

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANIKOS INDŽINERIJOS KATEDRA

Artūras Varnas

**UŽLAIIDŲ SUDAROMŲJŲ ANALIZĖ IR TARPINIŲ
MATMENŲ SKAIČIAVIMAS**

MAGISTRO DARBAS

DARBO VADOVAS

Doc. J.Rimkus

Šiauliai 2005

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANINĖS TECHNOLOGIJOS KATEDRA

TVIRTINU:

Katedros vedėjas

Lekt. Z.Ramonas

**UŽLAIDŲ SUDAROMŲJŲ ANALIZĖ IR TARPINIŲ
MATMENŲ SKAIČIAVIMAS**

MAGISTRO DARBAS

MAGISTRANTAS **MM3 gr. stud.**

A.Varnas

DARBO VADOVAS **doc. J.Rimkus**

RECENZENTAS **Prof. J.Bareišis**

Šiauliai 2005

Master student A.Varnas
Scientific adviser J.Rimkus
Šiauliai University
Department of Mechanical Technology
2005 06 07 Šiauliai

SUMMARY

The method of counting allowances is created by prof. V.M. Kovan more than 40 years ago. Therefore today, when computers are using, the components of allowances it is possible to estimate more deeply and in that way the method of counting of allowances it is possible to make more accurate.

The elastic deformations of technological system which appear because of changing of machining material harness and the becoming used up by rubbing of machine tool are estimated in the counting in this case are allowances. How intermediate dimensions are counting in this case is shown.

TURINYS

SUMMARY	3
TURINYS.....	4
ĮVADAS	6
1. APDIRBIMO UŽLAIDOS.....	7
1.1. Apibrėžimai ir pagrindinės užlaidų sąvokos	7
1.2. Veiksmai, nuo kurių priklauso užlaida	8
1.3. Tarp operacinės užlaidos ir tolerancijos	12
1.4. Optimali užlaida	19
2. TECHNOLOGINIS SISTEMOS STANDUMAS IR TAMPRIOSIOS DEFORMACIJOS.....	21
2.1. Technologinės sistemos standumo skaičiavimas, vertinimas ir didinimas.....	22
2.2. Paklaidos dėl tampriųjų deformacijų ir jų mažinimas	26
3. UŽLAIDOS SUDAROMŲJŲ ANALIZĖ	29
3.1. Minimalios užlaidos skaičiavimas.....	29
3.2. Erdvinių paklaidų analizė	32
3.3. Nustatymo paklaidų įtaka užlaidos dydžiui.....	35
3.4. Tarpinių matmenų skaičiavimas	38
IŠVADOS	1
LITERATŪRA	2

PAVEIKSLAI

1. Bendra užlaidos schema.....	5
2. Ruošinio paviršiaus schema.....	6
3. Apdirbamųjų paviršių padėties erdviniai nuokrypiai bazinių paviršių atžvilgiu.....	8
4. Nustatymo paklaidos schema.....	9
5. Ruošinių su minimalia ir maksimalia užlaidomis apdirbimas.....	10
6. Užlaidų, tarpinių matmenų ir tolerancijos schema.....	12
7. Technologinės sistemos standumo apskaičiavimo schema, tekinant iltyse įtvirtintą veleną...19	
8. Technologinės sistemos standumo įtaka ruošinių partijos apdirbimo tikslumui.....	21
9. Technologinės sistemos standumo įtaka ruošinių partijos apdirbimo našumui.....	22
10. Tampraus poslinkio schema.....	24
11. Formos paklaidų, atsirandančių dėl sistemos nestandumo, pavyzdžiai.....	25
12. Matmens matavimas.....	26
13. Minimalių skaičiavimo užlaidų ir tarpinių matmenų schema.....	28
14. Veleno skerspjuvio formos paklaidos ir banguotumo įtaka užlaidos dydžiui.....	29
15. Plokštumų nelygiagretumo įtaka užlaidos dydžiui.....	30
16. Erdvinių paklaidų sumavimas.....	31
17. Bazavimo paklaidos įtaka į užlaidos dydį.....	33
18. Bazavimo paklaidų ir koordinatinių matmenų tolerancijos įtaka užlaidos dydžiui.....	33
19. Užlaidų sudaromosios ir tarpiniai matmenys.....	37

ĮVADAS

Temos aktualumas

Turbūt niekam nebereikia aiškinti kaip pastaraisiais 15 metų ištobulėjusi skaičiavimo technika, bei kompiuterių atsiradimo faktorius pakeitė gamybos technologijų sampratą. Išsiplėtusios automatizuoto projektavimo, bei automatizuotos gamybos galimybės, leidžia didinti produkcijos kiekius, gerinti kokybę ir mažinti savikainą.

Automatizuoto ir pakankamai tikslaus užlaidų skaičiavimo sferoje, yra pažengta dar pakankamai nedaug. Taip yra dėl vienos priežasties. Užlaidų skaičiavimai užima per daug laiko ir nėra pakankamai tikslūs. Projektuojant naują gaminį ir parenkant užlaidas dažniausiai taikoma metodika, yra naudoti bandomuosius gaminius, po kurių užlaidos yra koreguojamos ir tik tada pradeda normali gamyba. Jai mums pavyktų pakoreguoti jau esamas užlaidų skaičiavimo metodikas ir jas automatizuoti, bandomųjų gaminių būtų galima atsisakyti. To pasekoje smarkiai sumažėtų gamybos įdiegimo trukmė o tuo pačiu ir viso gaminio savikaina.

Darbo problema

Griežtėjant konkurencinėm sąlygom, bei augant gamybinių išteklių kainom, kaip jau žinome vienas svarbiausių gamybos uždavinių tapo - savikainos mažinimas. Tinkami patikslinti užlaidų skaičiavimai mums leis optimaliau rinktis užlaidas ir taip sutaupyti gamybinių išteklių lėšas. Be to užlaida gali įtakoti visa gamybinį procesą. Reikalingų operacijų ar perėjimų skaičių, įrankių sunaudojimą ir broko tikimybę. Kuo daugiau operacijų reikės užlaidai šalinti tuo ilgesnis ciklas bus detalei pagaminti, tuo didesnė bus jos savikaina.

Svarbu yra sukurti patikslintas užlaidų skaičiavimo metodikas. Šiuo metu naudojama prof. V.M.Kovano skaičiavimo metodika yra sukurta beveik prie 40 metų, kai dar nebuvo skaičiavimo mašinų. Užlaidų skaičiavimui panaudojus kompiuterio siūlomas galimybes, galėtume spręsti daug sudėtingesnius uždavinius įvertinančius daug daugiau faktorių lemiančių užlaidą.

Darbo objektas

Užlaidos sudaromųjų analizė.

Darbo tikslas

- Išanalizuoti esamą prof. V.M.Kovano pasiūlytą metodiką užlaidų skaičiavimui, rasti šios teorijos trūkumus bei pateikti pasiūlymus kaip galėtume šiuos trūkumus spręsti.
- Išanalizuoti medžiagos kietumo pasikeitimo įtaką užlaidos dydžiui bei apdirbimo paklaidoms.
- Išanalizuoti ar reikalinga įrankio nudilimo laipsnio dedamoji, skaičiuojant užlaidas.

1. APDIRBIMO UŽLAIDOS

1.1. Apibrėžimai ir pagrindinės užlaidų sąvokos

Užlaida yra vadinamas medžiagos sluoksnis [1], kurį reikia pašalinti nuo ruošinio, norint gauti nustatytas apdirbamo paviršiaus savybes. Apdirbamo paviršiaus savybės gali būti matmuo, forma, kietumas, šiurkštumas ir t.t. Nuėmus užlaidą [3], turi nelikti paruošimo ir tarpinių operacijų metu sugadintų medžiagos sluoksnių, neapdirbtų paviršių.

Užlaida, pašalinama atliekant vieną technologijos operaciją, yra vadinama operacijos užlaida. Operacijos užlaida ne visada pašalinama vienu kartu. Jeigu užlaida pašalinama viena technologijos pakopa, ji vadinama pakopos užlaida. O visų operacijų metu pašalinamų užlaidų suma sudaro bendrą užlaidą.

Užlaidos yra matuojamos apdirbamajam [3] paviršiui statmena kryptimi. Jos gali būti simetrinės ir nesimetrines. Jei iš abiejų ruošinio šonų pašalinamas vienodas medžiagos sluoksnis, tokia užlaida vadinama simetrine, o jei nevienodas, - nesimetrine. Užlaidos gali būti nurodomos vienam arba dviem šonams. Simetrinės sukimosi paviršių užlaidos dažnai nurodomos skersmeniui ir žymimos $2z$. Taip pat gali būti nurodomos ir žymimos simetrinės užlaidos dviem priešpriešiais esančioms plokštumoms:

$$2z = D_{\text{ruoš}} - D_{\text{det}}. \quad (1.1)$$

čia; z – bendroji užlaida vienam cilindrinio detalės paviršiaus šonui;

$D_{\text{ruoš}}$ - ruošinio skersmuo;

D_{det} - detalės skersmuo;

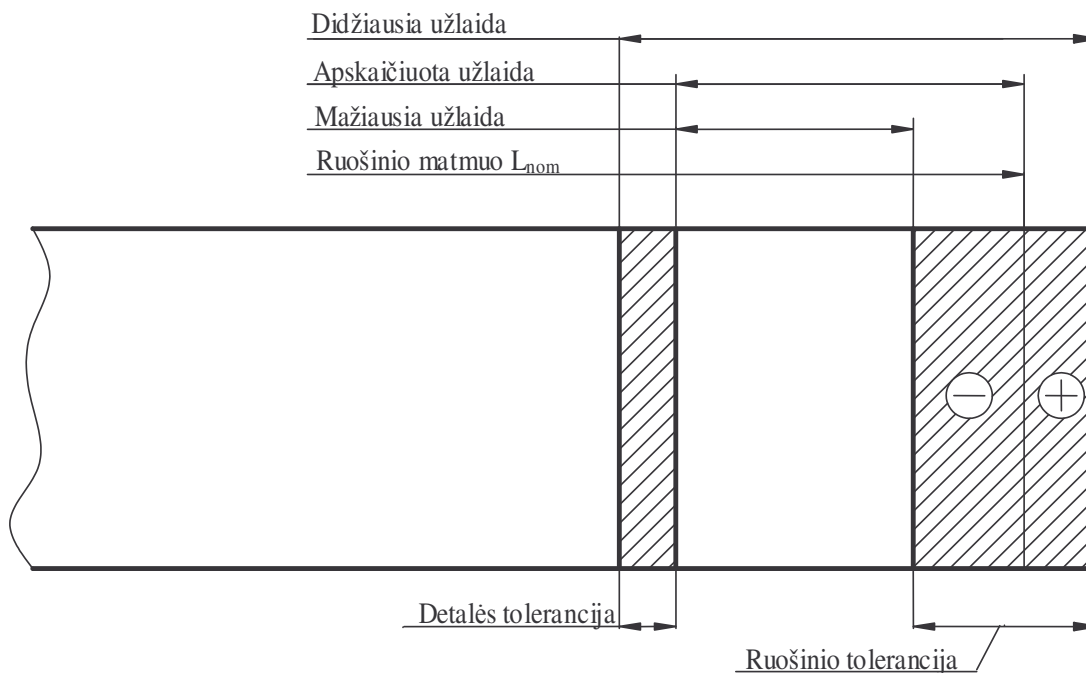
$$2z = \sum_{i=1}^n 2z_i. \quad (1.2)$$

čia; z_i - operacijos užlaida vienam cilindrinės detalės paviršiaus šonui;

n – operacijų skaičius.

Išorinių paviršių matmenų, gautų ankstesnėje ir vėlesnėje operacijoje, skirtumas yra teigiamas dydis, o vidinių – neigiamas.

Benda užlaidos schema parodyta 1.



1.1 pav. Bendra užlaidos schema

1.2. Veiksmai, nuo kurių priklauso užlaida

Užlaida priklauso nuo sugadinto detalės paviršiaus sluoksnio storio [2], t.y. nuo lietu ruošinių plutelės storio, valcuotų gaminių nuanglinto sluoksnio storio, paviršiaus nelygumų gylio, tuštumų, įtrūkimų ir kitų defektų, nuo neišvengiamų gamybinių ir technologinių paklaidų, priklausančių nuo ruošinio gamybos būdo, jo apdirbimo, staklių paklaidų ir kitų technologinių veiksnių.

Suminė paklaida – tai ruošinio paklaidų, atsirandančių atliekant atskiras technologines operacijas, visuma. Reikia numatyti užlaidą paklaidoms, atsirandančioms atliekant technologines operacijas, kompensuoti; ji turi būti tokio didumo, kad atlikus paskutinę operaciją, būtų gautas reikiamos kokybės ruošinys.

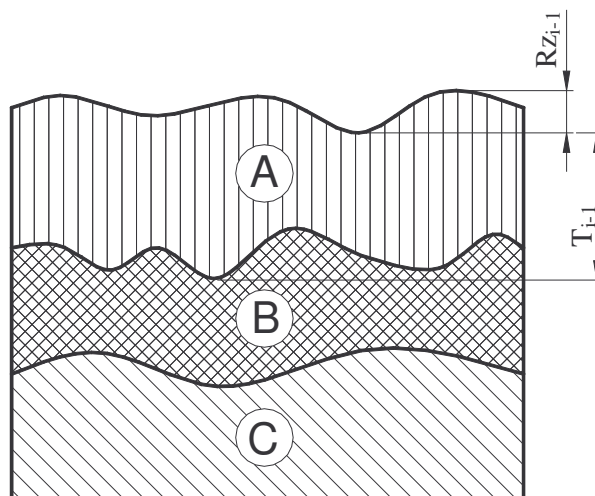
Gamybinės paklaidas sudaro matmenų nuokrypos, geometrinės formos ir tarpusavyje susijusių paviršių padėties nuokrypos, paviršiaus mikronelygumai, paviršiaus defektinio sluoksnio storis.

Paviršiaus geometrinės formos paklaidos (ovalumas, briaunuotumas, kūgiškumas, išgaubtumas, įgaubtumas ir kt.) neturi būti didesnis už matmens tolerancijos lauko dydį, numatytą leistinoms geometrinėms paklaidoms padengti.

Skaičiuojant užlaidas, atsižvelgiama į mikronelygumų, likusių po ankstesnio apdirbimo, aukštį $R_{z_{i-1}}$, nes kiekvienai technologinei operacijai būdingas tam tikras paviršiaus šiurkštumas. Paviršiaus defektinio sluoksnio storis priklauso nuo ruošinio gamybos būdo. Pilkojo ketaus liejinių defektinis paviršiaus sluoksnis yra perlitinė plutelė, pašalinama norint išsaugoti pjovimo įrankių, kuriais apdirbamas po plutele esantis sluoksnis, pjovimo savybes.

Valcuotų gaminių paviršiaus sluoksnį sudaro nuanglinta zona, mažinanti metalo stiprumo ribą. Pašalinus šį sluoksnį, padidėja apdirbamo ruošinio stiprumas. Be to valcuoto metalo paviršiaus sluoksnis yra dar ir sukietintas; kietumas mažėja nuo metalo paviršiaus link jo vidurio. Apdirbant tikslinga pašalinti ryškias deformuotas zonas t.y. viršutinę sukietinto sluoksnio dalį, kurioje paprastai pastebimi metalo struktūros pakitimai.

Ruošinio paviršiaus [1] sluoksnio schema parodyta 1.2 pav.



1.2 pav. Ruošinio paviršiaus schema: A - pašalinamoji paviršinio sluoksnio dalis; B - nešalinamoji paviršinio sluoksnio dalis; C - pagrindinė struktūra;

$R_{z_{i-1}}$ - mikronelygumų aukštis; T_{i-1} - šalinamo sluoksnio gylis (defektinis sluoksnis).

Tarpusavyje susijusių paviršių padėties nuokrypos (lygiagretumo ir ašių bei paviršių statmenumo nuokrypos, skylių ekscentriškumas, skylių ašių pasislinkimas) taip pat turi būti įvertinamos skaičiuojant užlaidas, bet šias nuokrypas reikia įvertinti atskirai, nes jos nesusijusios su paviršių matmenų paklaidomis.

Be išvardintų nuokrypų, apdirbant ruošinį atsiranda paviršiaus nustatymo paklaidos [2], kurioms kompensuoti reikia atitinkamai padidinti užlaidą. Vadinasi, mažiausia tarpoperacinė apdirbimo užlaida z_i^{\min} , kai ruošinio išorinis ribinis matmuo mažiausias ir kai vidinis ribinis matmuo didžiausias, apskaičiuojama iš formulės:

$$z_i^{\min} = R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{ni}; \quad (1.3)$$

$$2z_i^{\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}). \quad (1.4)$$

čia; $R_{z_{i-1}}$ - vidutinis mikronelygumų aukštis;

T_{i-1} - paviršiaus defektinio sluoksnio storis;

ρ_{i-1} - tarpusavyje susijusių paviršių erdvinių nuokrypų geometrinė suma;

ε_{ni} - nustatymo paklaida;

$i-1$ – indeksas, reiškiantis ankstesnę operaciją;

i – indeksas, reiškiantis atliekamą operaciją.

Iš (1.3) ir (1.4) formulių matome, kad į tarpoperacinę užlaidą įeina ankstesnės operacijos paklaidos ir atliekamos operacijos nustatymo paklaida.

Apdirbant plokščius paviršius, įskaitoma didžiausioji tarpusavyje susijusių paviršių padėties nuokrypa apdirbamo paviršiaus statmens kryptimi. Tada suminė ρ_{i-1} reikšmė randama kaip erdvinių nuokrypų vektorinė suma. Kai vektoriai ρ_1 ir ρ_2 vienodos krypties (kampas tarp jų lygus nuliui):

$$\rho_{i-1} = \rho_1 + \rho_2. \quad (1.5)$$

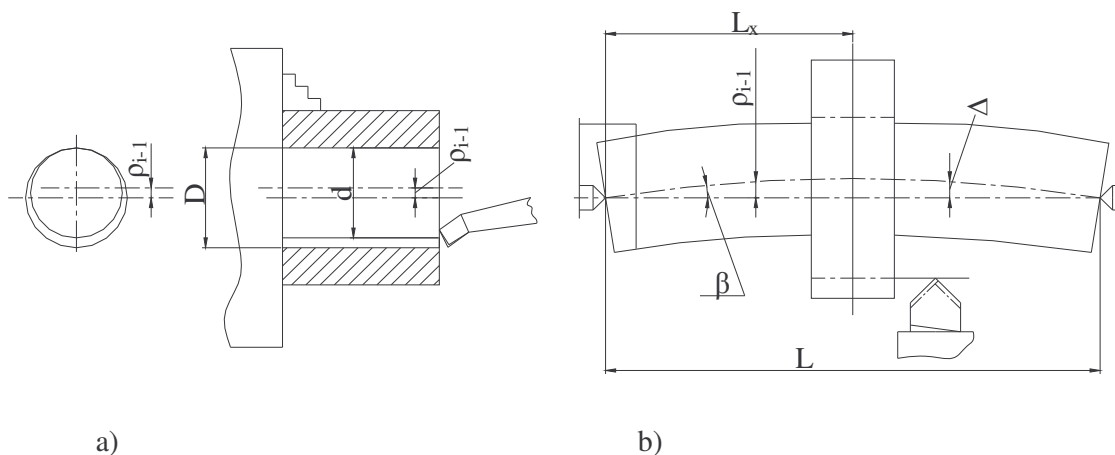
Kai vektorių kryptys priešingos (kai kampas 180°):

$$\rho_{i-1} = \rho_1 - \rho_2. \quad (1.6)$$

Apdirbant sukinių paviršius, įskaitomos suminės priklausomų paviršių nuokrypos, kurių vektoriai gali būti įvairių krypčių, todėl, kai negalima nustatyti jų krypties, reikia skaičiuoti pagal formulę:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2}. \quad (1.7)$$

Kad būtų aiškiau kalbant apie erdvines paklaidas [1] panagrinėkime kelis atskirus atvejus pavaizduotus (1.3 pav.).



a) 1.3 pav. Apdirbamųjų paviršių padėties erdviniai nuokrypiai bazinių paviršių atžvilgiu: a - skylės ištekimas išorinės cilindrinio paviršiaus atžvilgiu;
b - laipto ir ilčių linijos ašių nesutapimas

1.3 paveiksle, a, parodyta įvorės išorinio ir vidinio cilindrinio paviršių ašių nesutapimo ρ_{i-1} įtaka skylės ištekimo užlaidai. Išoriniu paviršiumi įvorė bazuojama trijų kumštelių centravimo griebtuve. Reikia ištekinti D skersmens skylę. ašių nesutapimą kompensuojanti užlaidos dalis skersmeniui yra $2\rho_{i-1}$. Jeigu ruošinio skylės skersmuo būtų apskaičiuojamas įvertinant tik tą vieną dedamąją, jis būtų lygus $d = D - \rho_{i-1}$.

Vidurinio laipto ašių nesutapimo su ilčių linija, atsiradusio dėl ruošinio įlinkio, įtaka to laipto tekimo užlaidai parodyta 1.03 pav., b. Norint kompensuoti tą įtaką, prie užlaidos reikia pridėti $2\rho_{i-1}$ dydį.

Erdviniai nuokrypiai atsiranda dėl ruošinių netikslumų, o išlieka dėl netikslumų paveldėjimo tolesnėse operacijose. Jos priklauso nuo pasirinktos bazavimo schemos.

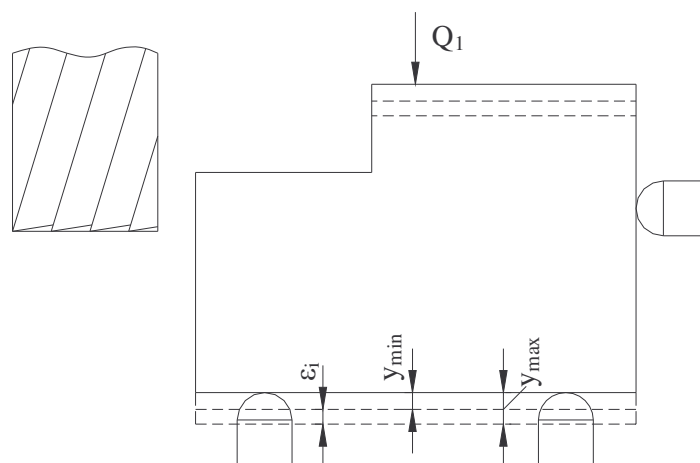
Nustatymo paklaida ε_i randama kaip bazavimo ir tvirtino paklaidų vektorinė suma [2]. Bazavimo paklaida nustatoma iš geometrinių ryšių, atsižvelgus į pasirinktą nustatymo schemą, o tvirtinimo paklaida – ir į užveržimo jėgą Q . Pavyzdžiui, tvirtinimo paklaida ε_i radialine kryptimi, apdirbant centruojančiame griebtuve įtvirtintas 80-100mm skersmens detales, sudaro: 0,5mm, apdirbant lietas smėlinėse formose, karštai valcuotas ir šampuotas detales; 0,12mm, apdirbant liejinius, pagamintus naudojant išlydomus modelius ir parengtinai apdirbtus paviršius; 0,06mm, apdirbant liejimo slegiant būdu lietus liejinius ir glotniai apdirbtus paviršius.

Jeigu ruošinių partija yra apdirbama automatinio matmenų gavimo būdu [1], įtvirtinus įtaise ir prispaudus jėga Q , kiekvieno ruošinio apdirbamasis paviršius atsidurs skirtingoje padėtyje, nes skirsis jų prispaudimo sąlygos. Dėl prispaudimo jėgos Q nevienodumo

ir dėl skirtingo ruošinio bazavimo paviršiaus kietumo vienas ruošinys bus labiau įspaustas į atramas ir atsidurs žemesnėje, o kitas - mažiau įspaustas - aukštesnėje padėtyje. Ruošinių poslinkis vertikalia kryptimi svyruos nuo Y_{\max} iki Y_{\min} . Tvirtinimo paklaida:

$$\varepsilon_i = Y_{\max} - Y_{\min} \quad (1.8)$$

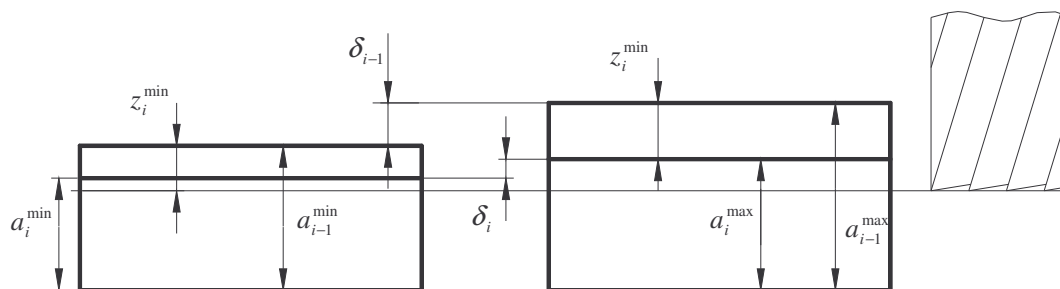
Tvirtinimo paklaidos susidarymo schema dėl kontaktinių deformacijų bazinio paviršiaus lietimosi su įtaiso atramomis vietose parodyta 1.4 paveiksle, ε_i turi būti mažesnė už norimo gauti matmens toleranciją. Jeigu taip nėra, reikia taikyti bandomųjų ėjimų metodą. Jeigu įtaisuose įtvirtinama pneumatiniiais, hidrauliniiais ar kitokiais mechanizuotais įrengimais ir prispaudimo jėga nedaug svyruoja, ε_i mažai teturi įtakos užlaidos dydžiui.



1.4pav. Nustatymo paklaidos schema

1.3. Tarp operacinės užlaidos ir tolerancijos

Apskaičiavus užlaidas, apskaičiuojami ruošinio matmenys, kurie turi būti gauti po kiekvienos pakopos ar operacijos. Paskutinės operacijos tolerancija turi būti lygi paviršiaus galutinio apdirbimo tolerancijai.



1.5. Ruošinių su minimalia ir maksimalia užlaidomis apdirbimas

Dirbant automatinio matmenų gavimo būdu ir vienu ėjimu nupjaunant užlaidą [1], dėl tampriųjų sistemos nuspaudimų atsiranda kopijavimo reiškiny. Dėl to, apdirbant mažiausio matmens ruošinį a_{i-1}^{\min} , esant mažiausiam pjovimo gyliui z_i^{\min} , įrankis nuo paviršiaus bus atstumiamas mažiausiai ir gausime mažiausią matmenį a_i^{\min} . Apdirbant didžiausią ruošinį, kurio matmuo yra a_{i-1}^{\max} , pjovimo gylis bus didžiausias ir veiks didžiausia įrankį nuo ruošinio stumianti jėga. Po apdirbimo gausime didžiausią matmenį a_i^{\max} .

Mažiausia tarpinė užlaida:

$$z_i^{\min} = a_{i-1}^{\min} - a_i^{\min}; \quad (1.9)$$

Didžiausia užlaida:

$$z_i^{\max} = a_{i-1}^{\max} - a_i^{\max}. \quad (1.10)$$

Kadangi $a_{i-1}^{\max} = a_{i-1}^{\min} + \delta_{i-1}$ ir $a_i^{\max} = a_i^{\min} + \delta_i$ šias vertes įrašę į (3,02), gausime:

$$z_i^{\max} = a_{i-1}^{\min} + \delta_{i-1} - a_i^{\min} - \delta_i = z_i^{\min} + \delta_{i-1} - \delta_i. \quad (1.11)$$

arba

$$z_i^{\max} - z_i^{\min} = \delta_{i-1} - \delta_i \quad (1.12)$$

(13) priklausomybė naudojama užlaidos skaičiavimo teisingumui patikrinti.

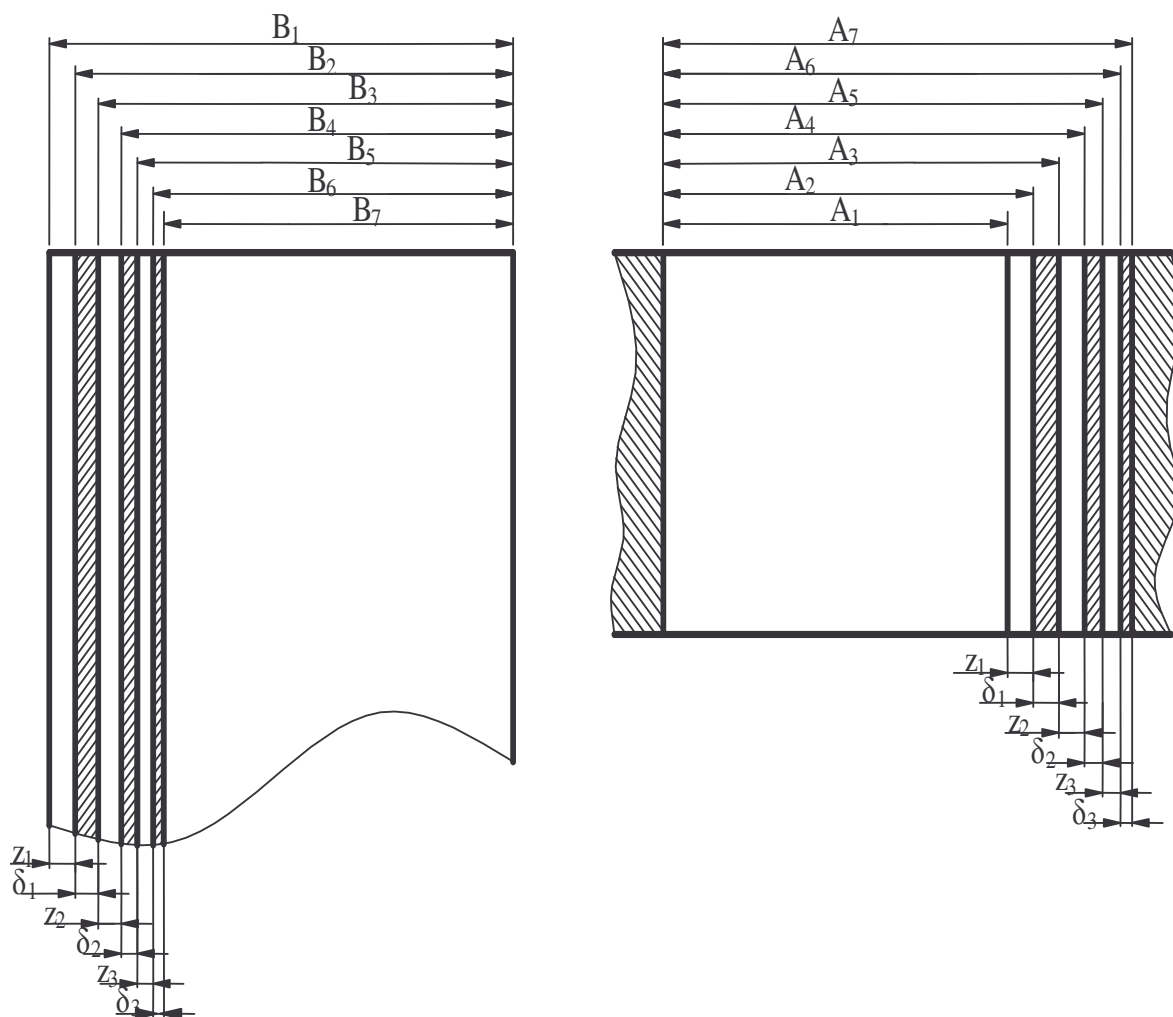
1.6 paveiksle parodytos tarpoperacinių užlaidų ir tolerancijos schemas [2], apdirbant veleno formos ruošinius (1.6., a, kuriame B_1 - ruošinio (veleno) matmuo; B_2 ir B_3 -

didžiausias ir mažiausias ruošinio ribinis matmuo po pirmosios operacijos; B_4 ir B_5 - tas pat po antrosios operacijos; B_6 ir B_7 - po trečiosios operacijos; z_1 ir δ_1 - tarpoperacinė užlaida ir tolerancija pirmajai operacijai; z_2 ir δ_2 - tas pat antrajai operacijai; z_3 ir δ_3 — trečiajai operacijai) ir skylės (42 pav., b, kuriame A_1 - skylės matmuo ruošinyje; A_2 ir A_3 - mažiausias ir didžiausias ribinis skylės matmuo po pirmosios operacijos; A_4 ir A_5 - tas pat po antrosios operacijos; A_6 ir A_7 — po trečiosios operacijos).

Bendroji užlaida parengiamajam ir glotniajam apdirbimui paskirstoma taip: ~60% bendrosios užlaidos skiriama parengiamajam apdirbimui ir 40% - glotniajam arba 45% parengiamajam, 30% pusiau glotniam ir 25% glotniajam apdirbimui.

Tarpoperacinės užlaidos ir apdirbamųjų paviršių ribiniai matmenys kiekvienoje operacijoje randami nustatyta tvarka: iš pradžių nustatomi baziniai atraminiai paviršiai apdirbimui ir technologinių operacijų atlikimo tvarka, o paskui - reikšmės R_{i-1} , T_{i-1} , ρ_{i-1} , ε_{n2} , δ_{i-1} , ir tik tada - skaičiuojamosios užlaidų reikšmės visoms operacijoms.

Išoriniams paviršiams iš pradžių randami apdirbamojo ruošinio skaičiuojamieji matmenys paskutinėje operacijoje, nustčius mažiausią ribinį detalės matmenį pagal brėžinį. Vidiniams paviršiams nustatomas didžiausias ribinis detalės matmuo pagal brėžinį. Paskui, norint nustatyti mažiausią skaičiuojamąjį ruošinio matmenį ankstesnėje operacijoje, prie mažiausio ribinio matmens (išorinių paviršių) pridedama tarpoperacinė užlaida, o iš didžiausio ribinio matmens (vidinių paviršių) atimama tarpoperacinė užlaida. Tokia pat tvarka nustatomi skaičiuojamieji matmenys visose technologinėse operacijose.



1.6 pav. Užlaidų, tarpinių matmenų ir tolerancijos schema

Didžiausias ribinis išorinis ruošinio matmuo randamas, susumavus toleranciją ir mažiausią ribinį matmenį, o mažiausias ribinis matmuo (vidinių paviršių), - atėmus toleranciją iš didžiausio ribinio matmens. Tada išorinių paviršių didžiausia tarpoperacinė užlaida $z_{tarp_{didz}}$ bus apskaičiuojama, paėmus didžiausių ribinių matmenų skirtumą, o mažiausia $z_{tarp_{maž}}$ – ankstesnės operacijos mažiausių ribinių matmenų skirtumą.

Vidinių paviršių ribinės tarpoperacinių užlaidų reikšmės nustatomos taip $z_{tarp_{maž}}$ - paėmus mažiausių ribinių matmenų skirtumą, o $z_{tarp_{didz}}$ - tos ir ankstesnės operacijos didžiausių ribinių matmenų skirtumą.

Paskui, susumavus tarpoperacines užlaidas, randama bendroji užlaida ruošinio apdirbimui (z_{0didz} ir $z_{0maž}$) ir patikrinama, lyginant užlaidų ir tolerancijų skirtumus pagal formulę:

$$z_{\text{tarp}_{\text{didž}}} - z_{\text{tarp}_{\text{maž}}} = \delta_r - \delta_d. \quad (1.13)$$

čia: δ_r – ruošinio tolerancija;
 δ_d – detalės tolerancija.

Tarpooperacinių užlaidų ribinių reikšmių skirtumas turi būti lygus tarpooperacinių tolerancijos skirtumui, o bendrųjų užlaidų skirtumas - brėžinyje nurodytų ruošinio ir detalės tolerancijos skirtumui.

Užlaidų skaičiavimo sąlygos priklauso nuo ruošinio tipo. Pavyzdžiui, apdirbant ruošinius iš kalibruoto ir karštai valcuoto plieno (strypelių), nustatius ruošinio mažiausią ribinį skaičiuojamąjį matmenį $D_r = D_d - 2z_0$, iš sortimento lentelių parenkamas artimiausias strypelio skersmuo D_s ; tada bendroji apdirbimo užlaida sudarys:

$$2z_0 = D_s - D_d. \quad (1.14)$$

čia $2z_0$ - bendra skaičiuojamoji apdirbimo užlaida (skersmens);
 D_d — mažiausias ribinis detalės matmuo brėžinyje.

Apdirbant laiptuotus velenus iš valcuoto metalo, ruošinio matmuo nustatomas tokiu pat būdu, bet didžiausias ribinis detalės matmuo brėžinyje imamas pagal didžiausio skersmens pakopą; tada kitoms pakopoms apdirbti reikia vadinamojo užleidimo. Jeigu užleidimo negalima nuimti viena darbine eiga, tai pirmąją darbine eiga pašalinama 60% užleidimo, o antrąją - 40%. Toliau pakopos apdirbamos be užleidimo ir užlaidos nustatomos įprasta tvarka.

Skaičiuojant štampuotų ruošinių užlaidas, reikia įskaityti suprastinančius ruošinio formą užleidimus (įgilinimus, perėjimus, iškyšas ir t. t.), štam pavimo nuolydžius ir suapvalinimo spindulius. Štampuotų ruošinių apdirbimo užlaidos, įskaitant suapvalinimų spindulius, nustatomos pagal tokią formulę:

$$r_d + z_{0\text{maž}} - H_d + H_r \geq r_r; \quad (1.15)$$

čia: r_d - gatavos detalės suapvalinimo spindulys;
 r_r - ruošinio suapvalinimo spindulys;
 $z_{0\text{maž}}$ - mažiausia apdirbimo užlaida;
 H_d - gatavos detalės matmens apatinė nuokrypa;

H_r - ruošinio apatinė nuokrypa.

Skaičiuojant lietu ruošinių užlaidas, įskaitomi reikiami užleidimai, suprastinantys ruošinio formą, formavimo nuolydžiai, liejimo suapvalinimų spinduliai ir sudaromi perėjimai, keičiantis liejinio skersmeniui. Be to, numatomos papildomos užlaidos paviršiams, esantiems viršutinėje liejinio dalyje. Skaičiuojant užlaidas, įvertinamas ir lietu ruošinių persimetimas bei sudarančių skylės ir vidinius paviršius gurgučių pasislinkimas. Užlaida, kompensuojanti lietinio ruošinio persimetimą, nustatoma atsižvelgiant į liejinio konstrukcijos standumą. Ši užlaida dažniausiai pašalinama rupiai apdirbant, bet tada dėl ruošinių medžiagos liekamųjų vidinių įtempimų atsiranda paklaidos. Todėl, skaičiuojant užlaidas išbaigimo operacijoms, šios paklaidos įvertinamos iki 0,3 mm vienam metrui lieto ruošinio ilgio.

Nustatant užlaidas lietinių ruošinių skylėms apdirbti, reikia įvertinti ir skylės ašies pasislinkimą tarpusavyje susijusių paviršių atžvilgiu. Nustatant ruošinį staklėse pagal neapdirbtą skylę, skylės ašies pasislinkimas įvertinamas apdirbamojo paviršiaus užlaidoje, o apdirbant šią skylę nuo atraminio paviršiaus - užlaidoje skylės apdirbimui.

Žinynų duomenys užlaidoms skaičiuoti paprastai nurodomi pagal mašinų gamybos šakas normatyvinėse lentelėse, įvertinant apdirbimo būdus, ruošinio tipą, reikiamą tikslumą ir kitus gamybinius ir technologinius veiksnius. Šie žinynų duomenys periodiškai peržiūrimi, vystantis technikai ir kylant gamybos technologijos lygiui.

Apibendrinant užlaidų skaičiavimo metodiką [1], išskirkime keletą esminių užlaidų skaičiavimo tvarkos punktų:

1. Vadovaujantis detalės brėžiniu ir mechaninio apdirbimo technologine kortele, i lentelę surašomi apdirbami paviršiai ir jų apdirbimo pakopos, pradedant ruošiniu ir baigiant galutiniu apdirbimu (žr. priedus nr.1).
2. Užrašomos R_z , h , ρ , ε ir T vertės.
3. Apskaičiuojamos visų technologijos pakopų minimalios užlaidos $z_{i\min}$.
4. Paskutinei pakopai į grafą „Apskaičiuotas minimalus matmuo“ įrašomas mažiausias (didžiausias - jei apdirbama skylė) ribinis detalės matmuo pagal brėžinį.
5. Apskaičiuojamas priešpaskutinės pakopos matmuo, pridedant užlaidą $z_{i\min}$ prie mažiausio ribinio detalės matmens pagal brėžinį (jei apdirbama skylė, - iš didžiausio ribinio matmens pagal brėžinį atimant užlaidą $z_{i\min}$).
6. Apskaičiuojami kiekvienos ankstesnės pakopos matmenys, pridedant prie skaičiuojamojo matmens (atimant iš skaičiuojamojo matmens) tolesnės pakopos

apskaičiuotą užlaidą.

7. Surašomi visų technologijos pakopų ribiniai mažiausi (didžiausi) matmenys, suapvalinant jų vertes iki tiek ženklų po kablelio, kiek jų turi kiekvienos pakopos tolerancija.
8. Apskaičiuojami didžiausi (mažiausi) ribiniai matmenys, pridėdant toleranciją prie mažiausio suapvalinto ribinio matmens (atimant toleranciją iš didžiausio suapvalinto ribinio matmens).
9. Užrašomos ribinės užlaidų z_{\max} vertės, gautos kaip didžiausių (mažiausių) ribinių verčių skirtumas, z_{\min} kaip mažiausių (didžiausių) ankstesniosios ir atliekamosios (atliekamosios ir ankstesniosios) pakopų ribinių verčių skirtumas.
10. Sumuojant tarpines užlaidas, apskaičiuojamos bendrosios užlaidos $z_{0\max}$ ir $z_{0\min}$
11. Skaičiavimams patikrinti naudojamos formulės:

$$z_{i\max} - z_{i\min} = \delta_{i-1} - \delta_i; \quad (1.16)$$

$$2z_{i\max} - 2z_{i\min} = \delta_{Di-1} - \delta_{Di}; \quad (1.17)$$

$$z_{0\max} - z_{0\min} = \delta_{ruoš} - \delta_{det}; \quad (1.18)$$

$$2z_{0\max} - 2z_{0\min} = \delta_{Druoš} - \delta_{Ddet}. \quad (1.19)$$

Paskutinės apdirbimo pakopos tolerancija ir mikronelygumų aukštis imami iš detalės brėžinio, patikrinant žinyuose, ar juos galima pasiekti pasirinktuju technologijos būdu. Ruošinyje po rūpiojo ir pusglotnio apdirbimo, taip pat ir po šiluminio apdorojimo, jei anksčiau jų ir nebuvo, būtina įvertinti erdvinius nuokrypius. Po glotniojo ir baigiamojo apdirbimo jos tiek sumažinamos, kad tampa nereikšmingos.

Pildant skaičiavimo lentelę, išorinius ir vidinius paviršius rekomenduojama sugrupuoti ir surašyti atskiromis grupėmis. Užlaidos reikalingos įvairiems technologiniams skaičiavimams. Didžiausia pjovimo jėga, staklių galia, ruošinio įtvirtinimo įtaise jėga apskaičiuojamos pagal didžiausią užlaidą. Pjovimo įrankio patvarumas, skaičiuojant režimus, vertinamas pagal vidutinę užlaidą.

Išnagrinėtas užlaidų ir tarpinių matmenų apskaičiavimo būdas taikomas masinėje stambiųjų ir vidutinių serijų gamyboje. Jis taip pat rekomenduojamas sunkiųjų mašinų gamybai, net ir

pavienėms detalėms gaminti. Stambių detalių apdirbimas trunka ilgai, joms reikia daug metalo, dėl to, žinant tikslesnes užlaidas, galima sumažinti darbo imlumą ir metalo sąnaudas.

Skaičiuojant užlaidas pavienėms detalėms, įvertinama jų apdirbimo specifika. Nustatymo paklaida Čia dažnai būna ruošinio padėties staklėse išlyginimo paklaida, priklausanti nuo padėties išlyginimo būdo. Erdvinės pavienių laisvuojų kalimų kaltų ruošinių nuokrypiai būna įlinkis, velenų laiptų ašių nesutapimas, diskų išorinio paviršiaus ir skylės ašių nesutapimas. Liejinių erdviniai nuokrypiai dažnai atsiranda dėl gurgučių, pagal kuriuos išliejamos skylės ir vidinės ertmės, poslinkių.

Kartais tenka apdirbti surinktus junginius, pavyzdžiui, ištekinti iš dalių sujungtus reduktorių korpusus, vidaus degimo variklių švaistiklius. Skaičiuojant užlaidas surinktų detalių operacijoms, reikia įvertinti galimus jų poslinkius viena kitos atžvilgiu renkant. Dėl tokių poslinkių padidėja bendrojo apdirbimo užlaida.

1.4. Optimali užlaida

Užlaidų dydis turi svarbią reikšmę projektuojamam technologijos procesui. Jeigu užlaida yra per didelė, detalei pagaminti sunaudojama daug medžiagos [1], daromos papildomos technologijos pakopos, papildomai gaišamas laikas, eikvojama energija, dyla pjovimo įrankiai. Todėl padidėja detalės savikaina. Jeigu paviršinis ruošinio sluoksniu yra atsparus dilimui, negerai, kai dėl per didelės užlaidos jis yra pašalinimas. Kita vertus, užlaida negali būti per daug maža, nes jos gali neužtekti ruošinio ar ankstesnio apdirbimo paklaidoms ištaisyti, netinkamam paviršiaus sluoksniui pašalinti ir reikiamam mikronelygumų aukščiui gauti. Dėl mažos užlaidos gali susidaryti netinkamos pjovimo įrankio darbo sąlygos, jam pjaunant liejimo plutą sukietintą sluoksnį. Per maža užlaida gali būti broko priežastis. Didelės užlaidos pasitaiko vienetinėje gamyboje, kai apdirbami netikslūs ruošiniai [3]. Formuluoti technologinį procesą tiksliam ruošiniui gauti vienetinėje gamyboje ne visada ekonomiškai apsimoka, tuo tarpu stambiaserijinėje ar masinėje gamyboje įdėti didesni kaštai ruošinio gavimui turi didelės įtakos savikainai dėl aukščiau išvardytų priežasčių.

Šios priežastys verčia siekti optimalių užlaidų. Optimalios užlaidos nustatymas siejamas su ruošinio matmenų ir tarpinių ruošinio apdirbimo matmenų ir tolerancijų nustatymu. Ruošinys turi būti kaip galima tikslesnis, ypač jeigu toliau jį numatoma apdirbti automatinio matmenų gavimo būdu, nes netikslų ruošinį sunku tvirtinti įtaisuose ir pasiekti reikiamą apdirbimo tikslumą. Štampams, presformoms, modeliams, gurgdėžėms, įtaisams, specialiems pjovimo bei matavimo įrankiams konstruoti ir įrengimams derinti reikia žinoti ir ruošinio matmenis, ir

tarpinius matmenis, gautus po vienos ar kelių operacijų. Turint optimalias užlaidas, galima teisingai apskaičiuoti ruošinių masę, pjovimo režimus, normuoti.

Užlaidos gali parenkamos iš lentelių arba apskaičiuojamos sumuojant į jas įeinančius elementus. Tarpinius matmenis, toleranciją patogiau apskaičiuoti naudojantis matmeninės analizės metodika.

2. TECHNOLOGINIS SISTEMOS STANDUMAS IR TAMPRIOSIOS DEFORMACIJOS

Mechaninio apdirbimo metu metalo pjovimo staklės, ruošinys, įtaisas jam įtvirtinti, pjovimo įrankis ir kiti apdirbimui reikalingi įrankiai sudaro tamprią sistemą, vadinamą technologine sistema.

Technologinės sistemos standumu [1] suprantame pjovimo jėgos dedamosios P_y santykį su įrankio pjaunančiosios briaunos poslinkiu apdirbamojo paviršiaus normalės kryptimi:

$$J = \frac{P_y}{y} \quad (2.1)$$

Kartais šis dydis vadinamas standumo koeficientu, kadangi čia įvertinama tik viena pjovimo jėgos dedamoji P_y .

Technologinės sistemos standumas įvertina jos gebėjimą priešintis reliatyviam įrankio pjaunančiųjų briaunų poslinkiui, veikiant pjovimo jėgai.

Nagrinėjant technologinės sistemos standumą, technologą daugiausia domina tos deformacijos, kurios turi įtakos apdirbimo tikslumui. Tuo atžvilgiu didžiausią reikšmę turi deformacijos apdirbamojo paviršiaus normalės kryptimi, t.y. ašies Y kryptimi, kurios yra sukeltos pjovimo jėgos dedamosios P_y . Deformacijos kitomis (z ir x ašių) kryptimis tikslumui didesnės įtakos neturi ir dažniausiai į jas galima nekreipti dėmesio. Tačiau kai kada būtina įvertinti ir pjovimo jėgos dedamąsias P_x ir P_z . Pavyzdžiui, tekinant disko pavidalo ruošinio galinį paviršių P_x , dedamoji turės nemažą įtaką. Jeigu reikia įvertinti kelių pjovimo jėgos dedamųjų sukeltus poslinkius, tie poslinkiai randami atskirai, o paskui sumuojami.

Technologinę sistemą apdirbimo metu veikianti pjovimo jėga yra nepastovi. Dažniausiai pjovimo jėga svyruoja iki 10% jos nominalaus dydžio. Tas svyravimas būna didesnis rupiojo apdirbimo metu, ypač esant nevienodai užlaidai, ir mažesnis - glotniai apdirbant, kai užlaida yra vienedesnė.

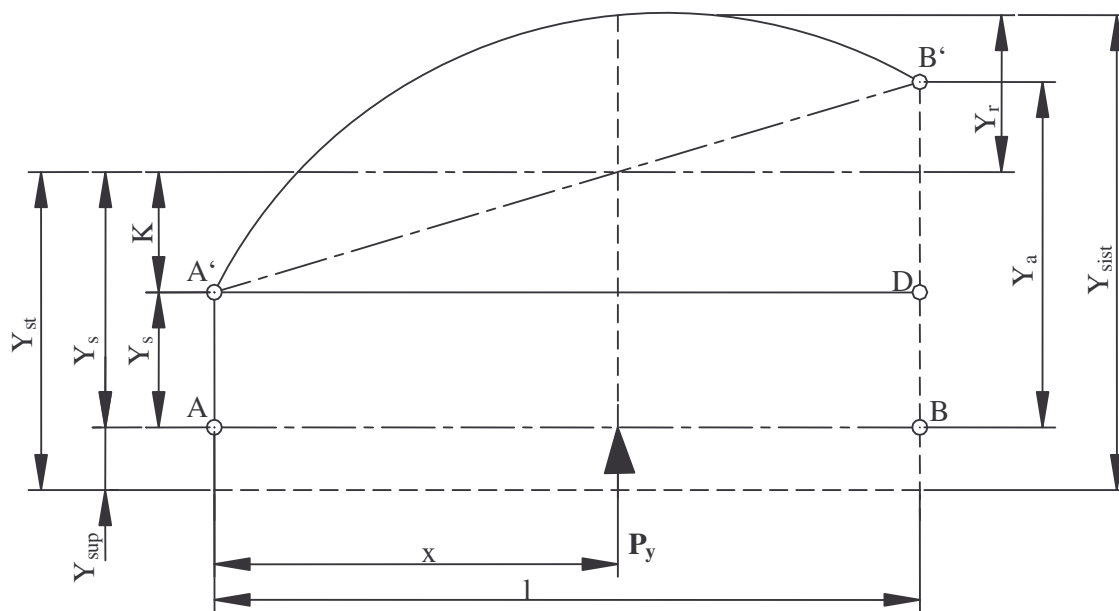
Metalo pjovimo staklių suportų, stalų, rogių standumas nepriklauso nuo pjovimo režimų ir yra pastovus. Išimtį sudaro staklių suklių mazgai. Pavyzdžiui, tekinimo staklių suklio apsukimams didėjant nuo 0 iki 1200 aps./min., suklio mazgo standumas padidėja iki 25%. Panašus reiškinys pastebimas apvaliojo ir becentrio šlifavimo staklėse. Tai galima iš dalies paaiškinti besisukančių masių giroskopiniu reiškiniu, o iš dalies - dideliu tepalo sluoksnio

guoliuose pasipriešinimu radikaliajam suklio kakliuko perstūmimui. Dėl to suklio standumą patariama matuoti, kai jis sukasi darbiniais sūkais. Jeigu suklio sukimosi dažnis nedidelis (mažiau kaip 500 aps./min.), į standumo pokytį sukantis galima nekreipti dėmesio.

Nustatant įvairių staklių mazgų standumą, reikia nurodyti, kurioje vietoje ir kuria kryptimi jis matuojamas, nes, matuojant įvairiose vietose ir įvairiomis kryptimis, rezultatai gaunami skirtingi.

Į technologinę sistemą, kaip buvo sakyta anksčiau, įeina staklės, ruošinys, įtaisas, įrankis. Visos sistemos standumas nustatomas sumuojant jos sudėtinių dalių standumus. Staklėms veikiant, įrankis juda ir įvairių sistemos dalių įtaka suminiam poveikiui keičiasi. Nevienodas yra ir ruošinio standumas įvairiose jo vietose. Todėl technologinės sistemos standumas kinta. Dėl to, taip pat dėl pjovimo jėgos svyravimo gaunamos detalės apdirbimo paklaidos.

2.1. Technologinės sistemos standumo skaičiavimas, vertinimas ir didinimas



2.1 pav. Technologinės sistemos standumo apskaičiavimo schema, tekinant iltyste įtvirtintą veleną

Panagrinėkime technologinės sistemos - tekinimo staklių, įtaiso, ruošinio, pjovimo įrankio standumo įtaką tekinamo veleno, įstatyto iltyste, tikslumui. 2.1 pav. parodytoje schemoje linija AB vaizduoja velenėlio ašį prieš pradėdant darbą. Taškas A yra suklio ašyje, taškas B - arkliuko ašyje. Tekinant nagrinėjamu momentu, peilio viršūnė yra taške C, nutolusiame nuo suklio atstumu x , o matmuo l žymi atstumą nuo suklio iki arkliuko. Peilis veikia ruošinį, o per jį

ir visą sistemą jėga P_y - pjovimo jėgos dedamąja, nukreipta statmenai apdirbamajam veleniui. Tos jėgos veikiamas suklio taškas A pasislinks į tašką A_1 atstumu Y_s . Arkliuko taškas pasislinks į padėtį B_1 , atstumu Y_a . Ruošinys pjūvyje x išlinks dydžiu Y_r . Suportas, veikiamas jėgos P_y , pasislinks dydžiu Y_{sup} į priešingą pusę. Mūsų nagrinėjamoje padėtyje - atstumu x nuo suklio taško A - suklio ir arkliuko ašis pasislinks dydžiu Y_x

Turėdami duomenis apie ruošinio ir staklių standumą arba santykinę poslinki [3], galime rasti suminę sistemos santykinę deformaciją arba absoliutinį sistemos poslinkį:

$$W_{sist} = W_{st} + W_{ruoš} \quad (2.2)$$

$$Y_{sist} = Y_{st} + Y_{ruoš} \quad (2.3)$$

Ruošinio paslankumas:

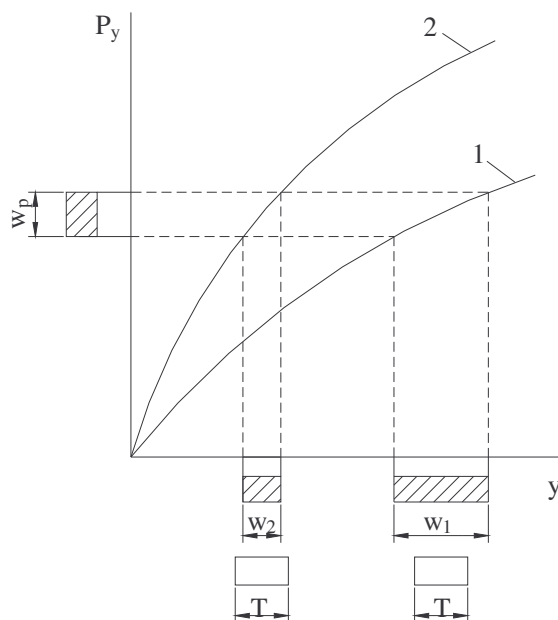
$$W_r = \frac{Y_r}{P_y} = \frac{1}{3EJ} \frac{(l-x)^2 x^2}{l}. \quad (2.4)$$

Visos technologinės sistemos paslankumas susidės iš staklių ir ruošinio paslankumo:

$$W_{st} = W_{sup} + W_s \left(\frac{l-x}{l} \right)^2 + W_a \left(\frac{x}{l} \right)^2 + \frac{1}{3EJ} \frac{(l-x)^2 x^2}{l}. \quad (2.5)$$

Iš gautos lygybės matome, kad, tekinant velenėlį, įtvirtintą iltyse, technologinės sistemos paslankumas (arba standumas) keičiasi, įrankiui judant išilgai ruošinio. Tai rodo kintamasis dydis x , įeinantis į (2.5) lygybę. Vadinasi, keisis ir įrankio pjaunančiosios briaunos padėtis apdirbamojo paviršiaus atžvilgiu, gausime didesnes arba mažesnes veleno paklaidas.

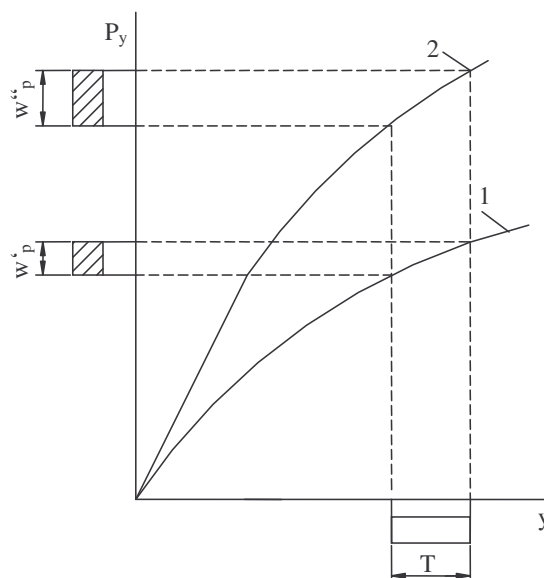
Jeigu ruošinys yra nestandus, tada paskutinis (2.5) lygybės narys būna palyginti didelis. Apdirbto ruošinio paviršius būna statinės pavidalo. Jeigu ruošinys standus, o staklės nestandžios, aptekinto veleno vidurys būna mažesnio skersmens negu jo galai - gaunama vadinamoji korseto forma. Kai suklio mazgas standus, o arkliuko nestandus, vienas veleno galas būna storesnis.



2.2 pav. Technologinės sistemos standumo įtaka ruošinių partijos apdirbimo tikslumui

Matome, kad technologinės sistemos standumas turi didelę reikšmę apdirbamosios detalės tikslumui [1]. 2.2 pav. parodytas grafikas, kuriame ordinačių ašyje atidėta pjovimo jėgos dedamoji P_y , o abscisėje - įrankio pjovimo briaunos poslinkiai y . Kreivės 1 ir 2 vaizduoja dviejų technologinių sistemų standumus: 1 -nelabai standžią, 2 - standesnę. Parinkus tinkamus našius režimus, pjovimo jėgos dedamoji P_y svyruos dydžiu w_p . Jeigu technologinės sistemos standumas bus toks, kokį vaizduoja kreivė 1, peilio briaunų padėtis apdirbamojo paviršiaus atžvilgiu keisis dėl jėgos svyravimo ir, apdirbę ruošinių partiją, gausime matmenų sklaidos lauką w_1 . Šis sklaidos laukas bus didesnis už tolerancijos lauką T , skirtą paklaidoms dėl sistemos paslankumo kompensuoti. Jeigu technologinė sistema būtų standesnė, pvz., tokia, kokią vaizduoja kreivė 2, tai tokiais pat našiais ir ekonomiškais režimais apdirbtos ruošinių partijos matmenų sklaidos laukas w_2 bus siauresnis ir tilps į tolerancijos lauką T . Matome, kad, didinant technologinės sistemos standumą, galima padidinti apdirbimo tikslumą.

2.3 pav. koordinatėse $P_y - y$ parodytos dvi kreivės, vaizduojančios dviejų skirtingų technologinių sistemų standumus. Norint išlaikyti toleranciją T , esant sistemos standumui, kurį rodo kreivė 1, pjovimo jėga turi svyruoti nedaug ir neišeiti už sklaidos lauko w_p ribų. Dėl to tektų dirbti nenašiais režimais, pavyzdžiui, mažinti pjovimo gylį ir didinti darbo eigų skaičių. Norint dirbti našiais režimais ir išlaikyti tą pačią toleranciją T , reikėtų, kad technologinė sistema būtų standesnė, pavyzdžiui, tokia, kokią vaizduoja kreivė 2. Matome, kad, didinant standumą, galima padidinti ne tik tikslumą, bet ir darbo našumą.



2.3 pav. Technologinės sistemos standumo įtaka ruošinių partijos apdirbimo našumui

Technologinės sistemos standumas turi įtakos ir sistemos virpesiams. Jeigu detalių susijungimuose yra tarpelių, detalių bazavimas tampa neapibrėžtas, detalių, veikiamų kintamų pjovimo jėgų, padėtis yra nepastovi. Kai sistema standi, savųjų virpesių dažnis būna didesnis, amplitudė mažesnė, o tai teigiamai veikia pjovimo procesą ir apdirbtojo paviršiaus kokybę. Esant mažam dažniui ir didelei amplitudei, apdirbtasis paviršius būna šiurkštus, įrankio darbo sąlygos blogos, dėl to kartais jis gali ir lūžti.

Kadangi technologinės sistemos standumas yra labai svarbus veiksnys, siekiant geros apdirbimo kokybės ir didelio darbo našumo, reikia stengtis jį didinti. Svarbiausi didinimo būdai yra tokie:

- 1) Detalių skaičiaus junginiuose mažinimas, matmenų grandinių trumpinimas, sujungimų skaičiaus mažinimas. Tai galima pasiekti konstruojant naujas stakles arba turimoms staklėms naudojant racionalios konstrukcijos įtaisus;
- 2) sujungimų įveržimas;
- 3) sujungimų kontaktinio standumo padidinimas, gaminant mašiną ir eksploatacijos metu reguliuojant bei parenkant tinkamą tepalą ir kt.;
- 4) technologinės sistemos detalių standumo, taip pat ir apdirbamojo ruošinio standumo padidinimas;
- 5) sistemos temperatūros stabilizavimas. Tuo tikslu prieš tikslųjį apdirbimą technologinė sistema iššildoma, staklėms dirbant be apkrovos. Taip siekiama pastovaus ir kiek galima didesnio standumo.

2.2. Paklaidos dėl tampriųjų deformacijų ir jų mažinimas

Standumo paklaidos ΔY pastovumas, apdirbant kelių partijų detales, priklauso nuo pačios sistemos standumo kitimo ir nuo pjovimo jėgos P_Y kitimo:

$$\Delta y = y_{\max} - y_{\min} = P_{y_{\max}} W_{\max} - P_{y_{\min}} W_{\min} . \quad (2.6)$$

Jei laikysime [3], kad, apdirbant vieną partiją, standumas yra pastovus, paklaida dėl nestandumo priklausys tik nuo pjovimo jėgos kitimo. Apdirbant kelias tų pačių detalių partijas, ribines plovimo jėgų reikšmes galime išreikšti pjovimo jėgai skaičiuoti taikoma formule:

$$P_y = C_y s^y HB^n t^x . \quad (2.7)$$

Iš šios formulės matome, kad pjovimo jėgos kitimas priklauso nuo C_y , t.y. nuo medžiagos savybių (jos kokybės), nuo jos kietumo HB ir nuo pjovimo gylio, t.y. nuo užlaidos didumo ir ypač nuo jos kitimo.

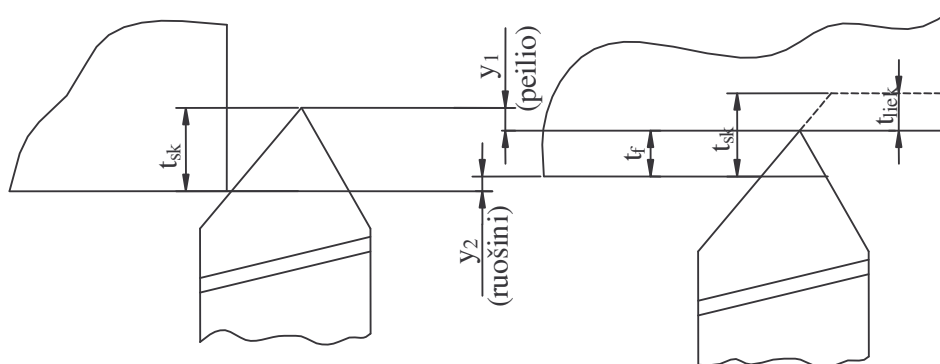
Kai HB_{\max} ir HB_{\min} yra ribinės techninėse sąlygose nurodytos metalo kietumo reikšmės, apdirbdami vieną detalių partiją į šį kietumo svyravimą galime nekreipti dėmesio ir paimti vidutinę jo reikšmę. Tačiau, apdirbant kelias partijas, į šį svyravimą reikia atsižvelgti. Tada ribinės pjovimo jėgos reikšmės bus tokios:

$$P_{y_{\max}} = C_{y_{\max}} s^y HB_{\max}^n t_{\max}^x ; \quad (2.8)$$

$$P_{y_{\min}} = C_{y_{\min}} s^y HB_{\min}^n t_{\min}^x . \quad (2.9)$$

Medžiagos kokybė, ypač kokybės nepastovumas, turi didelę įtaką, pjovimo jėgų didumui ir jų svyravimui. Keičiantis kietumui arba σ_B , pjovimo jėgos taip pat keičiasi. Dėl to, norint sumažinti pjovimo jėgų svyravimą, reikia suvienodinti apdirbamos medžiagos kietumą. Praktiškai elgiamasi taip: sumažinamos leistinos metalo kietumo tolerancijos; ruošiniai apdirbami termiškai arba surūšiuojami sandėlyje pagal kietumą; prieš pradėdant apdirbti kitokio kietumo medžiagą, per-derinamos staklės.

Apdirbimo užlaida, ypač užlaidos svyravimas, yra vienas iš pagrindinių veiksnių, turinčių įtakos pjovimo jėgų kitimui ir dinaminės paklaidos didumui. Dėl užlaidos nuokrypų atsiranda visos detalių partijos ir pavienių detalių matmenų bei formos pakitimų.



2.4 pav. Tampraus poslinkio schema:
a – padėtis statinėje būklėje; b - pjovimo gylio pasikeitimas darbo metu

Kuo smarkiau svyruoja Užlaida, tuo didesnė matmenų sklaida detalių partijoje. Pavyzdžiui, tekinama detalė (2.4 pav.) tampriai pasislenka dydžiu y_2 , o įrankis y_1 . Taigi pasikeičia derinant nustatyta staklių ir įrankio padėtis. Dėl to skaičiuotasis plovimo gylis t_{liek} sumažėja iki faktinio dydžio t_f . Atskiruose apdirbamo ruošinio pjūviuose gaunama liekamoji apdirbimo paklaida (nenuimta užlaidos dalis, neįskaitant įrankio dilimo) t_{liek} .

$$\Delta y = t_{liek} = t_{sk} - t_f = y_1 + y_2; \quad (2.10)$$

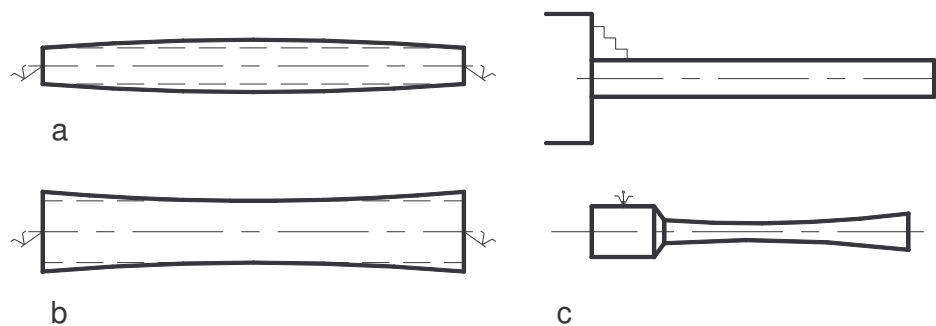
$$y_1 = \frac{P_y}{j_{ir}}; \quad y_2 = \frac{P_y}{j_{ruoš}}$$

čia $j_{ruoš}$ – ruošinio-įtaiso-staklių mazgo sistemos standumas; j_{ir} – įrankio įtaiso sistemos standumas; P_y - radialinė pjovimo jėgos dedamoji.

$$t_{liek} = p_y \left(\frac{1}{j_{ruoš}} + \frac{1}{j_{ir}} \right) = p_y (W_{ruoš} + W_{ir}) \quad (2.11)$$

Esant pastoviam technologinės sistemos standumui įvairiuose ruošinio pjūviuose, kai pjovimo gylio t laipsnio rodiklis lygus vienetui, pjaunami peiliu, kurio kampas plane $\varphi=45^\circ$, į apdirbamą paviršių perkeliama visos ruošinio paklaidos, tik mažesniu masteliu. Turime vadinamąjį formos paklaidų kopijavimą. To nebūna, kai peilio kampas plane $\varphi=90^\circ$.

Kai technologinės sistemos standumas kinta, įvairiose detalės paviršiaus vietose, nors jos forma yra geometriškai taisyklinga, apdirbimo paklaida t_{liek} esti skirtinga. Tai iš dalies matėme, nagrinėdami 2.4 paveikslą, ir akivaizdžiai matome 2.5 paveiksle.



2.5 pav. Formos paklaidų, atsirandančių dėl sistemos nestandumo, pavyzdžiai

Ties ilgos, nestandžios detalės viduriu t_{liek} didesnė, negu galuose. Tekinant centruose įtvirtintą standžią detalę, didesnė t_{liek} gaunama galuose, nes centrų atramos yra mažiau standžios, negu pati detalė.

Paprastai skirtumas tarp atskirų partijos detalių užlaidų yra didesnis, negu užlaidos svyravimas toje pačioje detalėje.

Norint išvengti matmenų nevienodumo apdirbant arba dinaminį paklaidų, reikia mažinti ne tik medžiagos kietumo svyravimus, bet ir užlaidas, o ypač jų tolerancija. Šis reikalavimas tinka visų rūšių medžiagoms bei ruošiniams, pradedant nuo valcuotų strypų iki šampuotų, lietu ruošinių ir mechaniškai apdirbtų pusfabrikačių. Dėl to visada reikia stengtis gaminti kuo tikslesnius ruošinius. Taip pat naudinga surūšiuoti detales ir ruošinius pagal užlaidos didumą į keletą grupių. Be to, labai svarbu taip parinkti nustatymo bazes pirmajai operacijai, kad užlaidos būtų vienodai paskirstytos visiems detalės paviršiams.

paklaidos, susidaranti dėl tamprųjų technologinės sistemos deformacijų, mažinamos šiais būdais:

- mažinant pjovimo jėgų svyravimus: suvienodinamos ruošinių užlaidos, nustatomos joms griežtesnės tolerancijos, taikant terminį apdirbimą suvienodinamas medžiagos kietumas;
- didinant sistemos standumą: suveržiami staklių bei įtaisų mazgų sujungimai ne tik panaikinant tarpelius, bet ir sudarant pradinę sujungimų įvaržą; konstruojant naujus įrengimus, numatomas didesnis paviršių glotnumas ir kietumas, atsparumas dilimui;
- paderinant, reguliuojant stakles darbo metu, naudojant aktyvią kontrolę, taikant adaptyvinį staklių valdymą.

3. UŽLAIDOS SUDAROMŲJŲ ANALIZĖ

3.1. Minimalios užlaidos skaičiavimas

Dabartiniu metu minimali užlaida, kurią reikia pašalinti apdirbant detales, skaičiuojama pagal prof. V.M.Kovano pasiūlytą metodiką. Pagal ją minimalios užlaidos dydis turi būti toks, kad apdirbimo metu būtų pašalinti nelygumai R_z ir defektinis sluoksnis T , kurie susidarė prieš tai buvusiam apdirbime. Tuo tikslu yra įvertinamos erdvinės paklaidos ρ ir nustatymo paklaida ε_n . Kaip minėjome minimalios (žr. 1.2 skyrių) užlaidos dydis skaičiuojamas pagal formules:

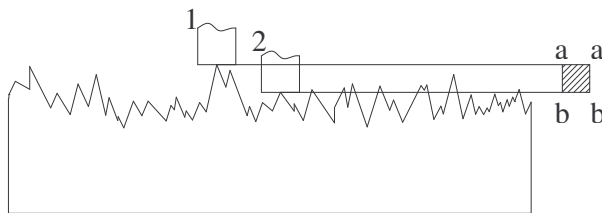
$$z_i^{\min} = R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i; \quad (3.1)$$

$$2z_i^{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}). \quad (3.2)$$

Formulė (3.1) naudojama, kai apdirbamos plokštumos, o formulė (3.2) – kai apdirbami cilindriniai paviršiai.

Pirma formulė sudarančioji yra paviršiaus profilio nuokrypų aukštis R_z . Skaičiuojant minimalios užlaidos dydį, aišku, kad paviršiaus nelygumų aukštis turi būti įvertintas, tačiau tikslingiau būtų naudoti ne parametą R_z , o R_{\max} t.y. didžiausią profilio nelygumų aukštį.

Matuojant linijinius matmenis kontaktiniu būdu prietaiso antgalis gali užimti įvairias padėtis (intervale a-a ir b-b 1.1 pav.) priklausomai nuo to, kuriame taške jis liesis su paviršiumi. Jeigu antgalis liečiasi su paviršiumi taške 1 arba kitame, kur nelygumų aukštis yra mažesnis už R_z tai apdirbimo metu tikrai bus pašalintas sluoksnis $R_z + T$. Tačiau, jeigu



3.1pav. Matmens matavimas

prietaiso antgalis lies paviršiu taške 2 arba kitame taške, kur nelygumų aukštis didesnis už R_z , tai apdirbimo metu tose vietose pjovimo gylis bus mažesnis už $R_z + T$. Tuomet pjovimo gylis, ypač glotnaus apdirbimo atveju, gausis mažesnis už tą, kuris reikalingas normaliam įrankio

darbui. Tai gali atsitikti gana dažnai, kadangi santykis R_{\max} / R_z yra gana didelis: jis svyruoja intervale 1,25-1,6 t.y. didžiausias profilio nelygumų aukštis yra žymiai didesnis už R_z . Be to, paviršiaus nelygumų parametrai matuojami tikrai baziniame ilgyje l. Apdirbant net ir palyginti mažas detales, bazinis ilgis l yra žymiai mažesnis už detalės paviršių matmenis. Vadinasi, atskirose paviršiaus vietose parametras R_{\max} gali būti dar didesnis. Be to, parametras R_{\max} , kaip ir kiti detalių kokybės parametrai, yra atsitiktinis dydis, t.y. atskirose detalėse jis bus skirtingas.

Antra minimalios užlaidos sudarančioji yra defektinis sluoksnis T. Kaip žinoma, plieniniuose ruošiniuose, kurie gauti kalimu, štapavimu, valcavimu, defektinį sluoksnį sudaro nuanglintas metalo sluoksnis, kuriame išdegė anglis. Šį sluoksnį mechaninio apdirbimo metu būtina pašalinti. Liejiniuose iš pilkojo ketaus, kaip defektinis sluoksnis, gali būti kietas perlitinis sluoksnis su formavimo žemėse likučiais. Šį sluoksnį taip pat reikia pašalinti jau pirmoje operacijoje ar pakopoje.

Kai plieninių detalių paviršiai apdirbami per vieną pakopą, sluoksnis T, aišku, turi būti pilnai pašalintas. Tačiau, kai paviršius apdirbamas per dvi ar daugiau pakopų ar operacijų, sluoksnį T nebūtina pašalinti pirmoje pakopoje. Defektinių sluoksnių dydžiai matuojami dešimtosiomis milimetro dalimis, o pjovimo gylis (tekinant, frezuojant) gali būti 0,05mm ir mažesnis. Todėl defektinis sluoksnis gali būti pašalintas per dvi ir daugiau pakopų ar operacijų.

Apdirbant ruošinius iš ketaus defektinis sluoksnis turi būti pašalintas pirmoje pakopoje. Toliau, kitose pakopose, reikėtų įvertinti tam tikrą metalo sluoksnį h, kuris užtikrintų normalų pjovimo įrankio darbą.

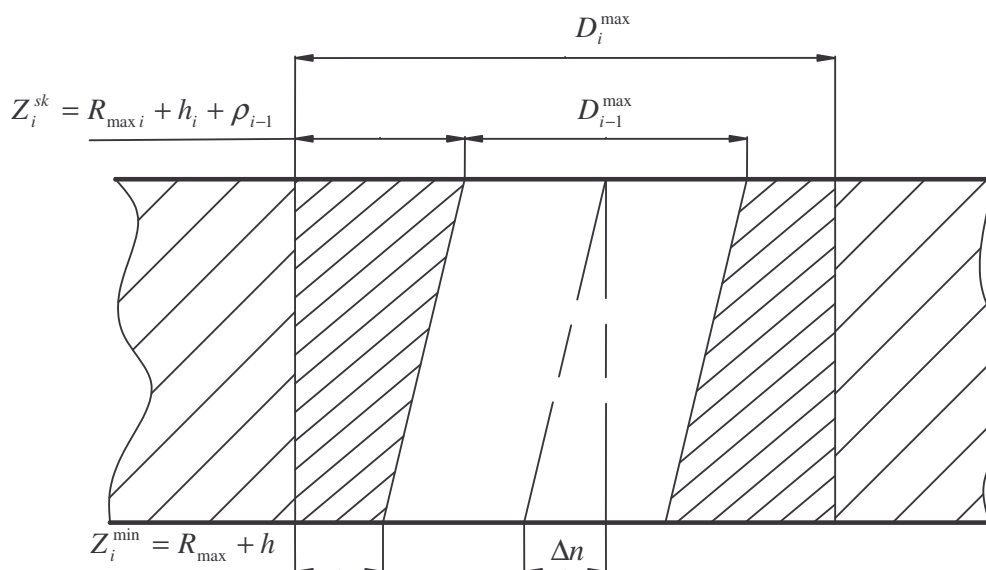
Vadinasi minimali užlaida turėtų būti skaičiuojama pagal formulę:

$$z_i^{\min} = R_{\max} + h_i \quad (3.3)$$

čia; R_{\max} - didžiausias apdirbamo paviršiaus profilio nelygumų aukštis,

h_i - dalis defektinio sluoksnio arba minimalus medžiagos sluoksnis, kuris užtikrina normalų pjovimo įrankio darbą. Galima priimti $h_i^{\min} = 0.04 \div 0.05mm$.

Paimame pavyzdį (1.2pav.). minimalus metalo sluoksnis bus ruošinio apačioje prie vienos skylės pusės, t.y. nepalankiausioje apdirbimo padėtyje. Apdirbant bet kokius paviršius



2.2pav. Minimalių skaičiavimo užlaidų ir tarpinių matmenų schema

išorinius ar vidinius cilindrinus, plokštumas – ši minimali užlaida turi būti užtikrinta, esant bet kokioms erdvinėms ir nustatymo paklaidoms. pagal 1.2 pav. parodytą schemą tarpiniai matmenys nustatomi atsižvelgiant į skaičiuojamosios užlaidos dydį:

$$D_{i-1}^{\max} = D_i^{\max} - 2Z_i^{sk} \quad (3.4)$$

čia D_{i-1}^{\max} - didžiausias skylės diametras prieš apdirbimą,

D_i^{\max} - didžiausias skylės diametras po apdirbimo.

Skaičiuojamoji užlaida, kuri naudojama tarpinių matmenų nustatymui, surandama pagal formulę:

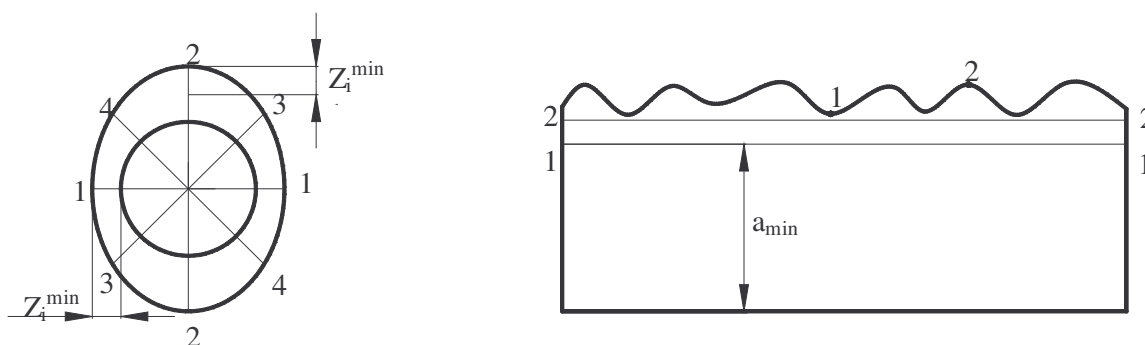
$$z_i^{sk} = R_{\max i} + h_i + \rho_{i-1} + \varepsilon_i \quad (3.5)$$

$$2z_i^{sk} = 2(R_{\max} + h_i + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (3.6)$$

3.2. Erdvinių paklaidų analizė

Erdvinė paklaida ρ_{i-1} yra viena iš didžiausių skaičiuojamosios užlaidos elementų. Ji turi būti kiek galima mažesnė ir teisingai įvertinta, kad būtų teisingai nustatomi tarpiniai matmenys ir kad būtų kuo mažesni medžiagų nuostoliai. Be tradiciškai nustatomų erdvinių paklaidų: skylių ašių nestatmenumas technologiniai bazei, cilindrinų paviršių ašių nesutapimas, centravimo netikslumas, cilindrinio paviršiaus išlinkimas ir kt., dėmesin reikia priimti ir banguotumą, plokštumų nelygiagretumo dydžius atžvilgiu technologinių bazavimo plokštumų, o taip pat cilindrinų paviršių formos paklaidas (ovališkumą, kūgiškumą ir pan.).

Literatūroje [1,2] yra nurodyta, kad paviršiaus banguotumo ir formos paklaidų nereikia vertinti, kadangi išorinio paviršiaus minimali užlaida matuojama nuo ruošinio mažiausio matmens, o vidinio paviršiaus užlaida – nuo didžiausio matmens. Iš tikrųjų, jeigu skaičiuojamoji užlaida matuojama nuo ribinių matmenų, tai nurodytų paklaidų įvertinti nereikia. Tačiau matuojant ruošinio matmenį neieškoma minimalaus matmens, o matuojama atsitiktinai paimtoje kryptyje ar atsitiktinai paimtame taške. Pavyzdžiui, priimame, kad ruošinys skerspjūvyje turi



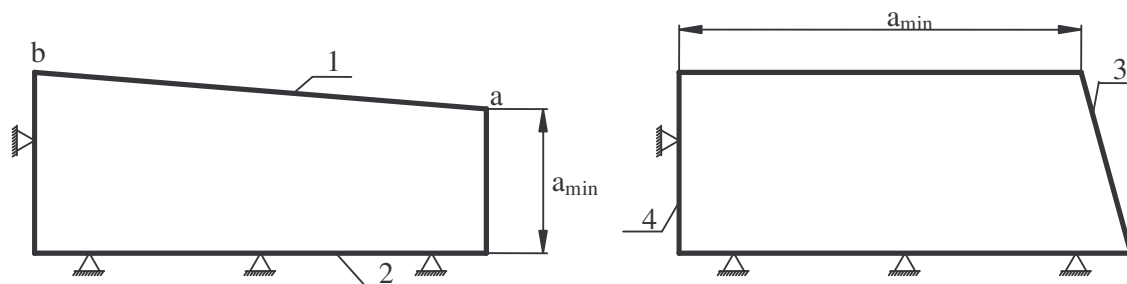
3.3 pav. Veleno skerspjūvio formos paklaidos ir banguotumo įtaka užlaidos dydžiui

ovalo formą (3.3 pav.). Taip pat priimame, kad erdvinės ir nustatymo paklaidos yra lygios nuliui. Tuomet $z_i^{sk} = z_i^{min}$. Jeigu minimali užlaida būtų matuojama pagal liniją 1-1, tai būtų viskas gerai. Tuomet užlaida kistų nuo z_i^{min} iki maksimalios reikšmės pagal liniją 2-2. Tačiau matuojant detalių linijinius matmenis neieškoma minimalaus matmens ir matavimo kryptis bus atsitiktinė, pavyzdžiui, 3-3, 4-4 arba 2-2. Atidėjus skaičiuojamąją užlaidą pagal liniją 2-2 arba pagal kitas kryptis (išskyrus 1-1) užlaida kis iki neleistino dydžio. Mažiausia užlaidos reikšmė, aišku, gausis pagal liniją 1-1.

Panašiai gaunasi ir su kitomis geometrinėmis paklaidomis, tame tarpe, esant ruošinio plokštumos banguotumui (1.3 pav.). Jeigu skaičiuojamąją užlaidą atidėti nuo taško 1, kur yra minimalus matmuo, tai minimali užlaida bus tikrai taške 1, o visuose kituose paviršiaus taškuose,

užlaida bus didesnė. Tačiau matuojant matmenį a neieškoma jo minimalaus dydžio, o matavimo vieta pasirenkama atsitiktinai, pavyzdžiui, taške 2. Tuomet taške 2 atidėjus užlaidą $z_i^{sk} (z_i^{\min})$ visuose kituose plokštumos taškuose, kurie bus žemiau taško 2, užlaida bus mažesnė už z_i^{\min} , t.y. gaunasi jos neleistinas dydis.

Taip pat reikia atsižvelgti į apdirbamų prizminių detalių plokštumų nelygiagretumą technologinėms bazinėms plokštumoms. Pavyzdžiui, apdirbant plokštumą 1 (3.4 a pav.) reikia įvertinti jos nelygiagretumo dydį atžvilgiu technologinės pastatymo bazės 2. Čia gauname visišką analogiją, kaip ir banguotumo atveju.



3.4 pav. Plokštumų nelygiagretumo įtaka užlaidos dydžiui

Jeigu skaičiuojamoji užlaida bus atidėta nuo taško a (1.4 a pav.), tai frezuojant plokštumą 1, nuo taško a užlaida visą laiką didės ir didžiausią reikšmę įgaus taške b . Jeigu z_i^{sk} bus atidėta nuo taško b , tai užlaida, einant nuo taško b , įgaus neleistinai mažą dydį. Panašus atvejis gaunamas, kai apdirbama vertikali plokštuma (1.4 b pav.). Apdirbant plokštumą 3, jos padėtis matuojama nuo technologinės kreipiamosios bazės 4. Todėl reikia įvertinti apdirbamos plokštumos 3 nelygiagretumą šiai bazei.

Iš to, kas pasakyta, galima bendrą erdvinę paklaidą ρ_z išreikšti tokia formule:

$$\rho_z = \rho + \Delta b + \Delta j \quad (3.7)$$

čia ρ - erdvinė apdirbimo paviršiaus paklaida atžvilgiu bazinio ruošinio paviršiaus,

Δb - paviršiaus banguotumo dydis,

Δf - paviršiaus geometrinės formos paklaida.

Neretai pasitaiko, kad reikia įvertinti ne vieną erdvinę paklaidą. Pavyzdžiui, turime veleno tipo detalę, kuri apdirbama tvirtinant ją centruose. Tuomet reikia įvertinti apdirbamo paviršiaus ašies nesutapimą su centravimo skylių ašimis, o taip pat apdirbamo paviršiaus

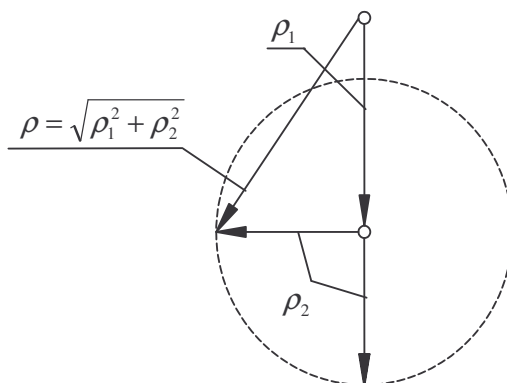
išlinkimą. Šie dydžiai yra vektoriniai. Nepalankiausias atvejas yra tuomet, kai abu vektoriai nukreipti viena kryptimi. Tuomet erdvinės paklaidos sumuojamos taip:

$$\rho = \rho_1 + \rho_2 \quad (3.8)$$

Pagal prof. V.M.Kovano metodiką atsitiktiniai vektoriniai dydžiai sumuojami tokiu būdu:

$$\rho = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2} \quad (3.9)$$

Šis sumavimas teisingas tuomet, kai tarp vektorių yra 90° kampas. Kai kampas tarp vektorių mažesnis už 90° (1.5 pav.) sumarinis vektorius ρ bus mažesnis už paskaičiuotą pagal formulę (7). Jeigu kampas tarp vektorių yra didesnis už 90° , tai vektorius ρ bus didesnis už paskaičiuotą pagal formulę (7). Kad užlaida bet koku atveju nebūtų mažesnė už



3.5 pav. Erdvinių paklaidų sumavimas

minimalią leistiną užlaidą, erdvines paklaidas ρ_1 ir ρ_2 reikia sumuoti pagal (3.8) formulę.

Galima padaryti tokią išvadą: erdvinių paklaidų suma, paskaičiuota pagal formulę (3.8) yra gaunama padidinta, o paskaičiuota pagal formulę (3.9) nepagrįstai sumažinta. Norint tiksliai paskaičiuoti vektorinių dydžių sumą, reikia išnagrinėti jų skirstinių dėsnius ir sumuoti kaip atsitiktinius vektorinius dydžius.

Vieno vektorinio dydžio, tarkime ρ_2 (3.5 pav.) kampinė padėtis atžvilgiu kito vektorinio dydžio ρ_1 yra atsitiktinis dydis, greičiausiai pasiskirstęs pagal vienodos tikimybės dėsnį. Tikimybė kad vektorių ρ_1 ir ρ_2 tarpusavio kampas α bus lygus 180° , t.y. kad vektorius ρ_2 bus vektoriaus ρ_1 tęsinys, vieno laipsnio tikslumu, yra $1/360$. Kada skaičiuojame ρ_2 pagal formulę

(3.8), priimame, kad vektoriai nukreipti viena kryptimi $\alpha = 180^\circ$ ir kad abiejų vektorių dydžiai yra maksimalūs. Todėl tikimybė kad vektoriai bus vienas kito tęsinys ir kad abu vektoriai bus maksimalaus dydžio, yra labai maža.

Erdvinės paklaidos (ašių nesutapimas ir nestatmenumas, paviršiaus išlinkimas ir kt.), kaip dydžiai, kurie gali turėti tik teigiamas reikšmes, pasiskirsto pagal ekscentrisiteto arba Reilio dėsnį. Norint teisingai nustatyti suminę erdvinių paklaidų reikšmę, reikia pasinaudoti jų skirstinių dėsniais. Priėmus mažą leistiną tikimybę, kad suma viršys nustatytą sumini dydį, pagal skirstinių dėsnius galima paskaičiuoti, kokia bus erdvinių paklaidų suma. Patogiausiai tai įvertinti koeficiento pagalba. Tuomet erdvinių paklaidų sumavimas būtų toks:

$$\rho = k(\rho_1 + \rho_2) \quad (3.10)$$

čia k – koeficientas, įvertinantis skirstinių dėsnius.

Tokiu būdu bendrą erdvinę paklaidą galima išreikšti taip:

$$\rho_\Sigma = k(\rho_1 + \rho_2) + \Delta_b + \Delta_f \quad (3.11)$$

3.3. Nustatymo paklaidų įtaka užlaidos dydžiui

Paskutinė skaičiuojamosios užlaidos dedamoji yra nustatymo paklaida. Nagrinėjant detalių bazavimo ir tvirtinimo tikslumą, nustatymo paklaida skaičiuojama pagal formulę:

$$\varepsilon_n = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_t^2 + \varepsilon_p^2} \quad (3.12)$$

čia ε_b - bazavimo paklaida,

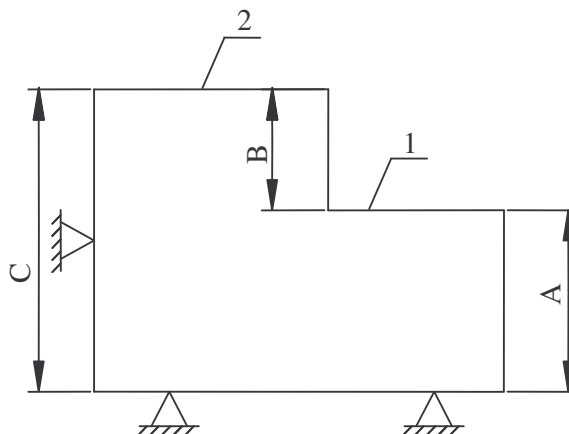
ε_t - detalės tvirtinimo paklaida,

ε_p - detalės padėties paklaida dėl įtaiso netikslumo.

Skaičiuojant užlaidą reikia įvertinti tik tas nustatymo paklaidos dedamąsias ir tik tais atvejais, kada iššaukiama apdirbamo paviršiaus padėties paklaida.

Panagrinėkime bazavimo paklaidą. Paimame tokį pavyzdį (3.6 pav.). Apdirbant paviršių 1 ir išlaikant matmenį A, bazavimo paklaidos nebus, t.y. $\varepsilon_{bA} = 0$. Prieš apdirbimą plokštumos 1

padėtis keičiasi tik dėl matmens A prieš operaciją tolerancijos. Apdirbant paviršius 2 į matmens B suminę paklaidą įeina ir bazavimo paklaida $\varepsilon_{bB} = \delta_C$. Plokštuma 2 prieš apdirbimą keičia savo padėtį dėl matmens C (prieš apdirbimą) tolerancijos. Vadinasi, plokštumos 1 ir 2 keičia savo padėtis dėl matmenų A ir C tolerancijos, kurios įvertinamos skaičiuojant tarpinius matmenis. Todėl apdirbant plokštumas 1 ar 2, bei išlaikant matmenis A, B ar C, į užlaidos dydį bazavimo paklaida neįeina.

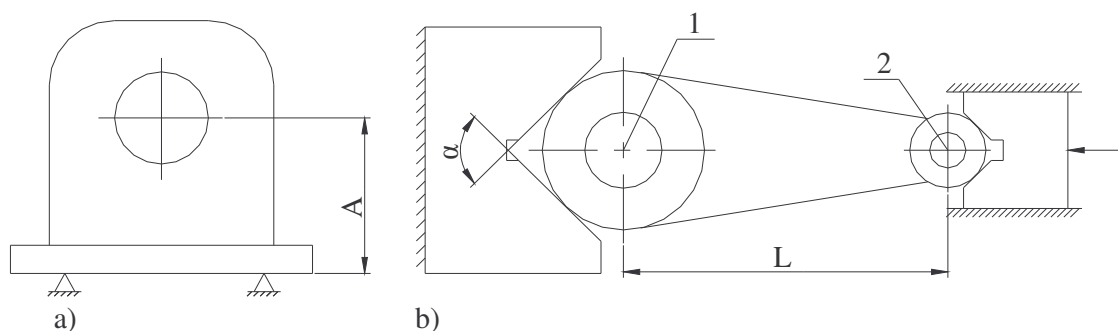


3.6 pav. Bazavimo paklaidos įtaka į užlaidos dydį

Apdirbant vidinius cilindrinis paviršius, reikia įvertinti šio paviršiaus padėties paklaidą, kurią iššaukia:

1. Koordinatinio matmens tolerancija,
2. Bazavimo paklaida,
3. Bazavimo paklaida ir koordinatinio matmens tolerancija.

Paimame pavyzdžiui (3.7 pav.). Pav. 3.7 a parodytas koordinatinis matmuo A, kurio tolerancijos dydžiu δ_A kinta skylės paviršiaus ir jo centro padėtis. Ši tolerancija neįeina į apdirbamos skylės diametro toleranciją. Todėl ši tolerancija turi įeiti į skaičiuojamosios užlaidos dydį, nes priešingu atveju užlaida gali gautis neleistinai maža. Koordinatinių matmenų tolerancija, kuri turi įtakos į užlaidos dydį, pažymime ε_K .



3.7 Bazavimo paklaidų ir koordinatinių matmenų tolerancijos įtaka užlaidos dydžiui

Pav. 3.7 b parodyta, kad apdirbami dviejų skylių 1 ir 2 paviršiai. Apdirbant skylę 1, jos padėtis keičiasi dėl bazavimo paklaidos ε'_b , kuri duotu atveju lygi:

$$\varepsilon'_b = \frac{T_D}{2} \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \quad (3.13)$$

Kadangi šią paklaidą galima simetriškai išdėstyti atžvilgiu skylės centro, tai bazavimo paklaidos dalis, kuri įeina į užlaidą, lygi:

$$\varepsilon_b = \frac{T_D}{4} \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \quad (3.14)$$

Apdirbant antrą skylę gaunamas dar sudėtingesnis atvejis. Skylės 2 padėtis keičiasi dėl bazavimo paklaidos, o taip pat dėl matmens L tolerancijos. Bendra paklaida lygi:

$$\varepsilon''_b = \varepsilon'_b + \delta_L = \frac{T_D}{2} \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + \delta_L \quad (3.15)$$

Šiuo atveju, kaip ir apdirbant skylę 1, bendrą paklaidą galima išdėstyti simetriškai atžvilgiu skylės centro. Tuomet į užlaidos dydį įeina tokia reikšmė:

$$\varepsilon_b = \frac{1}{2} \left(\frac{T_D}{2} \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + \delta_L \right) \quad (3.16)$$

Tvirtinimo paklaida į užlaidos dydį įeina visuomet, kai tvirtinimo metu keičiasi apdirbamo paviršiaus padėtis.

Detalės padėtis paklaidą dėl įtaiso netikslumo galima neįvertinti dėl nedidelio jos dydžio.

Tokiu būdu nustatymo paklaidą, kuri įeina į užlaidos dydį, galima bendru atveju paskaičiuoti pagal formulę:

$$k_n \varepsilon_n = \sqrt{k_b^2 \varepsilon_b^2 + k_t^2 \varepsilon_t^2} \quad (3.17)$$

čia k_n, k_b, k_t - koeficientai, kurie įvertina nurodytų parametrų skirstinius.

Tuomet skaičiuojamąją užlaidą galima išreikšti:

$$z_i^{sk} = R_{\max i} + h_i + k(\rho_\Sigma + \varepsilon_n) \quad (3.18)$$

3.4. Tarpinių matmenų skaičiavimas

Dabartiniu metu, skaičiuojant tarpinius matmenis įvertinama tik technologinės sistemos tamprioji deformacija, kur gaunama dėl ruošinio matmens kitimo tolerancijos ribose. Norint tiksliau paskaičiuoti tarpinius matmenis ir didžiausios užlaidos reikšmę, reikia įvertinti technologinės sistemos tampriąsias deformacijas dėl ruošinio medžiagos kietumo pasikeitimo, o taip pat pjovimo įrankio nudilimo dydį.

Dirbant automatiniu matmenų gavimo būdu (žr. į pav. 3.8) ir vienu ėjimu nupjaunant užlaidą, dėl tampriųjų sistemos nuspaudimų atsiranda kopijavimo reiškiny. Dėl to, apdirbant mažiausio matmens ruošinį a_{i-1}^{\min} , esant mažiausiam pjovimo gyliui z_i^{\min} , įrankis nuo paviršiaus bus atstumiamas mažiausiai ir gausime mažiausią matmenį a_i^{\min} . Apdirbant didžiausią ruošinį, kurio matmuo yra a_{i-1}^{\max} , pjovimo gylis bus didžiausias ir veiks didžiausia įrankį nuo ruošinio stumianti jėga. Po apdirbimo gausime didžiausią matmenį a_i^{\max} .

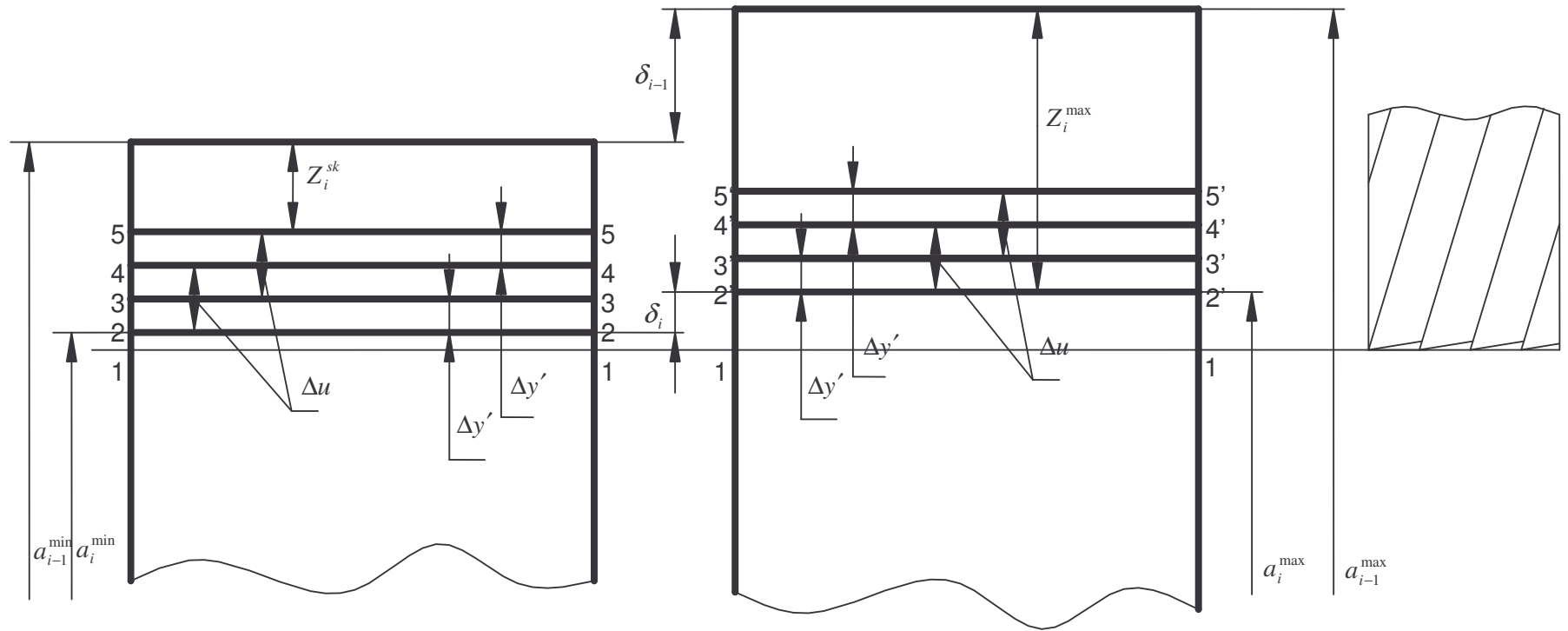
3.8 pav. parodyta įrankio nudilimo ir tampriųjų deformacijų gaunamų dėl medžiagos nevienodumo įtaka užlaidos dydžiui.

Remdamiesi 3.8 pav. galime išreikšti z_i^{\max} :

$$z_i^{\max} = z_i^{sk} + \Delta y' + \Delta u + \delta_{i-1} - \delta_i \quad (3.19)$$

Vadovaudamiesi tais pačiais principais, nesunkiai galime išreikšti minimalų ruošinio matmenį:

$$a_{i-1}^{\min} = a_i^{\min} + \Delta u + \Delta y' + z_i^{sk} \quad (3.20)$$



3.8pav. Užlaidų sudaromosios ir tarpiniai matmenys

Čia: 1-1 – apdirbimo įrankio padėties linija;

2-2 – linija gaunama vienu ėjimu nupjaunant užlaidą, kai medžiagos kietumas mažiausias ir įrankis naujas (2-2 linija yra aukščiau už 1-1 apdirbimo įrankio padėties liniją, dėl atsirandančių tampriųjų deformacijų ir taip vadinamo kopijavimo reiškinių);

3-3 – linija gaunama, kai medžiagos kietumas didžiausias ir įrankis naujas;

4-4 – linija gaunama, kai medžiagos kietumas mažiausias, o įrankis nudilęs;

5-5 – linija gaunama, kai medžiagos kietumas didžiausias, o įrankis nudilęs.

2'-2', 3'-3', 3', 4'-4', 5'-5' – linijos gaunamos analogiškai kaip ir 2-2, 3-3, 4-4, 5-5, tik prie maksimalios užlaidos reikšmės.

IŠVADOS

1. Šiuo metu užlaidų skaičiavimui naudojamą paviršiaus nelygumų aukštį R_z tikslinga būtų pakeisti dydžiu R_{\max} .
2. Minimali užlaida, esant bet kokioms erdvinėms ir nustatymo paklaidoms tikslingiau būtų skaičiuoti pagal formulę $z_i^{\min} = R_{\max} + h_i$.
3. Šiuo metu taikomoje užlaidų skaičiavimo teorijoje, yra nevertinamos ovalumo, banguotumo, plokštumų nelygiagretumo technologinėms bazinėms paklaidos. Ruošiniams kuriems specialiai nėra ieškomas minimalus matmuo, šiuos dydžius būtina įvertinti.
4. Atsitiktinių erdvinių dydžių sumavimas pagal (3.9) formulę yra teisingas tik tai tuomet, kai tarp vektorių yra 90° kampas. Tikimybė kad atsitiktiniai vektoriai bus tiksliai tokioje padėtyje yra maža. Taigi ir skaičiavimai gaunami netikslūs. Skaičiuojant atsitiktinius vektorinius dydžius, būtina įvesti koeficientą įvertinantį skirsnių dėsnis.
5. Skaičiuojant nustatymo paklaidas, reikia įvertinti tik tas formulės (3.12) nustatymo paklaidos dedamąsias ir tik tais atvejais, kada iššaukiama apdirbamo paviršiaus padėties paklaida. Be to (3.12) formulės dedamosios yra atsitiktiniai dydžiai kuriuos yra tikslinga vertinti skirsnių dėsniais ir taip optimizuoti užlaidas. Tvirtinimo paklaida tiksliau būtų paskaičiuota pagal (3.17) formulę, o skaičiuojamosios užlaidos formulės išraiška tuomet būtų patikslinta kaip parodyta (3.18) formulėje.
6. Norint tiksliau paskaičiuoti tarpinius matmenis ir didžiausios užlaidos reikšmę, reikia įvertinti, technologinės sistemos tampriąsias deformacijas dėl ruošinio medžiagos kietumo pasikeitimo, o taip pat pjovimo įrankio nudilimo dydį.

LITERATŪRA

1. Bražiūnas A.J. Mašinų gamybos technologijos pagrindai. Mokomoji knyga Kaunas: Technologija 2004m. 120p, 128-134p, 237-239p, 241-245p, 246-247p.
2. Danilevskis V. Mašinų gamybos technologija. Mokomoji knyga. Vilnius 1981m. 77p, 78-79p, 81-82p.
3. Kumpikas L. gamybos technologijos pagrindai. Mokomoji knyga Vilnius 1978m. 99p, 100-102p, 181-184p.
4. Под. ред. А.Ф.Горбачевича и др. Косиловое проектирование по технологии машиностроения. – Минск 1975. 62-66с.
5. Rimkus J. Tarpinių užlaidų skaičiavimas. Mechanika – 2001: Tarptautinė konferencijos pranešimų medžiaga. Kaunas: Technologija, 2001, 115-118p.
6. Кован В.М. Корсаков., В.С., Косилова А.Г. и др. Основы технологии машиностроения. – Москва: Машиностроения, 1965. -489с.
7. Матвеев В.В. Треской М.М. Боиской Ф.И. и др. Размерный анализ технологических процессов. – Москва: Машиностроения, 1982. -264с.

1.1 lentelė. Užlaidų ir tarpinių elementų apskaičiavimas

Technologijos kelias	Užlaidos elementai, μm				Apskaičiuota		Tolerancija tarpiniams matmenims μm ;	Parinkti (suapvalinti) tarpiniai matmenys, mm		Užlaidų ribinės reikšmės, μm ;	
	R_z	h_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_{i-1}	Užlaida z_i , μm	Minimalus matmuo		max	min	Z_{\min}	Z_{\max}
								9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ruošiny											
Tech. operacija nr. 1											
Tech. operacija nr. 2											
Tech. operacija nr. 3											
Tech. operacija nr. n											

Čia n – technologijos operacijų skaičius