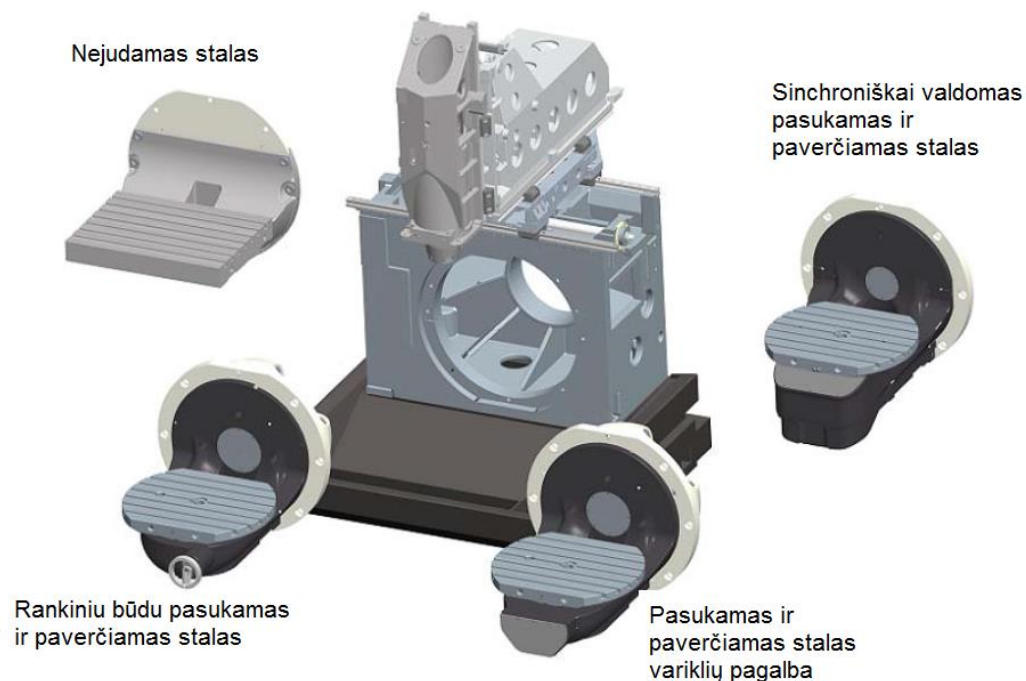
Frezavimo technologijos - 7 produkto linijos (10 pav.)

01 DMU	02 DMU eVo	DMU P / FD	03 DMF	04 DMC V	05 DMC H	06 DMC U/FD	07 HSC
CNC universalios frezavimo staklės	CNC universalios 5-ašių frezavimo staklės	CNC universalios 5-ašių frezavimo staklės	Judančių kolonų frezavimo staklės	Vertikalaus frezavimo staklės	Horizontalaus frezavimo staklės	CNC universalios 5-ašių frezavimo staklės su palečių keilimu	Didelio frezavimo greičio precizinės staklės
3- / 5-axis	Next Generation <i>linear</i>	duoBLOCK®	2 nd Generation	vertical	horizontal	duoBLOCK®	HSC <i>linear</i>
 DMU 50 / 70	 DMU 40 eVo <i>linear</i>	 DMU 60/80/100/125/ 160 P duoBLOCK®	 DMF 180 (<i>linear</i>)	 DMC 635 V	 NHX4000	 DMC 60/80/100/125/ 160 U duoBLOCK®	 HSC 20 <i>linear</i>
monoBLOCK®	 DMU 60 eVo <i>linear</i>	 DMU 60 / 80 / 125 / 160 FD duoBLOCK®	 DMF 260 17 (<i>linear</i>)	 DMC 835 V	duoBLOCK®	 DMC 60 / 80 / 125 / 160 FD duoBLOCK®	 HSC 55 <i>linear</i>
DMU 40 / 60 / 80 / 100 monoBLOCK®	 DMU 80 eVo <i>linear</i>	Gantry Machines	 DMF 260 11 (<i>linear</i>)	 DMC 1035 V	DMC 55 / 65 / 75 H duoBLOCK®	Gantry Machines	 HSC 75 <i>linear</i>
Next Generation monoBLOCK®	 DMU 100 eVo <i>linear</i>	DMU 210 P/FD	 DMF 260 11 (<i>linear</i>)		 DMC 80 / 100 / 125 / 160 H duoBLOCK®	DMC 210 U/FD	 HSC 75 <i>linear</i>
 DMU 65 / 85 / 105 monoBLOCK®		Gantry Machines XXL	 DMF 360 (<i>linear</i>)		<i>linear</i>	Gantry machines XXL	 HSC 105 <i>linear</i>
		DMU 340 P/FD	<i>linear</i>		 DMC 60 / 80 H <i>linear</i> duoBLOCK®	DMC 340 U/FD	
		DMU 600 P/FD	 DMF 500 <i>linear</i>			DMC 600 U	

10 pav. CNC frezavimo staklių gama.

DMU 50 / 70


Tai universalios frezavimo staklės, kurios gali būti 3 ašių, 3 ašių su fiksuojamu pasukamu ir paverčiamu stalu ir 5 sinchroninių ašių (11 pav.).

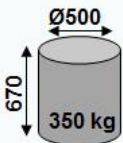
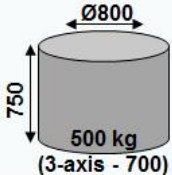
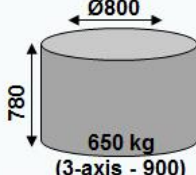
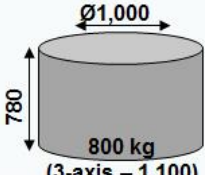


11 pav. DMU staklių galimi stalų pasirinkimai

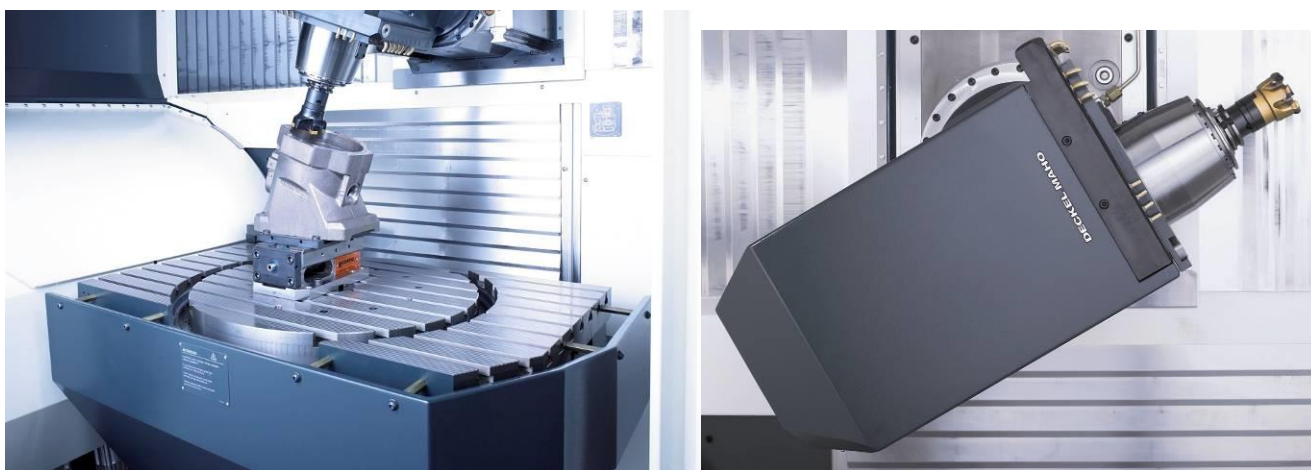
Galimi suklio greičiai – 10000, 14000, 18000 aps/min., aušinimas per sukli 40 barų, maksimalus įrankių kiekis 60 vietų.

DMU 40/60/80/100 monoBlock



	DMU 40 monoBLOCK®	DMU 60 monoBLOCK®	DMU 80 monoBLOCK®	DMU 100 monoBLOCK®
Eigos (X/Y/Z) mm	450 / 400 / 480	730 / 560 / 560	980 / 630 / 630	1,250 / 710 / 710
Standartinis suklys	12,000 1/min, 130 Nm	12,000 1/min, 130 Nm	12,000 1/min, 130 Nm	12,000 1/min, 130 Nm
Įrankių skaičius	16	24	32	32
Stalo dydis // mm	∅ 450	1,000 x 600	1,250 x 700	1,500 x 800
Ruošinio dydis // mm (HSK-A-63)				

Šio modelio staklės gali būti gaminamos skirtingų modifikacijų: 3 ašių, su vartoma frezavimo galva (4 ašys), integruotu pasukamu stalu (4 ašys) bei abi funkcijos kartu, visa tai sudaro 5 ašių modifikaciją (12 pav.). Galimi suklio greičiai – 12000, 18000, 24000 aps/min.






12 pav. Pasukamas stalas (kairėje) ir vartoma frezavimo galva +30/-120° (dešinėje).

Gaminio pavyzdys, išfrezuotas su DMU 60 monoBlock staklėmis, pavaizduotas 13 pav.



13 pav. Pado forma: Aliuminis (Formadal 23), 1 pastatymas, 18000 aps/min, paviršiaus šiurkštumas Ra 0.6, kontūro tikslumas 0.03 mm, panaudoti 9 įrankiai, apdirbimo laikas 345 min.

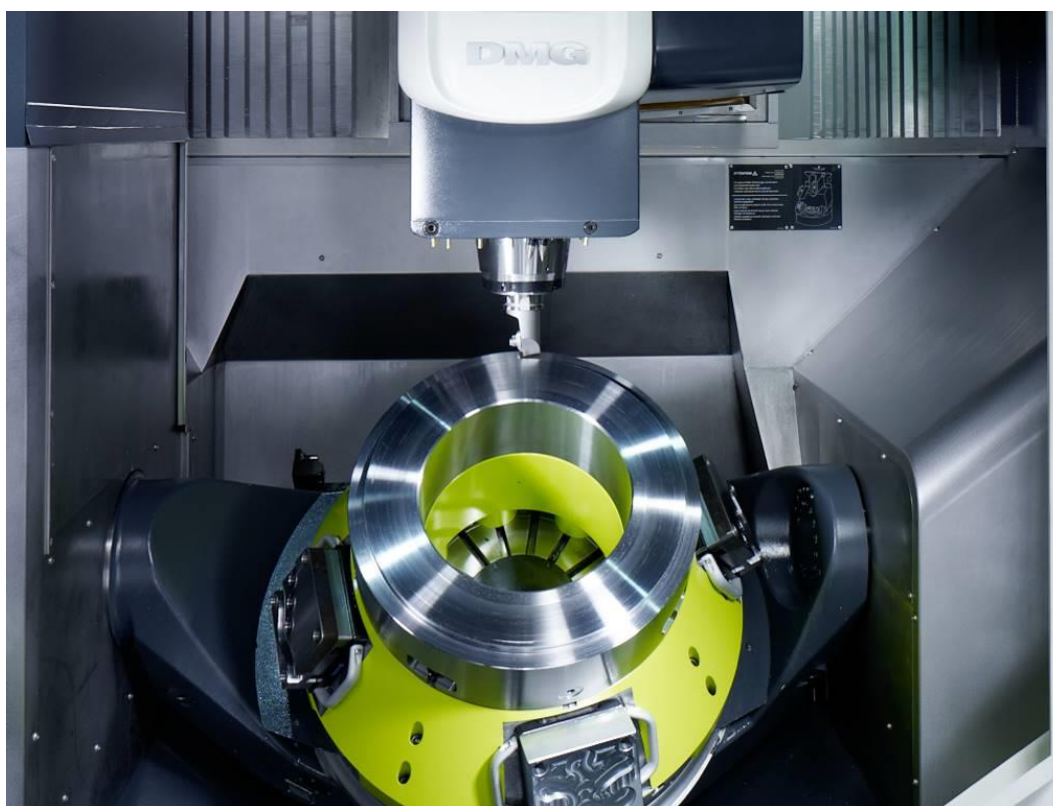
DMU 65/85/105 monoBlock - naujos kartos.

	DMU 65 monoBLOCK®	DMU 85 monoBLOCK®	DMU 105 monoBLOCK®
			
Ruošinio matmenys (mm) Stalo apkrova (kg)	Ø840 x 500 1,000 kg	Ø1,040 x 590 1,500 kg	Ø1,240 x 690 2,000 kg
Užstatomas plotas (m ²)	7.5 m ²	11.6 m ²	15.0 m ²

Esminis skirtumas tarp anksčiau minėtų monoBlock modelių – konstrukcija. Suklys juda X/Y/Z kryptimis, o ketvirta ir penkta ašys išgaunamos vartant $\pm 120^\circ$ ir sukant stalą. Vartomo stalo konstrukcija specifinė, pritaikyta didesnio svorio ruošiniams apdirbinėti. Taip pat galima tekinimo funkcija, kai į stalą integruojamas papildomas variklis (C ašies greitis iki 1000 aps/min). Taip pat stalas gali būti pritaikytas keičiamų palečių sistemai. Galimų stalų pavyzdžiai pateikti 14 ir 15 pav. Staklių modeliai monoBlock, vėliau aprašomi duoBlock, modeliai DMU/DMC 210 ir didesni yra surinkinėjami Vokietijoje, vietovėje netoli Alpių pavadinimu Pfronten. Daugiau apie pačią gamyklą ir jos produkciją videofaile pavad.: Deckel_Maho_Pfronten.wmv.



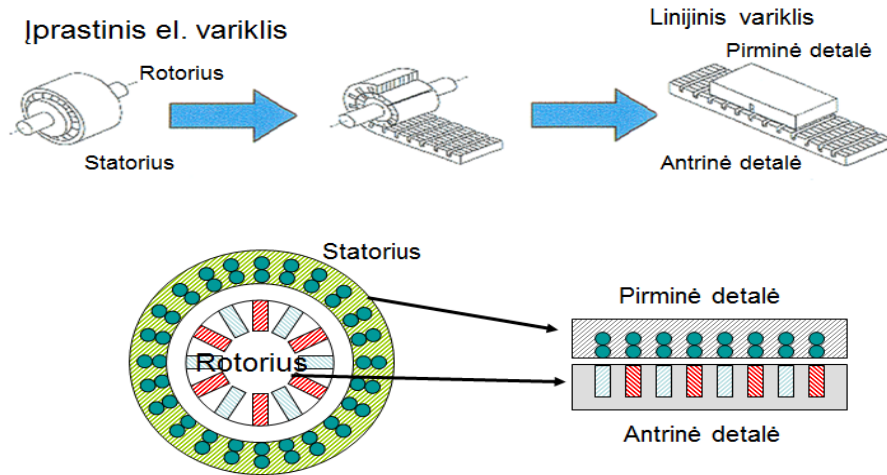
14 pav. DMU 65/85/105 monoBlock staklių stalų pasirinkimas



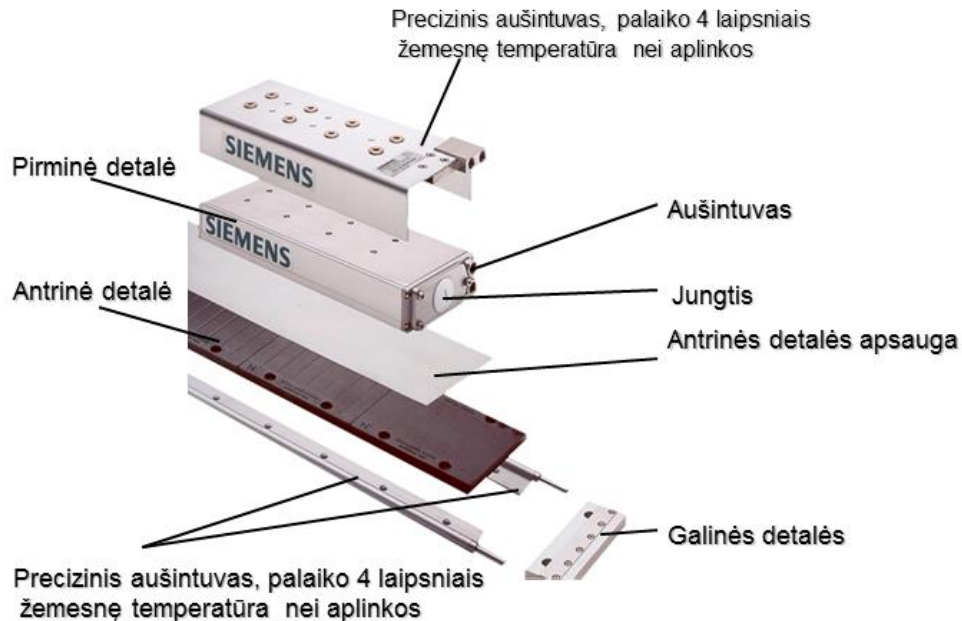
15 pav. Tekinimo funkcija

DMU 40/60/80/100 eVo linear

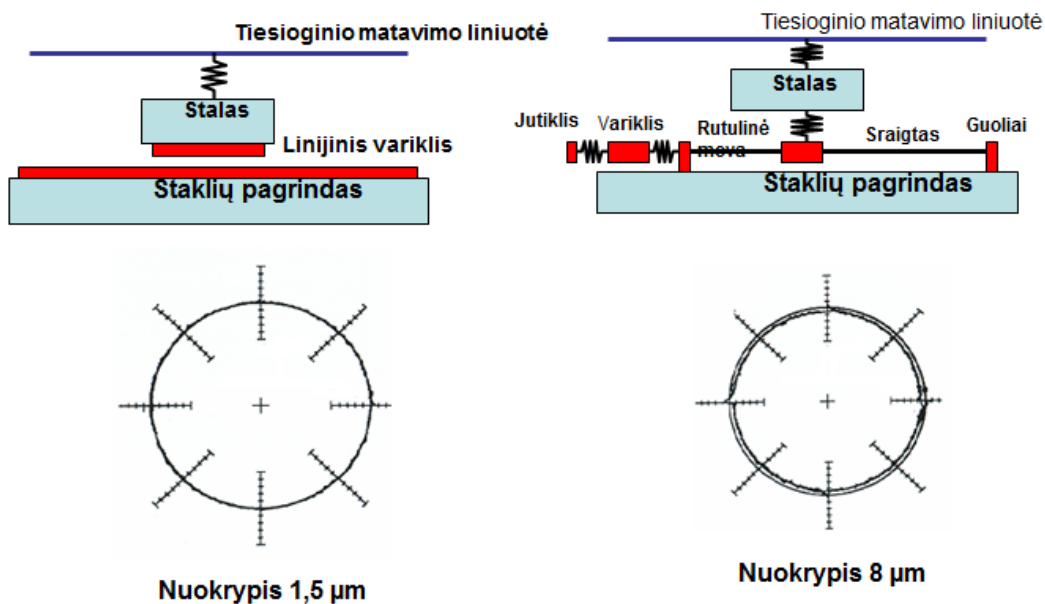
Tai 5 ašių staklės: X/Y/Z ašies kryptimis juda suklys, trečia ir ketvirta ašys – tai vartomas (-5°/+110°) ir pasukamo stalias. DMU eVo linear modeliai pasižymi dinamiškumu ir garantuotu tikslumu. X ir Y ašys su linijiniais varikliais pasiekia 80 m/min ašinių greitį, 10 m/s² pagreitį. Skirtumai tarp įprastinio ir linijinio variklių bei staklių konstrukcijų schematiškai pavaizduoti 16, 17, 18 pav.



16 pav. Konstrukciniai skirtumai tarp įprasto elektros variklio ir linijinio variklio.



17 pav. Linijinio variklio sudedamosios dalys.



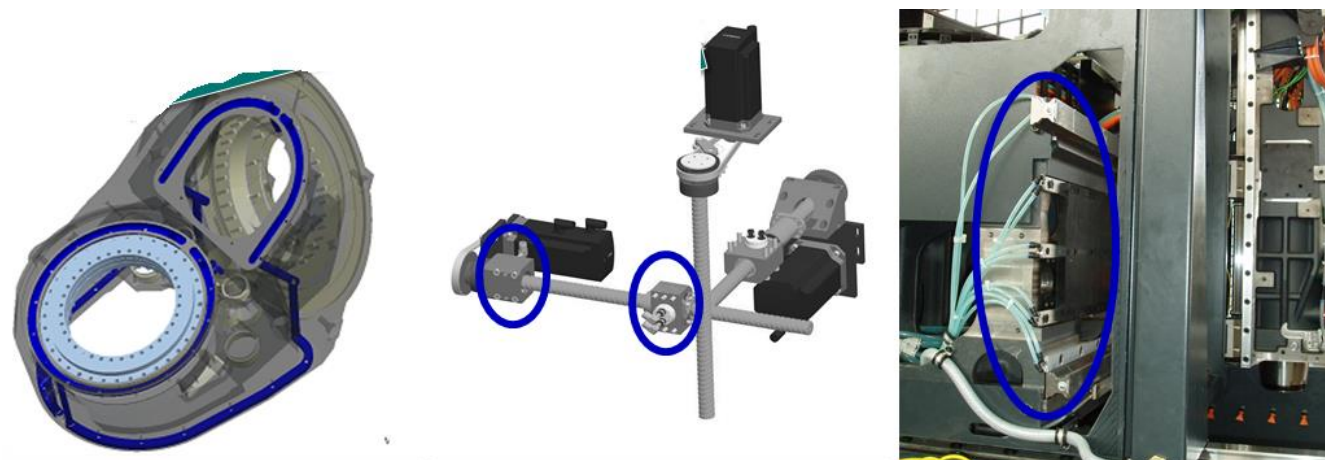
18 pav. Frezavimo staklių mazgų su skirtingais varikliais kinematinės schemas.

Frezavimo staklių DMU eVo linear X ir Y ašių eigų varomieji mazgai pavaizduoti 19 pav.



19 pav. Linijinis variklis (kairėje) ir įprastas elektros variklis su sraigtais (dešinėje).

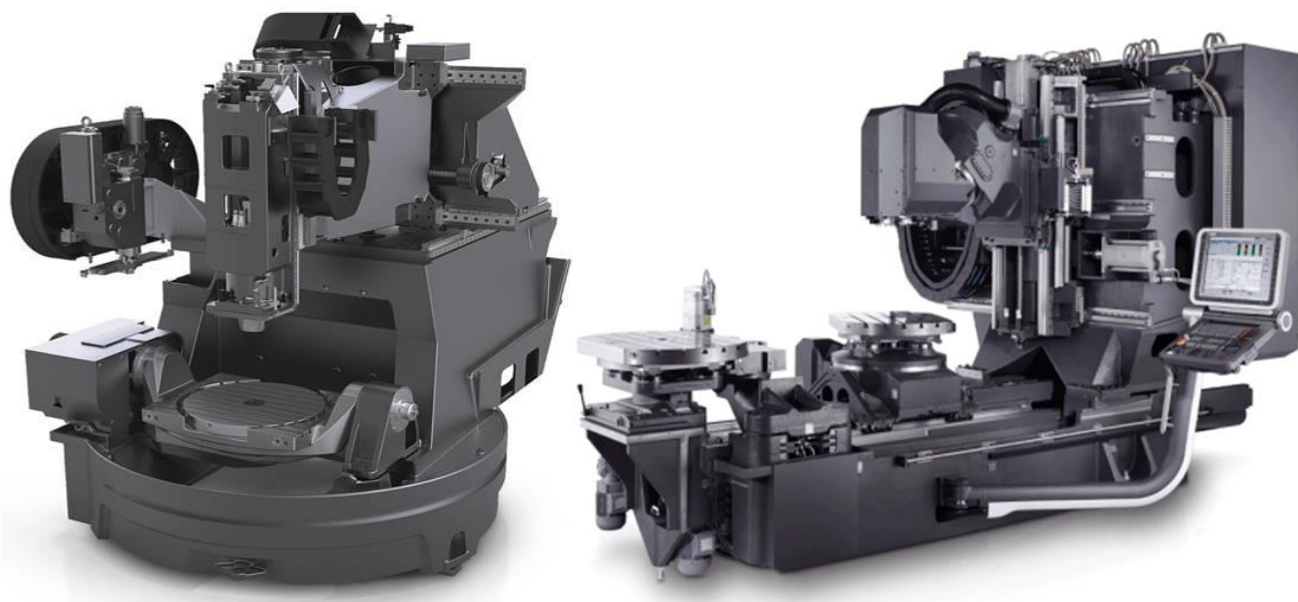
Staklių tikslumui užtikrinti ir temperatūriniams svyravimams kompensuoti aušinami pagrindiniai mechaniniai staklių mazgai: stalo konsolė, guoliai ir varikliai, X/Y/Z ašių guolių blokai, sraigtų movos, esant linijiniams varikliams kreipiančios bei patys varikliai (20 pav.).



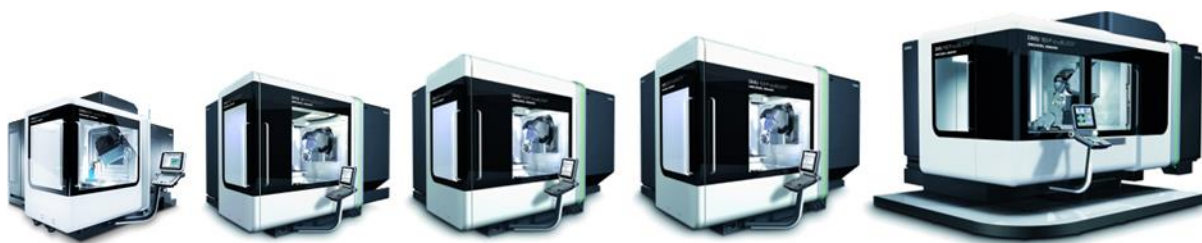
20 pav. Staklių atsakingų mazgų aušinimas.


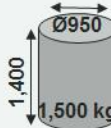
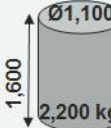
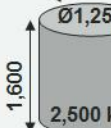
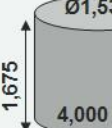
DMU 60/80/100/125/160 P duoBlock

MonoBlock ir duoBlock skiriasi savo konstrukcija (21 pav.), tai lemia staklių paskirtį, jų produktyvumą ir, žinoma, kainą. DuoBlock 5 ašių staklės yra dinamiškos, gali būti su palečių keitumu, didesnis įrankių skaičius dėtuveje, skirtos didesnių gabaritų ruošiniams apdirbinėti, atitinkamai ir sunkesniems (22 pav.). Tai standžiausios tokio lygio staklės.



21 pav. Konstrukciniai skirtumai tarp monoBlock (kairėje) ir duoBlock (dešinėje).



	DMU 60 P duoBLOCK®	DMU 80 P duoBLOCK®	DMU 100 P duoBLOCK®	DMU 125 P duoBLOCK®	DMU 160 P duoBLOCK®
Eigos (X/Y/Z) // mm	600 / 700 / 600	800 / 1,050 / 800	1,000 / 1,250 / 1,000	1,250 / 1,250 / 1,000	1,600 / 1,250 / 1,100
Standartinis suklys	12,000 1/min, 121 Nm	12,000 1/min, 121 Nm	12,000 1/min, 121 Nm	12,000 1/min, 121 Nm	12,000 1/min, 121 Nm
Įrankių skaičius	40	40	40	40	60
Stalo dydis // mm	Ø630	Ø900 x 700	Ø1,100 x 900	Ø1,250 x 1,100	Ø 1500 x 1,250
Ruošinio dydis // mm					

22 pav. duoBlock staklių pagrindiniai techniniai parametrai

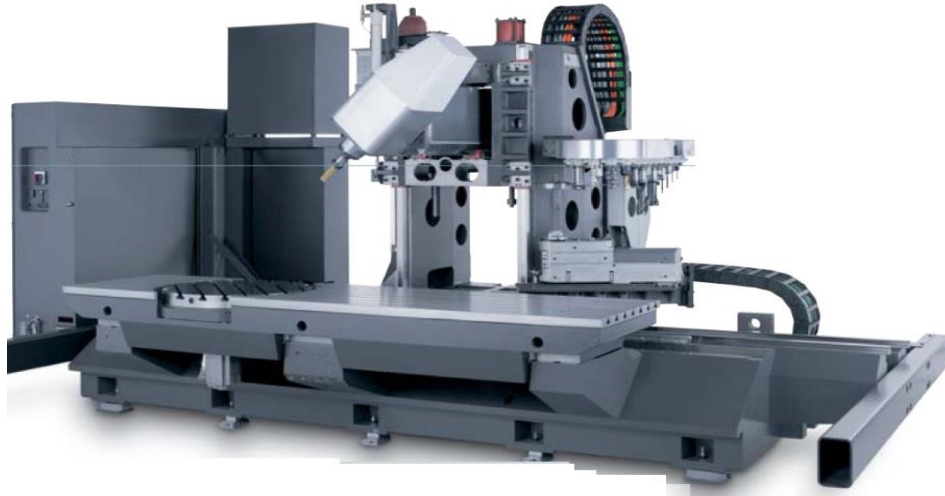
Staklių konstrukcija ir apipavidalinimas leidžia patogiai įkrauti ir iškrauti ruošinius/gaminius per staklių viršų (23 pav.).



23 pav. DMU duoBlock staklių ruošinio apdėjimas ant darbinio stalo.

DMF 180/260/360/500 (linear)

Tai visiškai kitokia staklių konstrukcija (24 pav.) nei iki šiol buvo aptartos. Staklės turi termosimetrišką judančią koloną, kuri užtikrina aukštą stabilumą ir tikslumą. Staklės yra skirtos ilgiems ruošiniams apdirbinėti (iki 3,6 m x ašies eiga ir 1,1 m y ašies eiga), tačiau gali būti suderintos skirtingoms užduotims atlikti įvairiose pramonės šakose.



24 pav. DMF staklių konstrukcijos tipas su stumdoma kolona.

Galimos staklių modifikacijos nuo 3 ašių iki sinchroninių 5 ašių (25 pav. ir videofailas pavad.: DMF_5_asys.mp4). Šių staklių galimybės išplėtos naudojant tekimo funkciją 725 aps/min, apdirbinėjant didelių gabaritų gaminius (26 pav.). Taip pat galima pasirinkti linijinius variklius greitom eigom (80 m/min), kas yra aktualu didelių staklių ekonomiškumui padidinti.






24 pav. Paverčiamas stalas (vietoj stacionaraus stalo) bei vartoma frezavimo galva



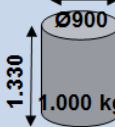
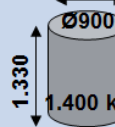
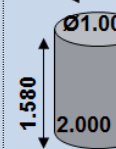
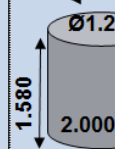
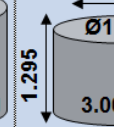


25 pav. Tekinimo funkcija DMF staklėse.

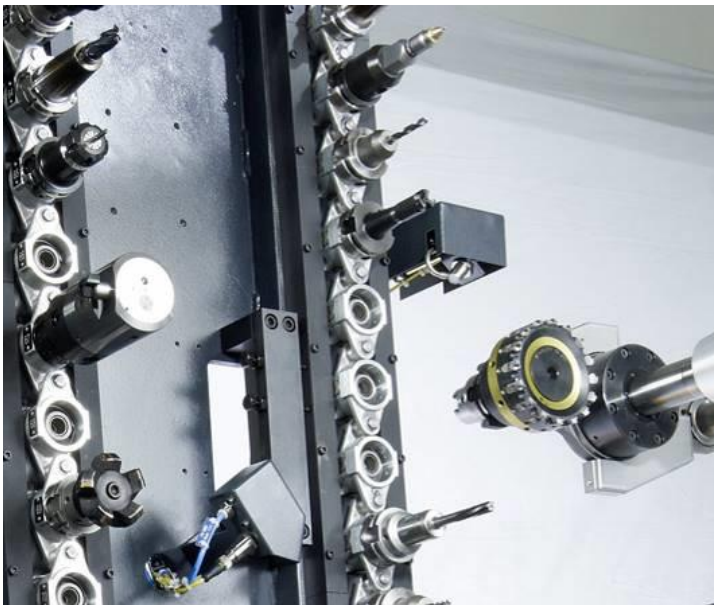
DMC 55/65/75/80/100/125/160 H douBlock

Tai horizontalaus frezavimo staklių su 2 palečių keitimo sistema visa gama (27 pav.). Palečių sistema gali būti išplėsta pagal poreikį. Nemažas suklių pasirinkimas, taip pat galima įrankių skaičių staklėse standartiškai padidinti nuo 40/60 iki 240/480 įrankių vienetų (28 pav.).



	DMC 55 H duoBLOCK®	DMC 65 H duoBLOCK®	DMC 75 H duoBLOCK®	DMC 80 H duoBLOCK®	DMC 100 H duoBLOCK®	DMC 125 H duoBLOCK®	DMC 160 H duoBLOCK®
Eigos (X/Y/Z) // mm	560 / 600 / 600	700 / 700 / 700	750 / 800 / 800	800 / 800 / 800	1.000 / 1.000 / 1.050	1.250 / 1.000 / 1.050	1.600 / 1.100 / 1.250
Standartinis suklys	12.000 min ⁻¹ , 110 Nm	12.000 min ⁻¹ , 110 Nm	10.000 min ⁻¹ , 288 Nm	12.000 min ⁻¹ , 430 Nm	12.000 min ⁻¹ , 430 Nm	12.000 min ⁻¹ , 430 Nm	12.000 min ⁻¹ , 430 Nm
Paletės dydis // mm	400 x 400	500 x 500	630 x 500	630 x 630	800 x 800	800 x 800	1.250 x 1.000
Maksimalus ruošinys // mm							

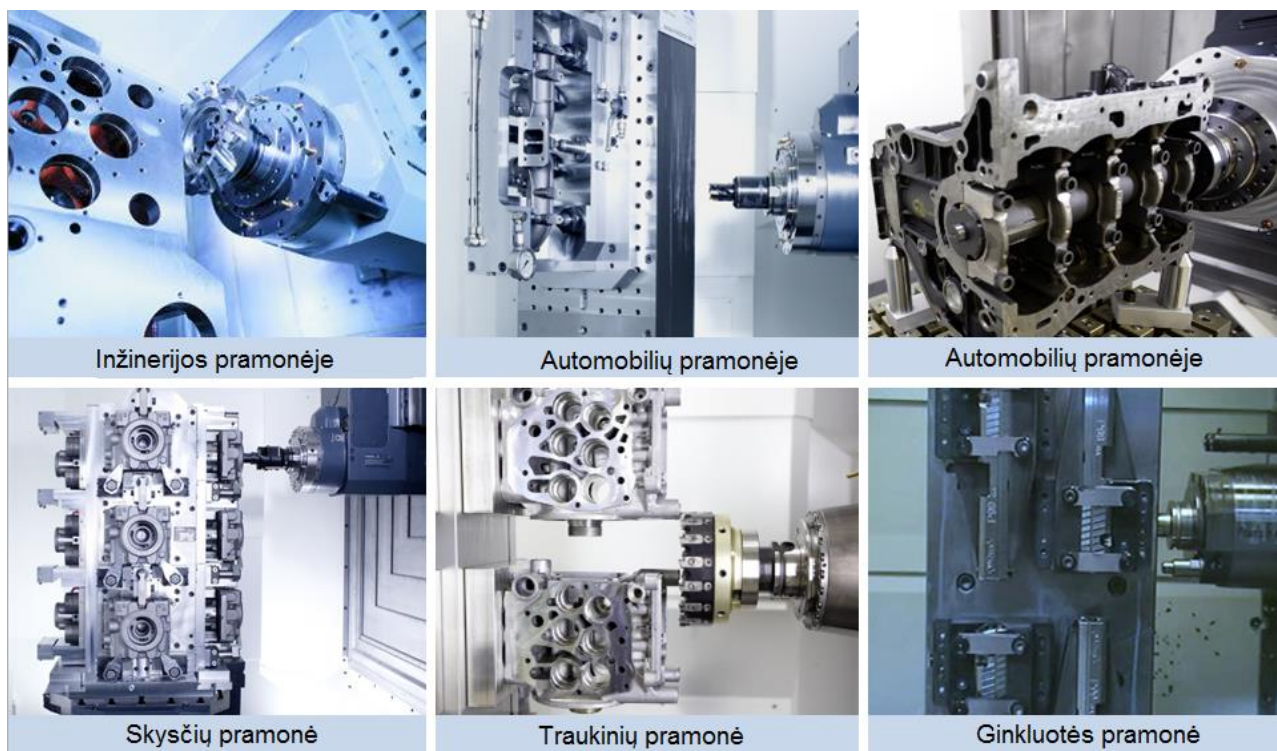
27 pav. DMC H staklių modelių pagrindiniai parametrai.



28 pav. DMC H horizontalių staklių įrankių sandėliavimo grandininė sistema.

Horizontalių staklių pritaikymas įvairiausiose pramonės šakose ir gaminių pavyzdžiai pateikti 28 pav. Viena iš populiariausių pramonės šakų, kurioje naudojamos horizontalaus frezavimo staklės, automobilių pramonė. Gaminant variklių cilindro blokus, gamybos linijoje naudojama keliasdešimt horizontalaus frezavimo staklių, sujungtų į automatizuotą gamybos liniją. Tokiu tikslu naudojama

daugiapaletė sistema, kuri gali aptarnauti nuo 1-2 vienetų staklių iki pageidaujamo kiekio (30 pav.). Su tokios sistemos veikimo principais galima susipažinti per 3 min., pažiūrėjus filmuką pavad.: FMS_sistemos_paaiskinimas_per_3_minutes.mp4. Tačiau dažniausiai tai būna kombinuojama, pritaikant prie tam tikro gaminio.

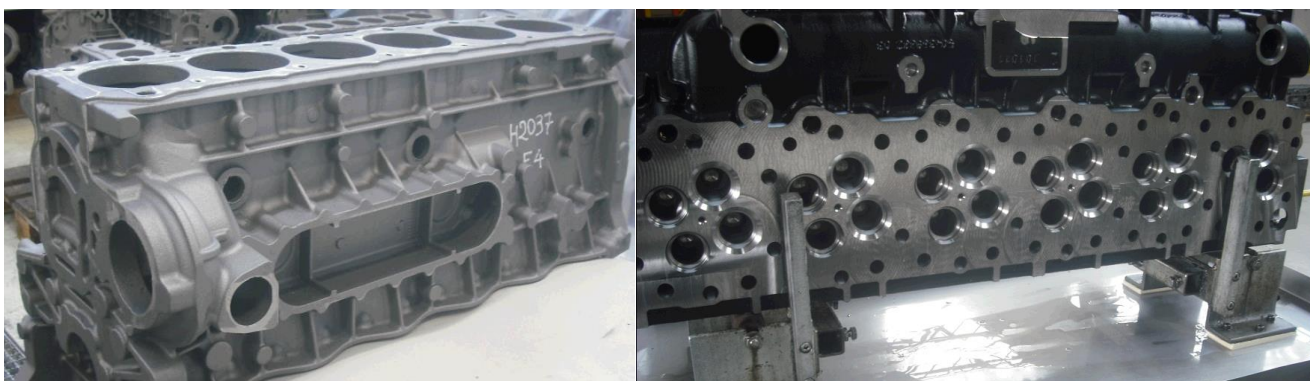


29 pav. Horizontaliomis frezavimo staklėmis apdirbamų gaminių pavyzdžiai skirtingose pramonės šakose.



30 pav. Automatizuota palečių saugykla su dviem integruotom horizontalaus frezavimo staklėmis.

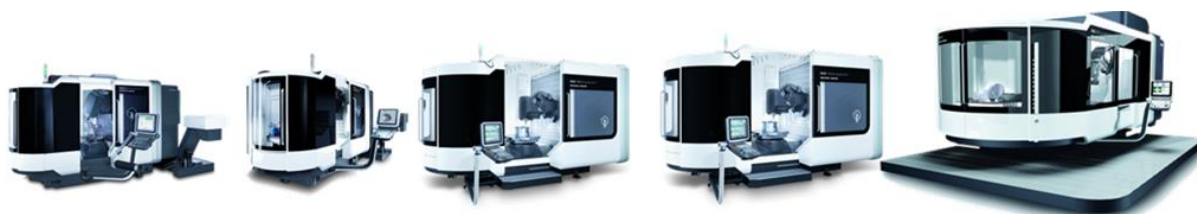
Pavyzdžiui, Fiat grupei priklausanti įmonė, gaminanti 6 cilindrų variklių blokus ir galvas (31 pav.), instaliavo 11 vienetų DMC 125 H ir 2 vienetus DMC 160 H staklių. Planiniai pajėgumai: 3 skirtingi variklių variantai – 9, 10, 13 litrų; 15000 variklių per metus.

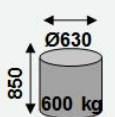
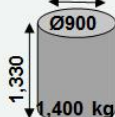
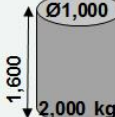
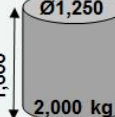
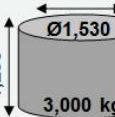


31 pav. 6 cilindrų variklio blokas (kairėje) ir variklio galva (dešinėje)

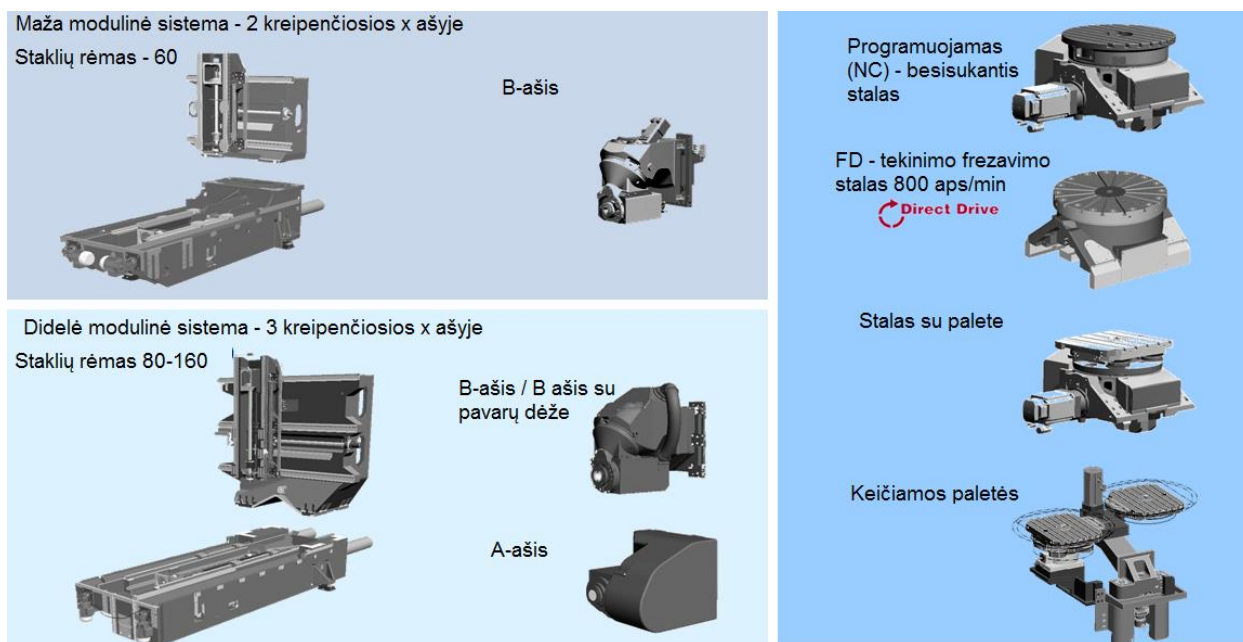
DMC 60/80/100/125/160 U / FD

Tai tikriausiai standžiausios 5 ašių vertikalaus frezavimo staklės su palečių keitimo sistema, galinčios apdirbinėti didelio matmens ir svorio ruošinius (32 pav.). FD staklių versija papildyta tekinimo funkcija. Dėl didelės statinės masės ir judančių dalių optimizuotų svorių šios staklės labai dinamiškos. Didelis galimų suklių pasirinkimas, didžiausia įrankių dėtuve, 480 vienetai. Pagrindiniai pasirenkami komponentai, kurie gali būti pritaikomi įvairiausiems darbams ir poreikiams, pavaizduoti 33 pav.



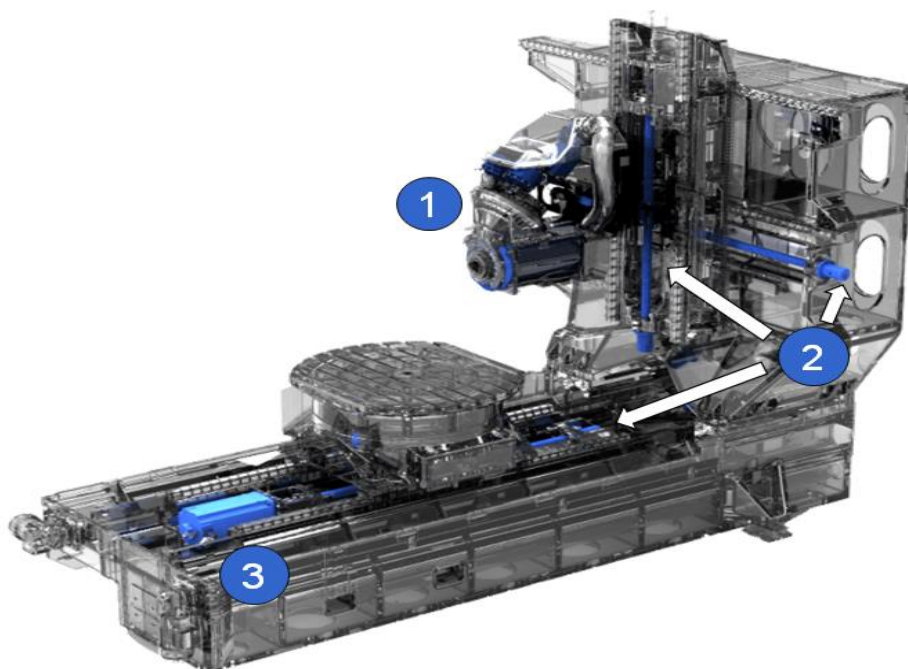
	DMC 60 U duoBLOCK®	DMC 80 U duoBLOCK®	DMC 100 U duoBLOCK®	DMC 125 U duoBLOCK®	DMC 160 U duoBLOCK®
Eigos (X/Y/Z) // mm	600 / 700 / 600	800 / 1,050 / 800	1,000 / 1,250 / 1,000	1,250 / 1,250 / 1,000	1,600 / 1,400 / 1,100
Standartinis suklys	12,000 1/min, 121 Nm	12,000 1/min, 121 Nm	12,000 1/min, 121 Nm	12,000 1/min, 121 Nm	12,000 1/min, 121 Nm
Įrankių skaičius stand.	60	60	60	60	60
Paletės dydis // mm	630 x 500	800 x 630	1,000 x 800	1,000 x 800	1,250 x 1,000
Maksimalus ruošinys // mm					

32 pav. DMC U/FD staklių gamos pagrindiniai techniniai parametrai



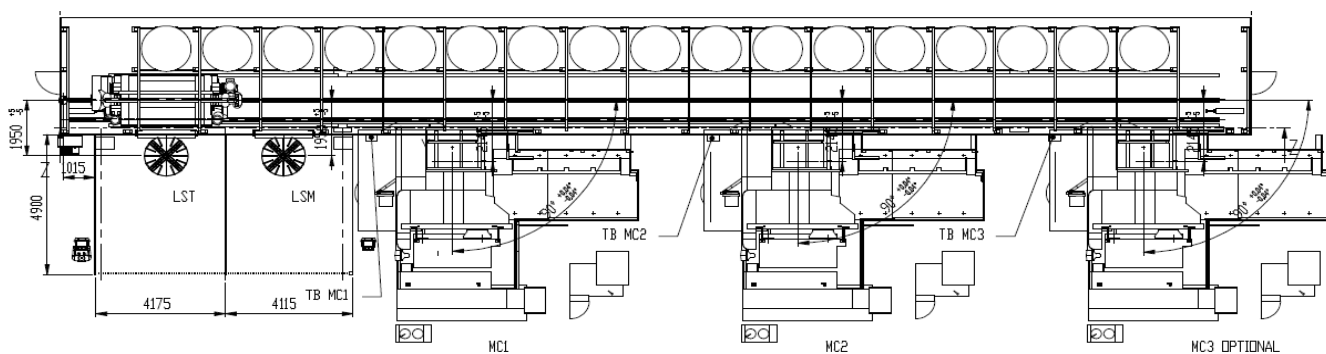
33pav. Staklių konstrukcijos variacijos priklausomai nuo staklių dydžio (kairėje) ir darbinių stalų pasirinkimo (dešinėje)

Dėl vandeniui aušinamų atsakingų mazgų sumažinama temperatūra, todėl terminis stabilumas garantuoja didesnę tikslumą, nepriklausomai nuo staklių darbo intensyvumo ir apkrovimo (34 pav.). Taip pat tai prailgina visų sraigtų susidėvėjimo laiką, kitaip sakant, sukuriama prevencinė apsauga nuo mazgų perkaitimo.



34 pav. Aušinami mazgai: 1 – B-ašis ir pagrindinis variklis; 2 – visi rutuliniai sraigtai (x/y/z); 3 – stalo ašies variklis;

Kadangi šios staklės turi galimybę būti komplektuojamos su palečių keitimu, todėl yra populiarios tarp didžiųjų gamybinių įmonių, kurios integruoja stakles į, pavyzdžiui, Fastems automatizacijos sistemas. Kampanija ATA Gears Suomijoje, gaminanti įvairaus dydžio ir įvairios paskirties pavarų mazgus, savo gamybinėje linijoje įdiegė FMS (Flexible Machining System / Lanksčios gamybos sistema) sistemą MLS (Multi-level system / Kelių lygių sistema), kurios schema pavaizduota 35 pav. Taip pat su veikimo principu galima susipažinti peržiūrėjus filmuką pavad.: FMS_Fastems_MLS_multi-level_system.mp4. Sistemą sudaro: 34 palečių vietos; 1 besisukanti krovimo stotis; 1 besisukanti ir paverčiama krovimo stotis (36 pav.); 2 DMC 160 FD staklės su tiesioginiu palečių krovimu; 1 DMC 160 FD staklės su pasirenkamu krovimo būdu. Staklėmis atliekamas pilnas pavarų komponentų apdirbimas – frezavimas ir tekinimas (37 pav.).



35 pav. Automatizuota gamybos sistema su integruotomis DMC 160 FD staklėmis.



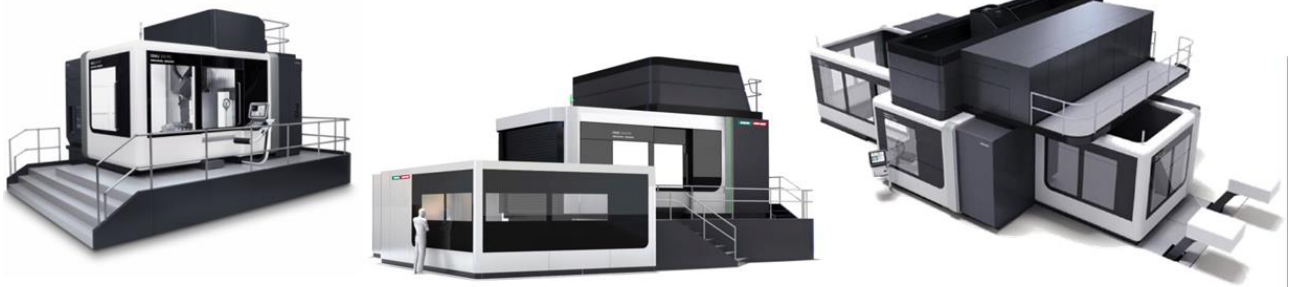
36 pav. Besisukanti ir paverčiama krovimo stotis



37 pav. Krumplių frezavimas DMC 160 FD staklėm

DMU/DMC 210 P/U/FD ir DMU 600 P/FD

Tai didžiausių staklių seriją DMG staklių gamoje (38 pav.). Staklės pasižymi dideliu stabilumu ir standumu dėl sudedamųjų komponentų pagamintų iš GGG60 ketaus. Staklės dinamiškos – 6 m/s^2 pagreitis ir 60 m/min greita eiga. Galingi varikliai ir suklių pavarų dėžės – sukimo momentas iki 1.150 Nm . Galima tekinimo funkcija (FD).



DMU/DMC 210 P/U/FD

Ruošinio dydis iki $\varnothing 2.500 \text{ mm}$ ir svoris 8 t (galima pasirinkti 10 t)

DMU/DMC 340 P/U/FD

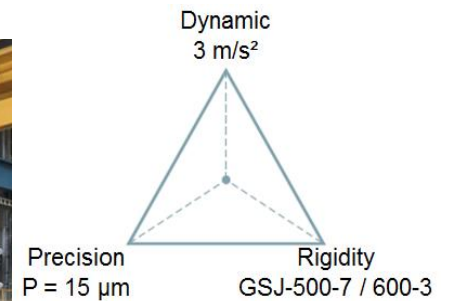
Ruošinio dydis $\varnothing 3.400 \text{ mm}$ ir svoris 16 t (galima pasirinkti 20 t)

DMU 600 P/FD

Ruošinio dydis iki $6.000 \times 3.000 \text{ mm}$ ($\varnothing 5.500 \text{ mm}$) ir svoris 25 t (galima pasirinkti 40 t)

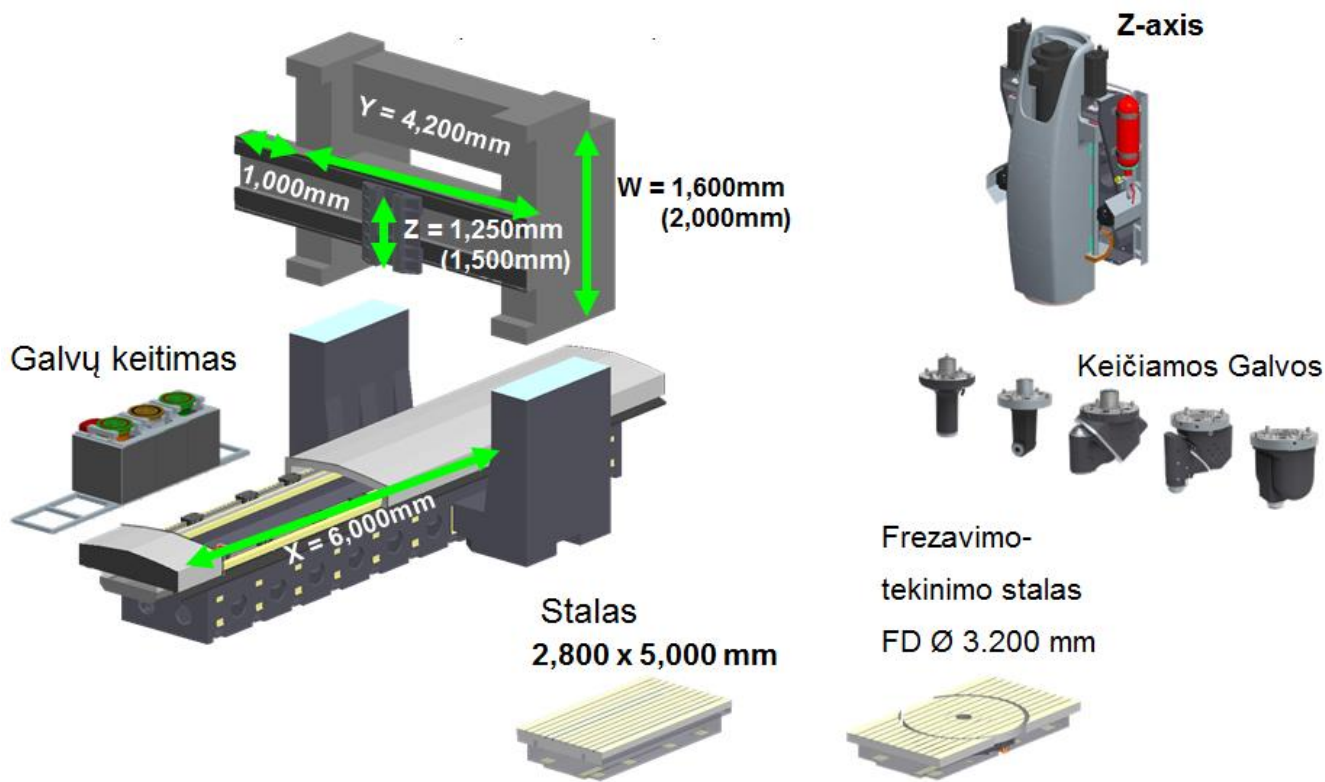
38 pav. Portalinių staklių serija bei maksimalių apdirbamų ruošinių dydžiai bei svoriai.

Apie DMU 600 P/FD



39 pav. Staklės DMU 600: pagreitis 3 m/s^2 , tikslumas $15 \mu\text{m}$, standumas atitinką standrtą GSJ-500-7 / 600-3

Staklių bendras vaizdas iš išorės ir vidaus pateiktas 39 pav. Sudedamosios staklių dalys pateiktos 40 pav. Staklėse keičiami ne tik įrankiai, bet ir pačios apdirbimo galvos, kurios gali būti kelių tipų: 3 ašių apdirbimui vertikali galva su greičių dėže (6000 aps/min, pasirinktinai 1200 Nm ir 2500 Nm); 3 ašių apdirbimui horizontali su greičių dėže (6000 aps/min-1200 Nm ir 4000 aps/min-2500 Nm); 5 ašių apdirbimui su greičio dėže (6000 aps/min, pasirinktinai 1200 Nm ir 1500 Nm); 5 ašių apdirbimui galva su motoršpindeliumi (iki 28000 aps/min).



40 pav. DMU 600 staklių sudedamieji mazgai ir galimi pasirinkimai

HSC 20/55/75/105 linear

Precizinės staklės – tai greito pjovimo staklės. Gali būti tiek 3 ašių, tiek sinchroninių 5 ašių gaminių apdirbimui skirtos staklės. Suklio greitis iki 42.000 aps/min leidžia pasiekti aukščiausios kokybės paviršių $Ra < 0,2 \mu m$. Staklės taip pat pasižymi labai dideliu pozicionavimo tikslumu, iki 5 μm . Integruoti linijiniai varikliai gali pasiekti greitį iki 90 m/min greita eiga X/Y/Z ašimis (41 pav.).

Tokių staklių panaudojimas skirtingose pramonės šakose pavaizduotas su pavyzdžiais 42 pav.

5- ašių		HSC 20 <i>linear</i>	HSC 55 <i>linear</i>	HSC 75 <i>linear</i>	HSC 105 <i>linear</i>
Eigos X/Y/Z	mm	200/ 200/ 280	450/ 650 /460	885/ 600/ 600	1.110/ 800/ 600
Stalo dydis	mm	Ø 230	400 x 400	Ø 750	Ø 950
Maksimalus ruošinio svoris	kg	10	200	800	800
Leistinas svoris tik su pozicionavimo funkcija	kg		-	1.000	1.300
Greita eiga X/Y/Z	m/min	40	80	90	90

41 pav. HSC staklių modelių galimybių ribos



42 pav. HSC staklių panaudojimas skirtingose pramonės šakose

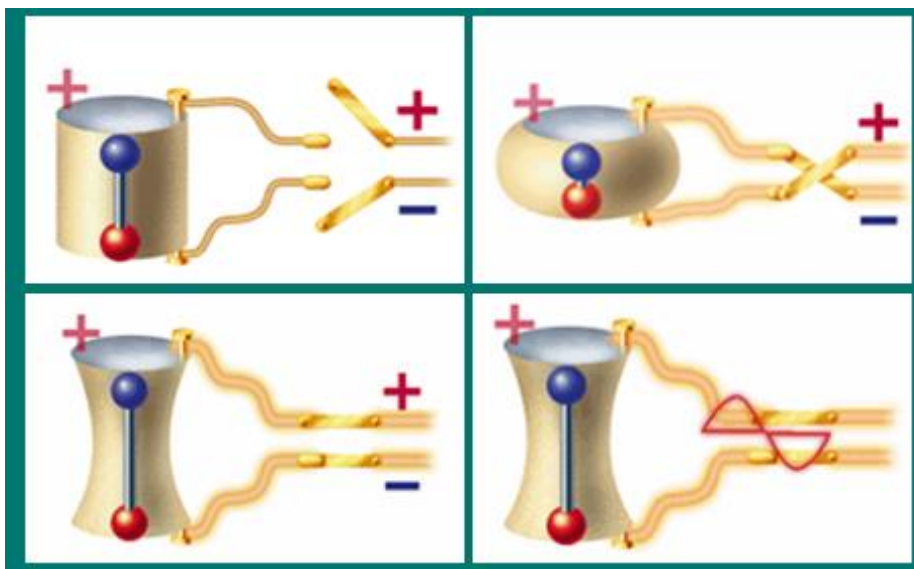
Naujovės ir technologinės tendencijos frezavimo staklėse

Ultrasonic

Ultrasonic technologija skirta apdirbinėti medžiagas, kurios yra kietos, trapios ir sunkiai apdirbamos. Dėl šios technologijos mažesnės apdirbimo jėgos leidžia apdirbinėti plonasienius gaminius bei prailgina įrankių tarnavimo laiką, sumažina mikroįtrūkimų skaičių medžiagoje. Priklausomai nuo medžiagos savybių pasiekiamas puikus apdirbamas paviršius $Ra < 0,1 \mu\text{m}$. Ultrasonic technologija yra integruojama su HSK sukliais, kurių greitis siekia iki 42.000 aps/min. Visa tai leidžia apdirbti frezavimo būdu įvairiausias medžiagas, kurių būdavo neįmanoma apdirbinėti anksčiau. Įrankis apdirbimo metu yra sukamas ir virpinamas iki 50 kHz dažniu (43 pav.). Tai pasiekama dėl piezo elemento, kuris dėl savo savybių sužadintas įtampos geometriškai deformuojamas (44 pav.).

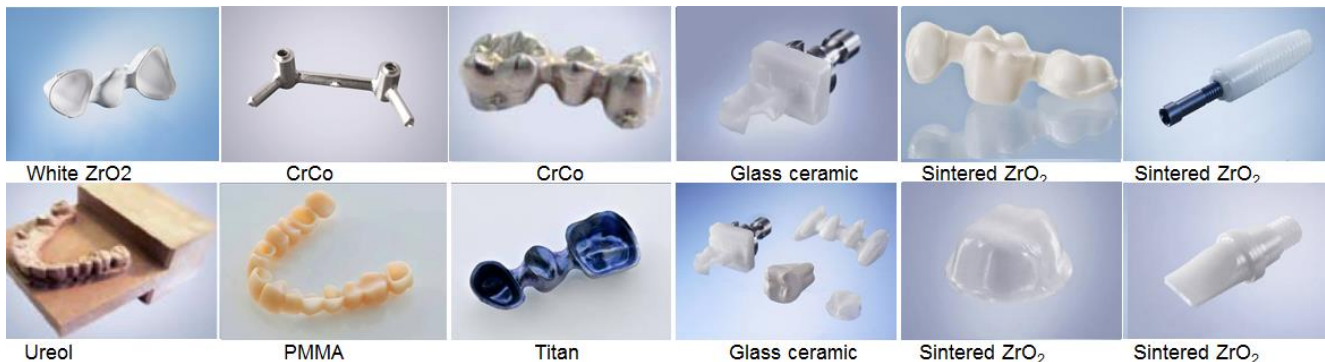


43 pav. Ultrasonic technologija įrankio laikiklyje sukelia virpesius 20-50 kHz įrankyje darbo metu.



44 pav. Piezo elemento žadinimas

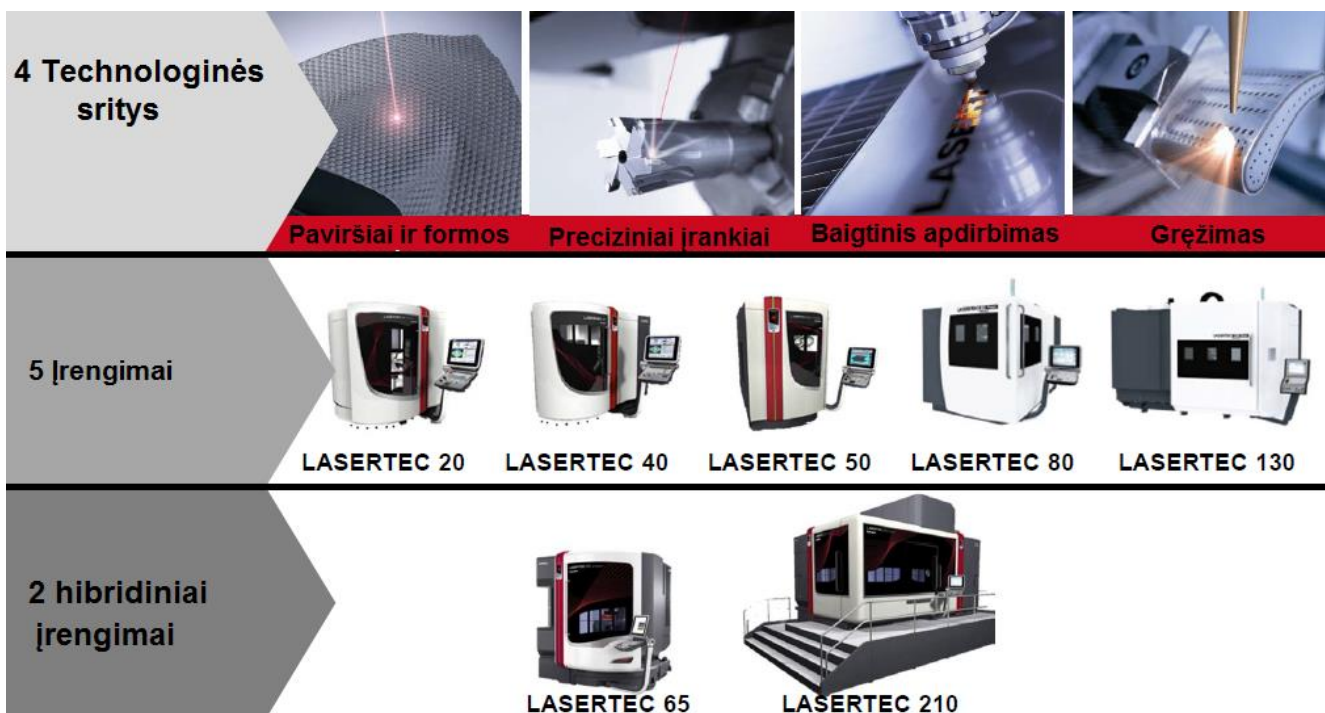
Šios technologijos pritaikymas platus, tačiau šiuo metu rinkoje populiariausia tarp dantų, implantų ir panašių gaminių gamintojų (videofailas pava.: DMG_dental.wmv). Gaminių pavyzdžiai ir medžiagos pateiktos 45 pav.



45 pav. Odontologijos pramonės gaminiai iš skirtingų medžiagų.

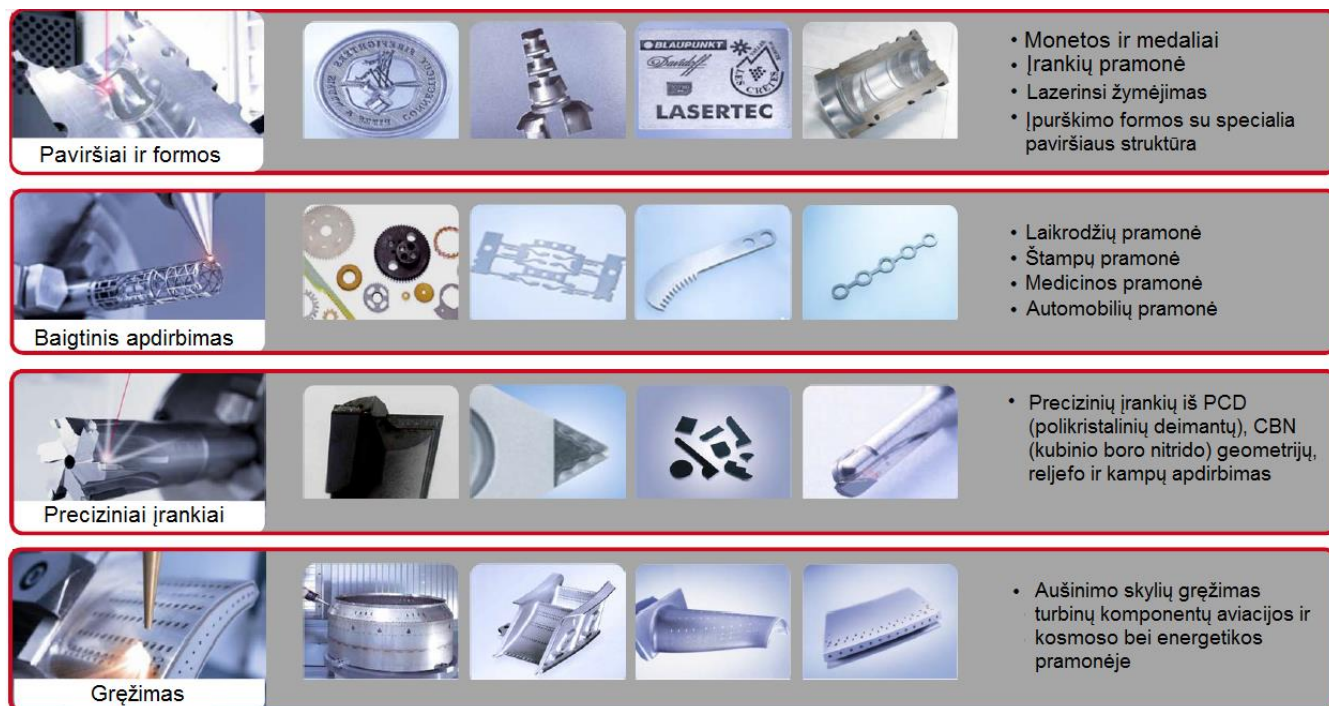
Lazerinis apdirbimas

Nauja apdirbimo sritis frezavimo staklių technologinėje bazėje. Lazerinė paviršiaus apdirbimo technologija panaudojama keliems skirtingiems tikslams ir gali būti naudojama skirtingų tipų ir dydžių staklėse (46 pav.).



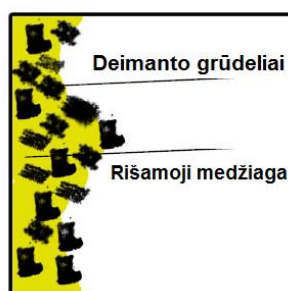
46 pav. Lazerinio apdirbimo sritys ir įrengimai.

Kaip matyti 47 paveiksluke, lazerinio apdirbimo panaudojimas ganėtinai platus. Pateiktuose filmukuose galima pamatyti staklių veikimo principą ir panaudojimo galimybes (žr. videofailus pavad.: LASERTEC_Shape.mp4; LASERTEC_PrecisionTool.mp4; LASERTEC_PowerDrill.wmv) Daugelį paminėtų gaminių galima apdirbti ir tradiciniais apdirbimo metodais (frezavimas, šlifavimas, poliravimas, gręžimas ir pan.), tačiau lazerinis būdas našesnis, pasiekiamos geometrijos formos, dydžiai bei apdirbamas paviršius be papildomų operacijų.

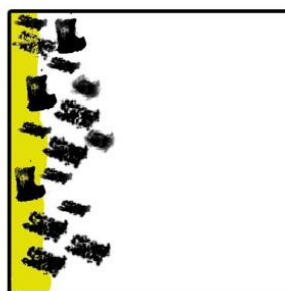


47 pav. Panaudojimo sritys ir gaminių pavyzdžiai.

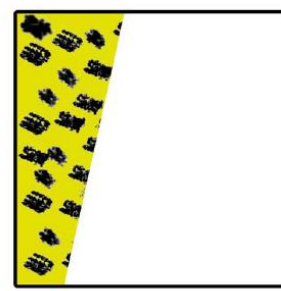
Pavyzdžiui, gaminant precizinius įrankius, kurių medžiagoje yra deimanto kristalų, labai svarbu pasiekti aukštos kokybės apdirbamą paviršų. Tai lemia įrankio tikslumą bei jo ilgaamžiškumą. 48 pav. pavaizduoti skirtingi apdirbimo būdai. Šlifuojant deimanto grūdėliai ištrupa, erozinio apdirbimo būdu apdirbama tik rišamoji medžiaga, lazerinio apdirbimo būdu apdirbamos abi medžiagos.



Šlifavimas


































Erozinis apdirbimas



Lazerinis apdirbimas

Tekinimo technologijos – 7 produkto linijos

Šiuolaikinių tekinimo staklių su CNC valdymu galimybės išplėstos dėl papildomų integruojamų frezavimo galvų, papildomų suklių ar pritaikytos automatizacijos. Todėl aptarsime nuo pačių paprasčiausių tekinimo staklių iki daugiafunkcinių tekinimo centrų. Įvairovė pavaizduota 49 pav., taip pat galima susipažinti su įvairiausio tipo tekinimo staklėmis pažiūrėjus filmuką pavad. CNC_Tekinimas.wmv.

01 NEF	02 CTX	CTX TC	03 CTV	04 TWIN	05 MSL	06 SPRINT	07 GMC / GM
CNC universalios tekinimo staklės	CNC universalios tekinimo staklės	Tekinimo ir frezavimo pilno apdirbimo	Vertikalaus tekinimo staklės	Dviejų suklių tekinimo centras	Daugiaašės CNC tekinimo staklės	CNC tekinimo automatai	CNC keliatos suklių tekinimo staklės
5 th Generation	Universal Turning	Turn & Mill	vertical	Production	Automatic Lathes	linear	
 NEF 400	 CTX alpha 300 / 500	 CTX alpha 450 TC	 CTV 160 / 250 <i>(linear)</i>	 TWIN 42	 MSL 4216	 SPRINT 20 <i>linear</i>	 GMC 20
 NEF 600	 CTX beta 500 / 800 / 1250 <i>(linear)</i>	 CTX beta 1250 TC <i>(linear)</i>	<i>linear</i>  CTV 400 <i>linear</i>	 TWIN 65	 MSL 4217	 SPRINT 32 <i>linear</i>	<i>linear</i>  GMC 20 / 25 / 35 / 42 ISM <i>linear</i>
	 CTX gamma 1250 / 2000 <i>(linear)</i> / 3000	 CTX gamma 1250 / 2000 <i>(linear)</i> / 3000 TC	<i>automated</i>  CTV Automation-Solutions	 TWIN 102	 MSL 4217 C	 SPRINT 42 <i>linear</i>	 GM 1616
	<i>4-axis-Production Turning</i>  CTX beta 1250 4A <i>(linear)</i>	 CTX delta 4000 / 6000 TC			 MSL 6016	 SPRINT 50 <i>linear</i>	 GM 2016
					 MSL 6017	 SPRINT 65 <i>linear</i>	 GM 3516

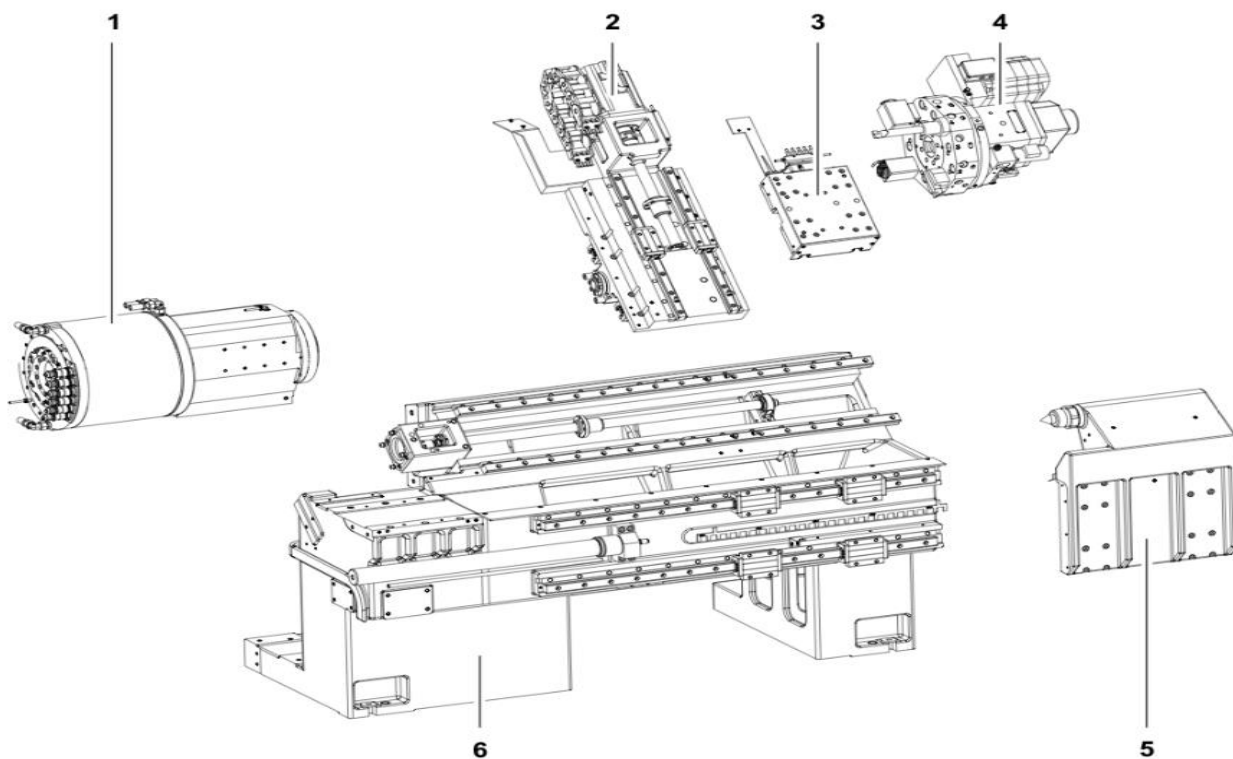
49 pav. CNC tekinimo staklių gama.

NEF 400/600

Tai universalios tekinimo staklės įprastiems tekinimo darbams atlikti (50 pav.). Tokio tipo staklėse gali būti integruotas įrankių matavimas, detalių gaudyklė, liunetas, aktyvių įrankių funkcija. Staklių kinematinė schema su pagrindiniais sudedamaisiais mazgais pavaizduota 51 pav.



50 pav. Gaminių pavyzdžiai: velenėlis – apdirbimo laikas 180 sek. (kairėje), hidraulikos komponentas – apdirbimo laikas 320 sek. (viduryje), pajungimo flanšas – apdirbimo laikas 280 sek. (dešinėje).




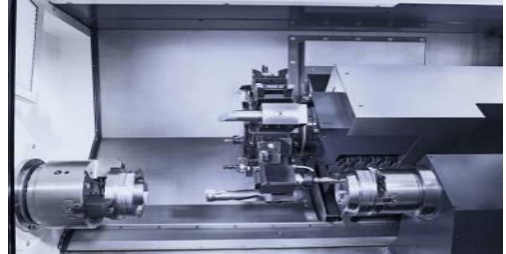




1 – integruotas motošpindelėlis; 2 – z ašies judesio mazgas;
3 – linijinis guolis; 4 – įrankių dėtuvė; 5 – galinis arkliukas; 6 – staklių bazė.

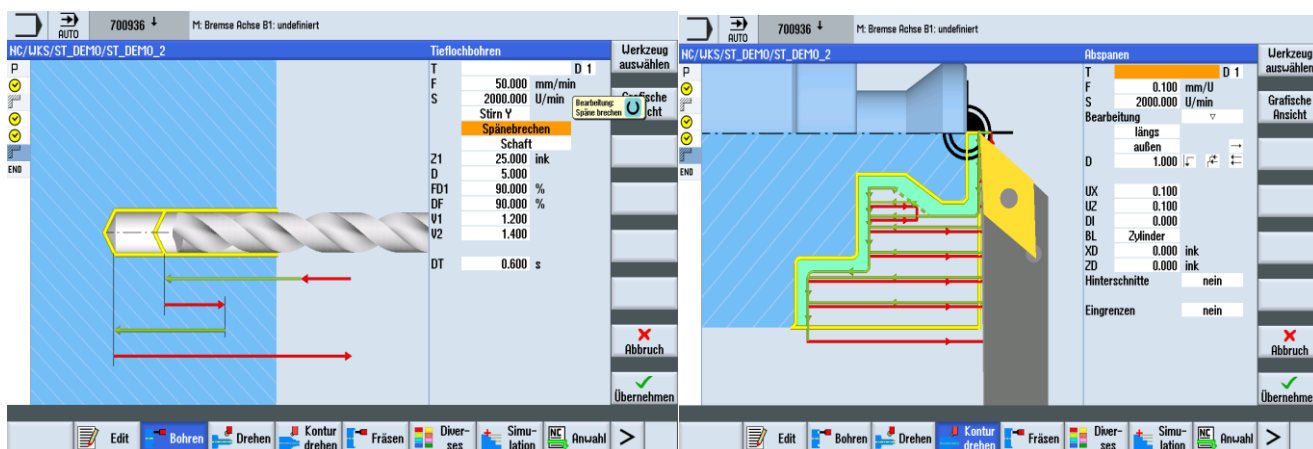
51 pav. NEF 400/600 staklių pagrindiniai sudedamieji mazgai

CTX alpha/beta/gamma/delta/TC

Tai universalios tekimo staklės, kurios gali būti padidinto produktyvumo įdiegus 4-5 ašių apdirbimą pasirinktinai, priklausomai nuo vartotojo poreikio (žr. lentelėje). Staklių valdyje rašant apdirbimo programas naudojamas animacinis dialogas, 3D simuliacija bei naudojamas 19 colių

ekranas. Visa tai palengvina operatoriaus darbą. Gręžimo ir išorinio tekinimo operacijų programavimo pavyzdys pateiktas 52 pav.

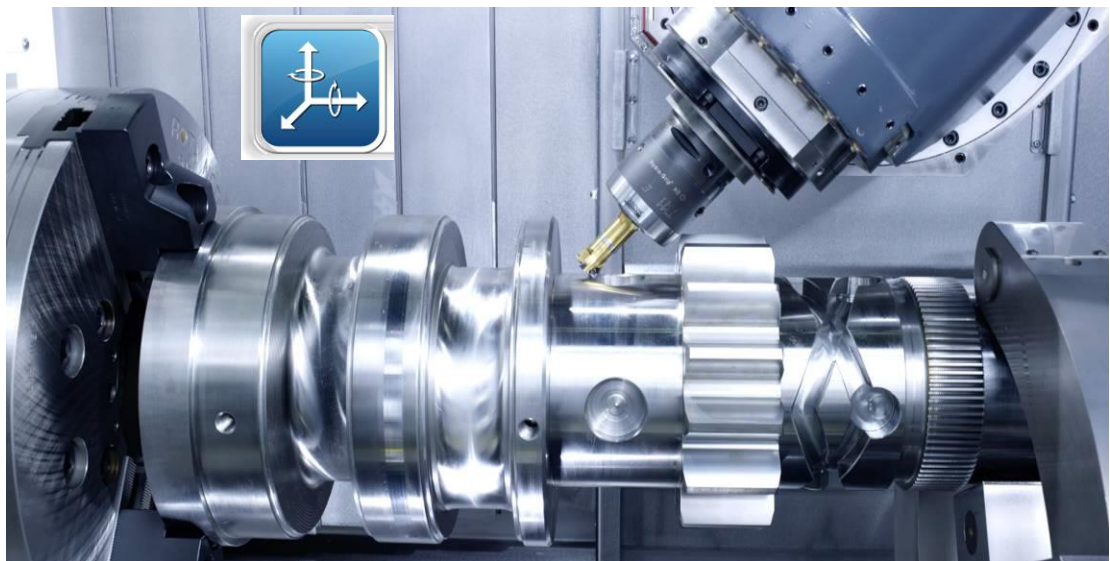
	<p>Universalus tekinimas CTX alpha 300/500 CTX beta 500/800/1250 CTX gamma 1250/2000/3000</p>	
	<p>Produktyvus tekinimas CTX beta 800/1250 4A</p>	
	<p>Tekinimas ir frezavimas CTX beta 1250 TC CTX beta 1250 TC 4A CTX gamma 1250/2000/3000 TC</p>	



52 pav. Tekinimo staklių programavimo animacinis dialogas: gręžimas (kairėje) ir išorinis tekinimas (dešinėje).

Taip pat šio tipo staklėse gali būti įdiegti linijiniai varikliai, užtikrinantys didesnę darbo našumą, aktyvūs įrankiai su tiesioginiu sukimosi judesio perdavimu. Tai leidžia pasiekti įrankio sukimosi greitį iki 12.000 aps/min. Tokių staklių veikimo principas pavaizduotas filmuke pavad.: CTX_beta_1250_4A.mp4.

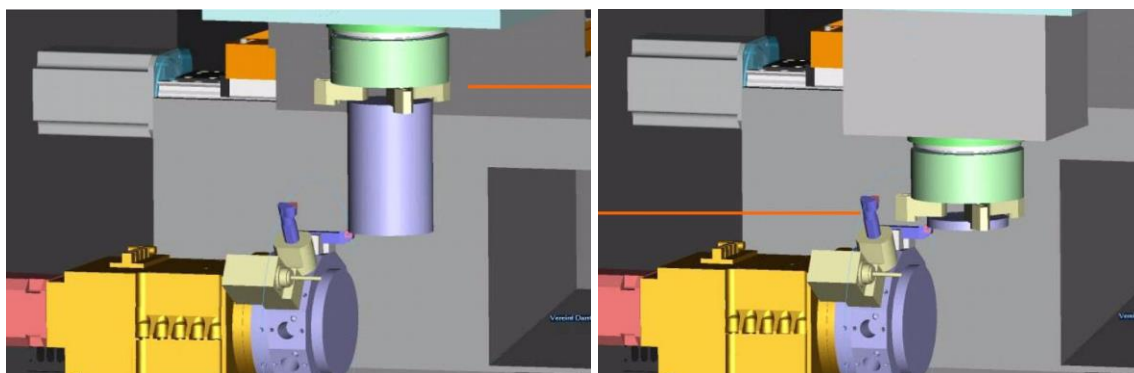
Tekinimo staklių modelis su frezavimo galva leidžia gamyboje panaudoti 5 ašių apdirbimą bei gaminius apdirbinėti iš 6 pusių nestabdant staklių. Pavyzdys pateiktas 53 pav, tekinimo detalė išprausta 3 kumštelių griebtuve, paremta liunetu ir apdirbinėjama frezavimo galva, kuri yra vartoma (videofailas pavad.: CTX_beta_1250_TC.mp4). Taip pat 5 ašių apdirbimas iš visų 6 pusių pavaizduotas filmuke pavad.: CTX_gamma_2000_TC.mp4.



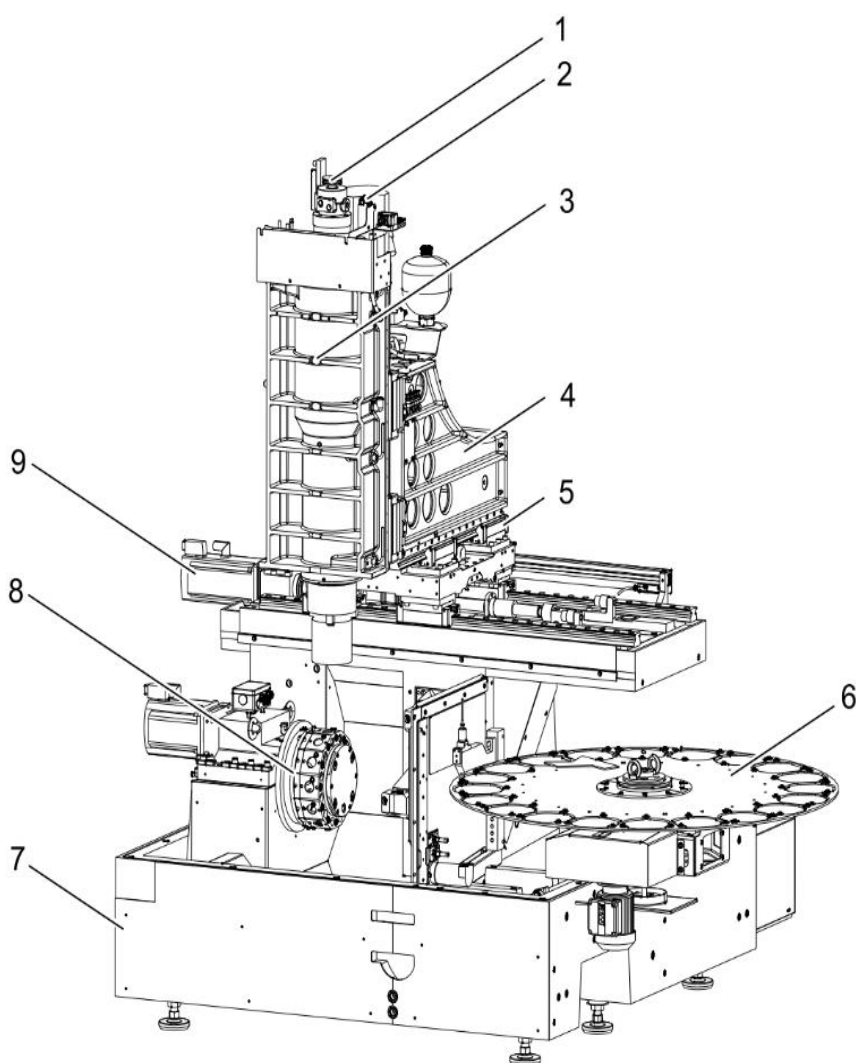
53 pav. Tekinimas frezavimas vienoje staklėje.

CTV 160/250/400 – vertikalaus tekinimo staklės

Priklausomai nuo apdirbamų gaminių specifikos našesnis tekinimas yra vertikalus (54 pav. ir videofailas pavad.: CTV_160.mp4) nei horizontalus, nes kartu su vertikalaus tekinimo staklėmis integruotas ruošinių padavimo būgnas, kuris yra vienas iš pirminių automatizacijos lygių. Todėl apdirbinėjant nesudėtingus tekinimo gaminius serijinėmis partijomis arba masinėje gamyboje, naudojamos būtent vertikalaus tekinimo staklės. Staklių konstrukcija ir pagrindiniai sudedamieji mazgai pavaizduoti 55 pav.



54 pav. Horizontalaus tekinimo staklių darbo zona.



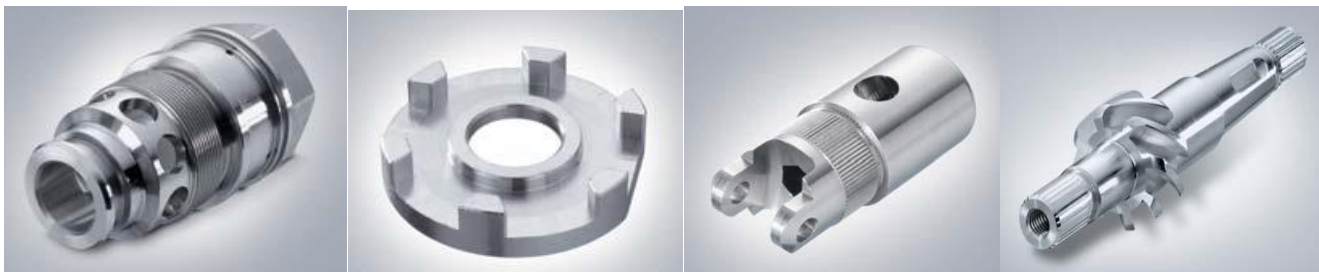
- 1 – užspaudimo mechanizmas;
- 2 – Z ašies pastūmos variklis;
- 3 – staklių suklys;
- 4 – jungiamasis slankiojantis rėmas;
- 5 – Y ašies linijinis guolis;
- 6 – ruošinių padavimo būgnas;
- 7 – staklių bazė;
- 8 – įrankių dėtuvis;
- 9 – X ašies pastūmos variklis.

54 pav. CTV staklių kinematinė schema su pažymėtais pagrindiniais mazgais

SPRINT 20/32/42/50/65

Šio tipo tekinimo staklės skiriasi tarpusavyje priklausomai nuo funkcijos, kam jos skirtos, tačiau tai staklės orientuotos į greitą apdirbimą, t.y. trumpas detalės gaminimo laikas. Pavyzdžiui,

SPRINT 32/42 modelis yra 6 ir 8 ašių staklės, geriausias pasirinkimas greitam apdirbimui nesudėtingiems arba vidutinio sudėtingumo gaminiams. Dėka dinamiškų linijinių variklių ir specialaus dizaino linijinių įrankių dėtuvių įrankių keitimas praktiškai nepastebimas, pvz., aktyvių įrankių pasikeitimas darbo metu (chip-to-chip time) užtrunka apie 0,24 sekundės. Tai daugiau staklės orientuotos į trumpesnių gaminių tekinimą. Gaminių pavyzdžiai pateikti 55 paveiksliuke. Taip pat staklių veikimas pavaizduotas filmuke pavadinimu: Sprin_42.mp4.



55 pav. Gaminių pavyzdžiai ir jų apdirbimo laikas: iš kairės nr. 1 - 75 sek.; 2 – 60 sek.; 3 – 120 sek.; 4 – 150 sek.

Automatizacija

Šiuolaikinės tekinimo ir frezavimo staklės naudojamos kartu su automatizacijos standartiniais ar specializuotais produktais. Pavyzdžiui, prie jau minėtų staklių CTX beta 800 galima naudoti standartizuotą automatizacijos produktą WH10. Tai roboto pagalba keičiami ruošiniai tekinimo staklėse, tuo pačiu metu, kol atliekamas gaminio apdirbimas, roboto ranka gali atlikti kitas operacijas, pvz., užuovartų nuvalymą. Tokią sistemą operatorius gali užkrauti ruošiniais ir sistema be sustojimo apdirbinės kurį laiką gaminius be žmogaus priežiūros. Tuo metu operatorius gali dirbti su kitomis staklėmis arba pasirūpinti kitos sistemos paruošimu. Veikimo principas parodytas filmuke pavadinimu DMG_Automation_WH10top.mp4, taip pat sistema gali būti pritaikyta ir frezavimo staklėms, filmukas pavadinimu DMG_WH10.mp4. Sistema pritaikyta tam tikram gaminiui, o tai reiškia, kad gaminys yra gaminamas didelėmis partijomis. Frezavimo staklėms galimos palečių keitimo sistemos jau buvo pristatytos skyriuje apie frezavimo stakles, tačiau yra automatizacijos sprendimas ir paprastesnėms, 3 ašių frezavimo, staklėms. Tai roboto pagalba keičiamos paletės. Aktualu smulkesniems gamintojams, kurie nenaudoja brangių 4-5 ašių staklių su palečių keitimo sistema, tačiau nori padidinti produktyvumą automatizacijos pagalba, pavyzdys pateiktas filmuke pavadinimu DMG_Automation_Milling.mp4.

Tačiau galimos ir kitokio pobūdžio automatizacijos sistemos, skirtos tekinimo staklėms, kurios yra lanksčios ir gali būti lengvai perprogramuotos pritaikant prie pasikeitusio ruošinio gabaritų, todėl nebūtina gaminti daugiaserijinius gaminius. Tokio tipo sistemas kuria kompanija Fastems. 56 pav.

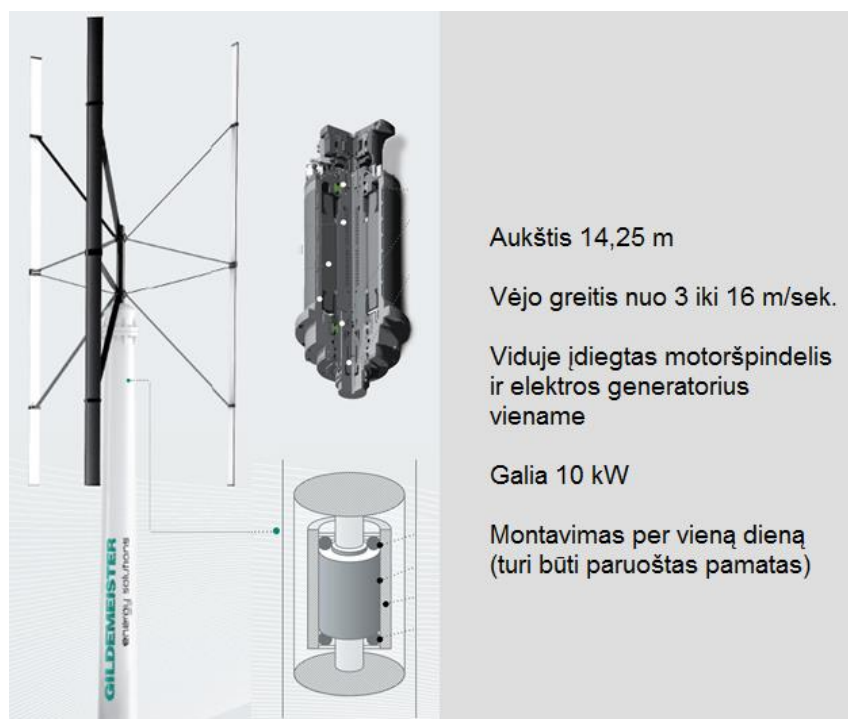
pavaizduotos tekimo staklės su joms pritaikyta automatizacijos sistema, kurią sudaro robotas, valdymo sistema, apsauginės sienelės ir apsauginiai vartai. Ruošiniai sudedami ant standartinės europaletės, kurios bazavimo vieta visada yra ta pati. Ant jos sudedami ruošiniai gali būti kaskart skirtingo diametro ir ilgio priklausomai nuo apdirbamo gaminio. Programavimas tokios sistemos yra pakankamai paprastas. Panašios sistemos paruošimas darbui gali užtrukti iki kelių minučių, kaip tai parodyta filmukuose pavadinimais Fastems_Robotcell.mp4 ir Robotized_production.mp4. Taip pat daugiau apie automatizacijos sistemas filmuke pavadinimu Fastems.mp4, o informacija apie jų alternatyvų valdymo būdą filmuke pavadinimu Fastems_Gesture-controlled.mp4.



56 pav. Tekimo staklės su automatizacijos sistema

Atsinaujinantys energijos šaltiniai

Staklių gamintojas DMG taip pat siūlo atsinaujinančių energetikos šaltinių sprendimus. Turint ilgalaikę patirtį, gaminant vieną iš pagrindinių staklių komponentą sukli (dar kitaip špindelį), buvo pritaikyta ir sukurta nedidelio galingumo vėjo jėgainė WindCarrier (57 pav.).



57 pav. Vertikalių sparnų vėjo jėgainė

SunCarrier - tai saulės jėgainės, kurių galingumas nuo 4,3 kWp iki 53 kWp. Išsiskiria iš kitų saulės jėgainių tuo, kad instaliuota saulės sekimo sistema, kuri leidžia maksimaliai išnaudoti dienos laiką, kurio metu saulė slenka iš rytų į vakarus. Jėgainė gali sukisiti iki 220 laipsnių ir taip seksti bei gauti maksimalų spindulių kiekį. Veikimo principas parodytas filmuke pavadinimu Sancarrier.mp4.

Dar vienas produktas CellCube – tai energijos talpyklos/akumuliatoriai. Jų trumpos charakteristikos pateiktos 58 pav. Veikimo principas parodytas filmuke pavadinimu Cellcube.mp4. Tokio tipo baterijos aktualu vietovėse, kuriose investicijos atvesti elektros tinklus yra didelės arba techniškai labai sudėtinga. Todėl siūlomas kompleksinis sprendimas panaudojant vėjo ir saulės sukuriamą energiją, ją kaupti ir panaudoti pagal poreikį. Pavyzdys būtų mobilios ryšio telekomunikacijų bokšto aprūpinimas nenutrūkstama elektros energija atokiose vietovėse arba kitų šalių pavyzdžiai atokiose kalnuotose vietovėse ir panašiai.

Taip pat kompleksinis energijos gavimas iš vėjo ir saulės, jos kaupimas ir panaudojimas parodytas filmuke pavadinimu GILDEMEISTER_energy_solutions.mp4.



FB 10-100 - 10 kW
atidavimo galia ir 100 kWh
talpa

FB 200-400 - 200 kW
atidavimo galia 400 kWh
talpa

58 pav. CellCube energijos talpyklos

3 PRIEDAS. Tekintojo pareiginė instrukcija

STAKLININKO (TEKINTOJO) – OPERATORIAUS SAUGOS IR SVEIKATOS INSTRUKCIJA

1.1. Darbuotojui, pažeidusiam šios instrukcijos reikalavimus, taikoma Lietuvos Respublikos įstatymų nustatyta drausminė, materialinė, administracinė ir baudžiamoji atsakomybė, priklausomai nuo pažeidimo pobūdžio.

1.2. Savarankiškai dirbti su metalo apdirbimo staklėmis gali asmuo:

1.2.1. turintis atitinkamą pasiruošimą ir ne jaunesnis kaip 18 metų;

1.2.2. teoriškai ir praktiškai išmokytas saugiai dirbti;

1.2.3. praėjęs privalomą (periodinį) sveikatos patikrinimą;

1.2.4. susipažinęs su įrenginių eksploatavimo taisyklėmis;

1.2.5. išklauses (pasirašytinai) įvadinę saugos ir sveikatos instrukciją;

1.2.6. išklauses (pasirašytinai) saugos ir sveikatos instrukciją darbo vietoje;

1.2.7. išklauses (pasirašytinai) įvadinę gaisrinės saugos ir gaisrinės saugos darbo vietoje instruktažus.

1.3. Periodiškai darbuotojas instruktuojamas ne rečiau kaip vieną kartą per dvylika mėnesių.

1.4. Darbuotojas privalo laikytis įmonės administracijos nustatyto darbo ir poilsio režimo reikalavimų.

1.5. Darbuotojo darbo ir poilsio laikas:

1.5.1. darbo laiko trukmė įmonėje ne ilgesnė, kaip 40 darbo valandų per savaitę;

1.5.2. ne vėliau kaip po keturių valandų nuo darbo pradžios skiriama pertrauka pavalgyti ir pailsėti;

1.5.3. švenčių dienų išvakarėse darbo diena sutrumpinama 1 valanda, išskyrus darbuotojus, dirbančius sutrumpintą darbo dieną.

1.6. Darbo vietoje papildomas instruktavimas pravedamas:

1.6.1. atsiradus naujiems arba pasikeitus darbo aplinkos rizikos veiksniams, keliantiems pavojų darbuotojų saugai ir sveikatai, perkėlus darbuotoją į kitą darbą arba pakeitus darbo vietą, technologinį procesą, darbo organizavimą, pakeitus arba modernizavus darbo priemones, pradėdant naudoti naujas pavojingas ar (ir) kenksmingas medžiagas;

1.6.2. patvirtinus naujus arba pataisius įmonės norminius dokumentus (įmonės darbuotojų saugos ir sveikatos instrukcijas, saugaus darbų atlikimo taisykles ir kt.);

1.6.3. darbuotojui pažeidus darbuotojų saugos ir sveikatos norminių teisės aktų reikalavimus, kurių nevykdant įvyko ar galėjo įvykti nelaimingas atsitikimas, incidentas, avarija, gaisras, sprogimas, arba pastebėjus jo nesaugų elgesį;

1.6.4. pareikalavus darbo inspektoriui, kai nustatoma, kad darbuotojo žinių nepakanka atliekamam darbui;

1.6.5. darbuotojui nebuvus darbe ilgiau kaip 60 kalendorinių dienų;

1.6.6. įmonės vadovui ar darbdavio įgaliotam asmeniui nusprendus, kad to reikia siekiant apsaugoti darbuotojus nuo traumų ar profesinių ligų.

1.7. Darbuotojas privalo nustatyta tvarka pasitikrinti sveikata.

1.8. Ateiti į darbą neblaiviam, darbo metu vartoti alkoholinius gėrimus ar naudoti narkotines bei toksines medžiagas - draudžiama.

1.9. Nukentėjus nuo nelaimingo atsitikimo, turi nedelsdamas kreiptis į artimiausią gydymo įstaigą, pranešti tiesioginiam įmonės vadovui. Asmuo matęs nelaimingą atsitikimą ar apie jį sužinojęs, turi nedelsdamas suteikti nukentėjusiam pirmąją medicininę pagalbą ir pranešti tiesioginiam įmonės vadovui, jeigu reikia iškviešti greitąją medicininę pagalbą. Darbo vietą ir įrengimų būklę iki bus pradėtas tirti nelaimingas atsitikimas, reikia išlaikyti tokias, kokios buvo nelaimingo atsitikimo metu. Jei tai kelia pavojų aplinkinių įmonių gyvybei ar sveikatai, gali būti daromi tik būtiniausi pakeitimai, informinami aktu.

1.10. Pastebėjus įrenginių, įrangos ar įrankių gedimus, esant netvarkingoms individualios apsaugos priemonėms, darbus nutraukti ir nedelsiant pranešti tiesioginiam įmonės vadovui.

1.11. Darbuotojas privalo vykdyti darbo tvarkos taisyklių reikalavimus, dirbti tik tuos darbus, apie kuriuos išklause instruktažą, ir vykdyti tiesioginio įmonės vadovo nurodymus.

1.12. Dirbantis su metalo pjovimo staklėmis darbuotojas privalo:

1.12.1. laikytis darbo tvarkos taisyklių;

1.12.2. mokėti saugiai dirbti, žinoti ir vykdyti šios instrukcijos reikalavimus

1.12.3. laikytis įrenginių ir mechanizmų, su kuriais dirba, eksploatavimo taisyklių;

1.12.4. nedirbti su techniškai netvarkingomis darbo priemonėmis;

1.12.5. darbo įrankius ir įrenginius naudoti pagal paskirtį;

1.12.6. vykdyti tiesioginio vadovo nurodymus, atlikti tik tuos darbus, kuriuos atlikti yra paskirtas ir instrukuotas ir tik tuomet, kai asmeniškai yra žinomi saugūs jo atlikimo būdai. Abejojimo atveju, prašyti vadovą, kad paaiškintų, kaip saugiai atlikti užduotį; pradėti dirbti leidžiama tik gavus išsamius darbdavio ar jo įgalioto asmens išaiškinimus;

1.12.7. žinoti pirmosios pagalbos suteikimo būdus bei mokėti praktiškai suteikti pirmąją pagalbą;

1.12.8. darbo metu būti blaivus ir neapsvaigęs nuo alkoholinių gėrimų, narkotinių, toksinių bei kitų medžiagų, kurios veikia žmogaus psichiką;

1.12.9. apie pastebėtus pavojus, grėšiančius darbuotojų saugai ir sveikatai bei darbo įrenginių ir priemonių gedimus, trikdžius ar defektus pranešti padalinio vadovui.

1.13. Darbuotojas turi teisę atsisakyti dirbti, darbai taip pat turi būti sustabdyti, jeigu padalinio vadovas nesiima reikiamų priemonių pašalinti pažeidimus ir apsaugoti darbuotoją nuo galimo pavojaus. Nutraukus darbą nedelsiant raštu pranešti tiesioginiam vadovui, įmonės vadovui atsisakymo dirbti priežastis.

1.14. Asmens higienos reikalavimai:

1.14.1. neliesti veido ir kitų kūno vietų nešvariomis rankomis;

1.14.2. darbo vietoje nelaikyti ir nevalgyti maisto produktų, negerti;

1.14.3. dėvėti švarius darbo rūbus, nelaikyti kartu asmeninių ir darbo drabužių;

1.14.4. prieš pertraukas nusiplauti rankas švariu vandeniu su muilu;

1.14.5. pakilus darbuotojo kūno temperatūrai, pajutus ūmius ligų požymius, pranešti tiesioginiam vadovui ir kreiptis į gydymo įstaigą.

II. PROFESINĖS RIZIKOS VEIKSNIAI, SAUGOS PRIEMONĖS NUO JŲ POVEIKIO

2.1. Pavojingi ir kenksmingi veiksniai:

2.1.1. mašinų ir mechanizmų besisukančios ir judančios dalys - galimos traumos;

2.1.2. elektros srovės poveikis — paveikus elektros srovei, netenkama sąmonės, sutrinka arba nutrūksta širdies veikla bei kvėpavimas, o kartais ištinga ir staigi mirtis;

2.1.3. atskilusios ar lūžusios ruošinių dalys - galimos traumos;

2.1.4. išsprūdę ruošiniai, gaminiai, detalės - galimos traumos;

2.1.5. netinkamas mikroklimatas (temperatūra, drėgmė, ventiliacija ir t.t.) darbo vietoje – neigiamas poveikis organizmui;

2.1.6. netvarkingi įrenginiai, įrankiai ir kt. – galimos traumos;

2.1.7. karšti įrengimų paviršiai – nudegimai;

2.1.8. aštrūs įrenginių, inventoriaus, mechanizmų detalės ir kampai – galimi sužeidimai, traumos;

2.1.9. krintantys, griūvantys daiktai, kroviniai – galimos traumos, sunkūs sužeidimai;

2.1.10. pjovimo įrankiai (įtaisai) — galimi sužalojimai;

2.1.11. netvarkinga darbo vieta (slidžios, nelygios grindys, užkrauti praėjimai) — galimos traumos, bei mirtinos traumos;

2.1.12. nepakankamas darbo vietos apšvietimas — kenkia akims, galimi regos sutrikimai;

2.1.13. triukšmas - veikia periferinę nervų sistemą;

2.1.14. vibracija - veikia centrinę nervų sistemą;

2.1.15. dulkės - alergiškai veikiančios organizmą, veikia kvėpavimo takus;

2.1.16. įrenginių eksploatacijos reikalavimų nesilaikymas - galimos traumos.

2.1.17. nemokėjimas ir nenoras pasirinkti saugią darbo metodą — galimos traumos, sunkūs sužeidimai.

2.2. įmonės vadovas (įvertinęs kenksmingus ir pavojingus fizinius, cheminius, biologinius ir kitokius veiksnius) privalo nemokamai aprūpinti darbuotoją asmeninėmis apsaugos priemonėmis.

Būtinios saugos priemonės:

2.2.1. medvilninis kostiumas;

2.2.2. galvos apdangalai (kepurės);

2.2.3. darbo avalynė;

2.2.4. apsauginės pirštinės;

2.2.5. apsauginiai akiniai ir skydelis;

2.2.6. prieštriukšminės ausinės.

2.3. Darbo rūbai turi būti tvarkingi, gerai užsagstomi, bet nevaržantys judesių. Neturi būti palaidų, nukabusųjų aprangos galų, kuriuos gali pagriebti ir įtraukti judantys mechanizmas mazgai.

2.4. įmonės vadovas, įvertinęs darbo aplinkos kenksmingus, pavojingus veiksnius (fizikinius, cheminius, biologinius ir kitus), turi nemokamai išduoti darbuotojui daugiau asmeninių apsauginių priemonių, negu numatyta patvirtintame asmeninių apsauginių priemonių sąrašė.

2.5. Asmeninė apsaugos priemonė yra darbdavio nuosavybė, todėl ją darbuotojas turi gražinti išeidamas iš darbo, pereidamas į kitą darbą toje pačioje įmonėje, kur ši priemonė nenumatyta. Pagal darbo aplinkos rizikingumą. Asmeninė apsaugos priemonė turi būti keičiama, jeigu ji susidėvi.

2.6. Darbuotojas privalo:

2.6.1. prieš kiekvieną, apsaugos priemonės panaudojimą darbuotojas privalo patikrinti ar ji nėra sugedusi, pažeista, nešvari, ar nepasibaigęs jos galiojimo laikas, pažymėtas spaudė;

2.6.2. dirbti su išduotomis asmeninėmis apsaugos priemonėmis;

2.6.3. Rūpestingai prižiūrėti ir naudoti pagal paskirtį asmenines apsaugos priemones; laiku pranešti tiesioginiam vadovui apie jų nusidėvėjimą, užteršimą, netinkamumą naudoti ir apie tai, kad baigiasi jų naudojimo terminas;

2.6.4. Įstatymų nustatyta tvarka atlyginti nuostolius, jeigu asmeninė apsaugos priemonė dėl darbuotojo kaltės dingo ar buvo sugadinta.

2.7. Draudžiama naudotis asmenine apsaugos priemone, pasibaigusiu galiojimo, išbandymo terminui.

III. DARBUOTOJO VEIKSMAI PRIEŠ DARBO PRADŽIĄ

3.1. Apsivilkti darbo drabužius ir tvarkingai susisagstyti, apsiauti darbinę avalynę. Draudžiama dirbti su suplyšusiais, be sagų drabužiais su nukarusiais laisvais galais.

3.2. Patikrinti ar yra ir tvarkingos asmeninės apsaugos priemonės.

3.3. Susipažinti su darbo užduotimi ir užduoties įvykdymui numatomais ypatumais. Išklausti tikslinį instruktavimą jei atliekama vienkartinė užduotis nesusijusi su nuolatinio darbu.

3.4. Atidžiai apžiūrėti savo darbo vietą. Vizualiai patikrinti, ar veikia vietinis apšvietimas, ar tvarkingi jums reikiamų įrengimų, elektros prietaisų įžeminimo laidai, patikrinti apsaugines aptvaras ir blokiruotes, įjungimo ir išjungimo įtaisus.

Dirbant tekimo staklėmis:

3.5. Darbuotojas privalo žinoti tekimo staklių eksploatacijos taisykles ir griežtai jų laikytis, žinoti valdymo įrenginių paskirtį.

3.6. Patikrinti, ar staklės patikimai įžemintos.

3.7. Patikrinti apsauginius įrenginius, paleidimo ir išjungimo įtaisus, fiksatorius, staklių valdymo rankenas, kad staklės savaime neįsijungtų ar nesustotų darbo metu, ar tvarkingi detalių ir instrumentų tvirtinimo įrenginiai, pavarų diržai. Išbandyti staklių darbą tuščiąją eiga, patikrinti ar gerai suteptos staklės.

3.8. Draudžiama eksploatuoti išardytą, nebaigtą remontuoti įrenginį.

3.9. Draudžiama pradėti darbą, kol nebus pašalinti visi pastebėti trūkumai. Draudžiama dirbti netvarkingais įrengimais, dirbti be apsauginių akinių. Draudžiama pradėti darbą, jeigu aptvarstyti pirštai.

3.10. Draudžiama pradėti darbą, kol nebus pašalinti visi pastebėti trūkumai. Draudžiama dirbti netvarkingais įrengimais, dirbti be apsauginių akinių. Draudžiama pradėti darbą, jeigu aptvarstyti pirštai.

IV. DARBUOTOJO VEIKSMAI DARBO METU

4.1. Dirbantysis privalo dirbti tik tai tą darbą su kuriuo yra supažindintas ir susipažinęs su darbų saugos instrukcija.

4.2. Darbo metu būti dėmesingam, atidžiam, atsargiam, nesikalbėti su pašaliniais ir netrukdyti dirbti kitiems.

4.3. Palaikyti tvarką darbo vietoje.

Dirbant tekimo staklėmis:

4.4. Įtvirtinant detales staklių griebtuve, būtina stebėti, kad neišlįstų kumšteliai. Jei kumšteliai išlenda, reikia keisti griebtuvą arba įrengti specialų aptvarą.

4.5. Užsukant griebtuvą ant staklių suklio (špindelio), reikia po griebtuvu padėti specialų medinį padėklą, atitinkantį griebtuvo formą.

4.6. Užsukant sunkius griebtuvus, juos pakeliant ar palaikant, būtina naudotis kėlimo įrenginiais, turinčiais specialius čiuptuvus.

4.7. Draudžiama atsukinėti griebtuvą staigiu suklio (špindelio) sustabdymu ar kumšteliais smūgiuojant į atramą. Smūgiuojant į atramą nuimti griebtuvą galima tik sukant rankomis, o atrama turi turėti ilgą rankeną, kad būtų galima ją prilaikyti.

4.8. Neparemiant arkliuku su centru kumšteliniame griebtuve galima tvirtinti ne ilgesnes kaip 2 skersmens detales, kurios yra centriškos. Kitais atvejais būtina naudoti detalei paremti arkliuką su besisukančiu atrėmimo centru.

4.9. Apdorojant 12 skersmenų ir ilgesnes detales, taip pat apdorojant metalą greituminiu būdu, kai detalės ilgis 8 ir daugiau skersmenų, reikia naudoti papildomas atramas (liunetus).

4.10. Apdorojant detalę, kuri paremta centrais, pirmiausia reikia patikrinti, ar gerai užfiksuotas arkliukas, po to sutepti centrą. Toliau apdorojant detalę centrą tepti periodiškai.

4.11. Jei apdorojant detalę būna didelės apsukos, būtina naudotis besisukančiais rėminimo centrais, kurie įeina į tekimo staklių komplektą.

4.12. Draudžiama naudoti sudilusius ar necentriškai besisukančius centrus.

4.13. Tekinant ilgas detales būtina periodiškai tikrinti, ar gerai įtvirtintas arkliukas, ar suteptas besisukantis centras ir ar geras ašinis prispaudimas.

4.14. Darbo metu reikia teisingai įtvirtinti peilius pjovimo galvutėje. Nekišti po jais atsitiktinių tarpinių. Naudotis tik inventorinėmis tarpinėmis, kurios pasikiša po visa peilio plokštuma. Peilis priveržiamas, stengiantis minimaliai jį iškišti iš pjovimo galvutės. Užveržti būtina trimis varžtais. Inventorinės tarpinės turi būti įvairių storių ir dydžių, kad nereikėtų po peiliu kišti kelių tarpinių.

4.15. Draudžiama galąsti trumpais pjovimo peiliais be specialių, tam skirtų, laikiklių.

4.16. Apdorojant valkius metalus, kurių drožlės būna ištisinės, susilydžiusios, reikia naudoti peilius su uždedamais drožlės nulaužimo ar susukimo įtaisais.

4.17. Draudžiama naudoti griebtuvą, jei susidėvėję griebtuvo kumštelių darbiniai paviršiai.

4.18. Dirbant staklėmis greituminiu režimu, detalėms atremti reikia naudoti tik besisukančius centrus.

4.19. Reikia stengtis detales įtvirtinti taip, kad apdorojamas paviršius būtų kiek galima arčiau griebtuvo ar atraminio centro.

4.20. Atpjaujant sunkias dalis nuo detalės ar ruošinio, atpjaujamojo galo negalima prilaikyti rankomis.

4.21. Peilius galąsti reikia atiduoti į galandimo postą.

4.22. Apsaugai nuo lekiančių drožlių būtina naudoti apsaugines priemones: akinius, skydelius ant veido, padarytus iš peršviečiamos ugniai atsparios medžiagos, arba specialius apsauginius ekranus.

4.23. Apdorojant trapų metalą, plastikinę masę, kurie dulka, arba naudojant aušinimo skystį, būtina įjungti ištraukiamąją ventiliaciją.

4.24. Detales įtvirtinti reikia be smūgių, kad apdorojamos jos neiššoktų.

4.25. Būtina laiku šalinti nuo staklių drožles specialiais kabliukais ir šepetiais, tai daroma tik sustabdžius stakles.

4.26. Apdorojant detales reikia stovėti iš dešinės pusės.

4.27. Neišjungus staklių draudžiama:

4.27.1. įstatyti ir išminti detales;

4.27.2. įstatyti ir išimti pjovimo įrankius;

4.27.3. įstatyti ir nuimti įrenginius;

4.27.4. įstatyti ir nuimti apsaugas;

4.27.5. matuoti detales;

4.27.6. stabdyti stakles rankomis prispaudžiant griebtuvą.

4.28. Apdorojant staklėse įtvirtintas detales dilde, reikia kaire ranka laikyti medinį dildės kotą, o dešine - dildės galą.

4.29. Apdorojant necentriškas detales, reikia naudoti apsaugas. Jas būtina subalansuoti.

4.30. Stakles valyti, reguliuoti galima tik išjungus elektros variklį ir visiškai sustojus besisukančioms dalims.

4.31. Draudžiama palikti dirbančias stakles be priežiūros. Pertraukų metu būtina jas išjungti.

4.32. Detales ir atliekas būtina sandėliuoti tam skirtoje taroje, o ne mėtyti ant grindų.

- 4.33. Draudžiama:
- 4.33.1. naudoti metalo pjovimo stakles ne pagal paskirtį;
 - 4.33.2. rankomis laikyti atpjaunamo ruošinio galą;
 - 4.33.3. stovėti pjovimo plokštumoje;
 - 4.33.4. liesti besisukančias bei judančias staklių dalis;
 - 4.33.5. dirbti staklėmis be pavojingų zonų aptvarų, esant netvarkingoms stabdymo apsauginėms priemonėms, įjungimo ir išjungimo įtaisams;
 - 4.33.6. palikti įjungtas stakles arba leisti jomis dirbti pašaliniais asmenimis;
 - 4.33.7. įjungti arba išjungti (išskyrus avarinius atvejus) įrenginius, transporto ir kėlimo priemones, kuriais nebuvo pavesta dirbti;
 - 4.33.8. prisiartinti prie veikiančių įrenginių, staklių, mašinų, mechanizmų, kuriais dirba kiti darbuotojai, trukdyti jiems pašalinėmis kalbomis;
 - 4.33.9. užėiti už pavojingų zonų aptvėrimų;
 - 4.33.10. remtis į įrenginius ir leisti tai daryti kitiems;
 - 4.33.11. vaikščioti po pakeltais kroviniais, landžioti po jais, o taip pat nenustatytose vietose;
 - 4.33.12. dirbti šalia neaptvertų elektros srovę; nešančių dalių, liesti neizoliuotas elektros įrenginio dalis, gnybtus, elektros laidus, bendro apšvietimo armatūrą, atidarinėti elektros spintas, kirtiklių, skydą, valdymo pultą aptvarą, užpilti juos plovimo ir tepimo medžiagomis, skiedikliais, vandeniu ir kt.;
 - 4.33.13. užkrauti praėjimus, pravažiavimus ir darbo vietas ruošiniais, gatava produkcija.
- 4.34. Ilgus ruošinius būtina pasidėti ant atramų.
- 4.35. Baigiant pjauti, draudžiama stovėti arti neįtvirtinto atpjaunamo ruošinio galo.
- 4.36. Ruošinio įtvirtinimui naudojant pneumatinius, hidraulinius ar elektromagnetinius įrenginius, saugoti oro ir skysčio padavimo vamzdžius bei elektros laidus nuo mechaninių pažeidimų.
- 4.37. Pastebėjus gedimus, ar susidarius avarinei situacijai, stakles tuojau pat išjungti, pranešti tiesioginiam darbo vadovui.
- 4.38. Atliekant remonto darbus įsitikinti ar staklės išjungtos iš elektros tinklo, ar pakabinta lentelė: “NEJUNGTI, ĮRENGINIUOSE DIRBAMA!”. Plakatą gali nuimti tik tas, kas jį pakabino arba asmuo, jį pakeitęs.
- 4.39. Prireikus apdoroti sunkias detales, jų perkėlimui naudoti rankinę talę.
- 4.40. Patikrinti ar teisingai ir tvirtai įtaisytas ruošinys.
- 4.41. Stebėti triukšmo, vibracijos lygį darbo vietoje.

- 4.42. Visos elektros spintų durelės turi būti uždarytos.
- 4.43. Stebėti aptvarą ir jų padengimo aktyvomis medžiagomis būklę (aktyvos medžiagos mažina triukšmą). Esant atdaram pjūklo veleno aptvarui, pjūklas neturi įsijungti.
- 4.44. Stebėti apsauginės signalizacijos, apšvietimo ir įžeminimo būklę
- 4.45. Remontuojant metalo pjovimo staklės, įvadinis išjungėjas turi būti išjungtas.
- 4.46. Patalpos, kurioje dirbama metalo pjovimo staklėmis, temperatūra turi būti ne mažesnė kaip +5 laipsniai ir ne didesnė kaip +40 laipsnių.
- 4.47. Stebėti metalo pjovimo procesą.
- 4.48. Leidžiama nepavojinga vienkartinė keliamo ir pernešamo krovinio masė:
- 4.48.1. vyrams — iki 30 kg;
- 4.48.2. moterims — iki 10 kg;
- 4.49. Elektrosaugos reikalavimai:
- 4.49.1. neliesti drėgnomis rankomis elektros laidų, kabelių, kištukų, prietaisų ar įrenginių;
- 4.49.2. nedirbti su elektros įrankiais ar prietaisais, jeigu prisilietus jaučiamas elektros srovės poveikis;
- 4.49.3. nedirbti su netvarkingais elektros įrankiais, prietaisais ar įrenginiais;
- 4.49.4. dirbti tik su įžemintais prietaisais ir įrenginiais;
- 4.49.5. nesiliesti vienu metu prie įžemintų dalių (centrinio apšildymo radiatorių, vamzdžių ir pan.) ir elektros įrenginių metalinių dalių (stalinės lempos ir kt.), kad, esant pažeistai izoliacijai ir šioms dalims turint elektros įtampą, nesusidarytų grandinė tekėti elektros srovei per žmogaus kūną;
- 4.49.6. panaudojus elektros įrankį, prietaisą ar įrenginį, tuoj pat išjungti;
- 4.49.7. nedirbti su elektros prietaisais, jei ant jų pateko skystis;
- 4.49.8. neremontuoti pačiam sugedusio elektros įrenginio, laidų, kištuko, kištukinio lizdo. Tai atlikti privalo darbuotojas, turintis reikiama kvalifikaciją.
- 4.49.9. Neišjungus staklių draudžiama:
- 4.49.9.1. įstatyti ir išimti detales;
- 4.49.9.2. įstatyti ir išimti peilius;
- 4.49.9.3. įstatyti ir nuimti apsaugas;
- 4.49.9.4. matuoti detales.
- 4.49.9.5. stabdyti stakles prispaudžiant rankomis.
- 4.50. Stakles valyti, reguliuoti galima tik išjungus elektros variklį ir visiškai sustojus besisukančioms dalims. Draudžiama stabdyti stakles prispaudžiant rankomis.

4.51. Draudžiama palikti dirbančias stakles be priežiūros. Pertraukų metu būtina jas išjungti.

4.52. Nedelsiant informuoti įmonės tiesioginį vadovą apie darbo metu gautas traumas, žymius sveikatos sutrikimus, apie pastebėtus gedimus, ar kitokius pavojų keliančius veiksnius.

V. DARBUOTOJO VEIKSMAI AVARINIAIS (YPATINGAIS) ATVEJAIS

5.1. Įvykus nelaimingam atsitikimui, būtina pranešti įmonės vadovui bei tiesioginiam vadovui, kreiptis į artimiausią gydymo įstaigą, o reikalui esant, iškviešti greitąją medicininę pagalbą ir iki tyrimo pradžios išsaugoti įvykio vietą tokią, kokia buvo nelaimingo atsitikimo metu, jei tai negresia kitų darbuotojų gyvybei.

5.2. Įvykus nelaimingam atsitikimui pakeliui į darbą arba iš jo, reikia pačiam arba per kitus asmenis pranešti įmonės tiesioginiam vadovui apie atsitikimą ir jo aplinkybes.

5.3. Kilus gaisrui, reikia iškviešti ugniagesius telefonu 01-TEO LT, 101-OMNITEL, 011-BITĖ GSM ir TELE 2 tinkle arba bendruoju pagalbos telefono numeriu - 112, išjungti visus įrenginius, išjungti elektros įtampą iš įvadinio skydo ar spintos, išjungti ventiliacijos sistemą, uždaryti ištraukiamosios ventiliacijos sklendės ventiliacijos kolektoriuose, turimomis pirminėmis gaisro gesinimo priemonėmis gesinti gaisrą, nedelsiant informuoti įmonės tiesioginį vadovą.

5.4. Kilus pavojui sveikatai arba gyvybei, išeiti iš pavojingos zonos. Darbuotojai privalo mokėti naudotis pirminėmis gaisro gesinimo priemonėmis.

VI. DARBUOTOJO VEIKSMAI BAIGUS DARBĄ

6.1. Sutvarkyti savo darbo vietą.

6.2. Nusiiimti apsaugines priemones, nusivilkti darbo rūbus ir pakabinti į jiems skirtą vietą.

6.3. Šiltu vandeniu su muilu nusiplauti rankas ir nusiprausti. Draudžiama plauti rankas skiedikliais.

LITERATŪRA

1. MARCINKEVIČIUS Andrejus Henrikas, MOKŠIN Vadim, JUREVIČIUS Mindaugas. Šiuolaikiniai skaitmeninio valdymo apdirbimo centrai ir jų programavimas. I dalis. Apdirbimo centrai: vadovėlis. Vilnius: Technika. 2010. 348 p. (1 dalis)
2. MOKŠIN Vadim, MARCINKEVIČIUS Andrejus Henrikas, JUREVIČIUS Mindaugas. Šiuolaikiniai skaitmeninio valdymo apdirbimo centrai ir jų programavimas. II dalis. Programavimas: vadovėlis. Vilnius: Technika. 2012. 596 p. (2 dalis)
3. SKAČKOVAS Vitalijus, SABALIAUSKAS Artūras. Frezavimo staklių darbo programavimas. Mokomoji knyga. Šiaulių Universitetas. Technologijos fakultetas. Mechanikos inžinerijos katedra. 2008. 87 p.
4. BRAŽIŪNAS Antanas Juozas. Mašinų gamybos technologijos pagrindai. Kaunas: Technologija. 2004. 520 p.
5. OSTAŠEVIČIUS Vytautas, DUNDULIS Romualdas. Technologiniai įrenginiai ir įrankiai. Vadovėlis aukštųjų mokyklų studentams. Kaunas: Technologija. 2004. 607 p.
6. KRANČIUKAS Ramutis. Užlaidų mechaniniam apdirbimui analitinis apskaičiavimas ir parinkimas. Mokomoji knyga. Kaunas: Technologija. 2009. 102 p.
7. BRAŽĖNAS A., MARKAUSKAS S. Pjovimo procesai ir įrankiai. Mokomoji knyga. Kaunas: Technologija. 2000.-124 p.
8. DILINGEN J., DOBLER H.-D., DOLL W. ESCHERICH W. and others. Metalltechnik Fachbildung. – Verlag Europa-Lehrmittel, nourney, Vollmer GmbH & CO. KG, Haan-Gruiten, 2008.- 480 p.

Informacija apie staklių ir įrankių gamintojus

1. www.dmgmoriseiki.com
2. www.mazak.com
3. www.coromant.sandvik.com
4. www.haascnc.com
5. www.fastems.com
6. www.ms24.lt
7. www.arunta.lt
8. www.fastems.lt
9. www.dmg.com