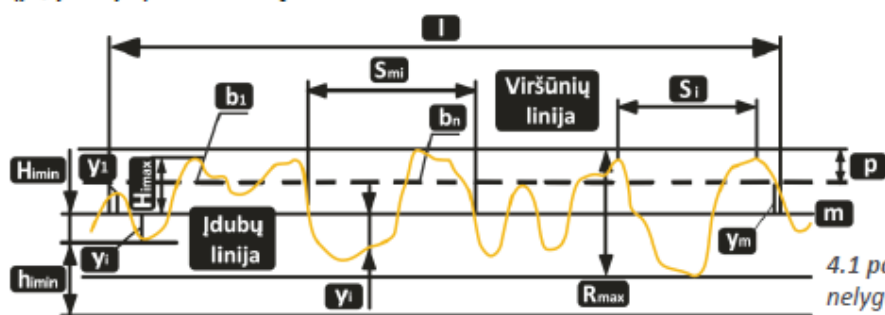


4. DETALIŲ KOKYBĖ

4.1. Detalių paviršių kokybės vertinimas

Paviršiaus kokybę apibūdina paviršiaus šiurkštumas ir banguotumas. Paviršiaus šiurkštumu vadinama visuma mikromeetrinių paviršiaus nelygumų, pasikartojančių sąlyginai mažu žingsniu ir nagrinėjamų bazinio ilgio ribose. Banguotumu vadinama visuma periodiškai besikartojančių įdubimų ir iškilimų, tarp kurių atstumai yra žymiai didesni už jų aukštį. Paviršiaus šiurkštumo rodiklius reglamentuoja standartas ISO 4287:1997, atnaujintas 2015 metais. Jame nustatyti pagrindiniai rodikliai: R_a , R_z , R_{max} ir kiti (S_m , S , p).

Paviršiaus šiurkštumo rodikliai nustatomi baziniame ilgyje l , kurio skaitinės reikšmės parenkamos iš eilės (mm): 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25, priklausomai nuo R_{max} (4.1 pav.). Nustatant skaitines paviršiaus šiurkštumo reikšmes, naudojamos vidurinė paviršiaus profilio linija m , kuri dalija matuojamąjį profilį taip, kad profilio taškų atstumų ($y_1, y_2 \dots y_m$) suma būtų minimali.



4.1 pav. Paviršiaus nelygumų profilis, matavimo dydžiai

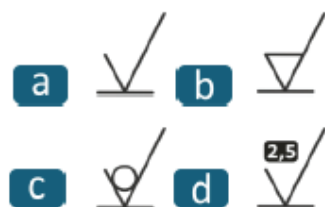
Normalinis paviršiaus profilis ir šiurkštumo rodikliai: l – bazinis ilgis; m – vidurinė profilio linija; S_{mi} – vidutinis profilio nelygumų žingsnis; S_i – vidutinis viršūnių nelygumų žingsnis; H_{imax} – penkių aukščiausių viršūnių nuokrypis nuo vidurio linijos baziniame ilgyje; H_{imin} – penkių žemiausių viršūnių nuokrypis nuo vidurio linijos baziniame ilgyje; h_{imin} – atstumas iki laisvai pasirinktos linijos žemiau įdubų linijos; R_{max} – atstumas tarp profilio aukščiausios viršūnės ir giliausios įdubos taškų baziniame ilgyje; y_i – profilio nuokrypis nuo linijos m ; p – profilio kirtimo linijos atstumas nuo viršūnių linijos; b_n – atraminio profilio suminis ilgis atstume p nuo viršūnių.

Vidutinė aritmetinė profilio nuokrypa R_a randama kaip vidutinė profilio absoliutinių atstumų y_i iki jo vidurinės linijos reikšmė.

Nelygumų aukštis R_z – tai baziniame ilgyje išmatuotų penkių aukščiausių profilio viršūnės taškų H_{imax} ir penkių giliausių įdubų taškų H_{imin} absoliutinių vidurkių suma.

Šiurkštumo žymėjimo ženklų brėžiniuose pavyzdžiai pateikti 4.2 paveiksle.

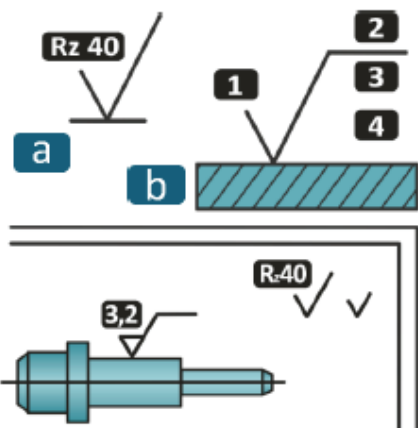
4.2 pav. Šiurkštumo žymėjimai brėžiniuose: a) kai nenurodytas paviršiaus apdirbimo būdas; b) nuėmus medžiagos sluoksnį; c) nenuėmus medžiagos sluoksnio; d) šiurkštumo žymėjimas pagal R_a rodiklį



Kai brėžinyje nenurodomas paviršiaus apdirbimo metodas, paviršiaus šiurkštumas žymimas ženklu (4.2, a pav.). Ženklas (4.2, b pav.) naudojamas nurodyti paviršiaus šiurkštumą, gaunamą nuėmus medžiagos sluoksnį. Ženklas (4.2, c pav.) naudojamas nurodyti paviršiaus šiurkštumą, gaunamą nenuėmus medžiagos sluoksnio (lietų, valcuotų paviršių). Šiuo ženklu taip pat žymimi paviršiai, kurie pagal duotąjį brėžinį neapdirbami.

Šiurkštumo rodiklio R_a reikšmės gali būti rašomos be simbolio (4.2, d pav.), o R_z reikšmės rašomos su simboliu (4.3, a pav.). Šiurkštumą žyminčio ženklo smaigalys visada nukreiptas į paviršių.

Brėžinyje gali būti rašomi kiti šiurkštumo parametrai (4.3, b pav.): 1 – stulpeliu ne tik maksimali, bet ir minimali R_z ar R_a reikšmė, S reikšmė; 2 – apdirbimo būdas; 3 – bazinis ilgis; 4 – nelygumų kryptis.



4.3 pav. Paviršiaus kokybės žymėjimo vietos

Kai detalėje yra daug vienodo šiurkštumo paviršių, jie pažymimi viršutiniame dešiniajame brėžinio kampe (4.3, c pav.). Jeigu visi detalės paviršiai vienodo šiurkštumo, jie taip pat žymimi viršutiniame dešiniajame brėžinio kampe (4.3, c pav.).

Standartas reglamentuoja paviršiaus šiurkštumą tokiomis ribinėmis vertėmis: $R_a = 100 \dots 0,008 \mu\text{m}$, $R_z = 1600 \dots 0,025 \mu\text{m}$.

Šiurkštumo parametrai, jų naudotinos optimalios vertės ir baziniai ilgiai pateikti 4.1 lentelėje. Lentelėje paryškintu šriftu parodytos rekomenduojamos naudoti šiurkštumo vertės.

4.1 lentelė. Šiurkštumo parametrai R_a ir R_z , μm ir bazinių ilgių skaitinės reikšmės, mm

R_a , μm				R_z , μm				Bazinis ilgis l , mm
1				2				3
80	63	50	40	320	250	200	160	8
40	32	25	20	160	125	100	80	
20	16	12,5	10	80	63	50	40	
10	8	6,3	5	40	32	25	20	2,5
5	4	3,2	2,5	20	16	12,5	10	

4.1 lentelės tęsinys

1				2				3
2,5	2	1,6	1,25	10	8	6,3	–	0,8
1,25	1	0,8	0,63	6,3	5	4	3,2	
0,63	0,5	0,4	0,32	3,2	2,5	2	1,6	
0,32	0,25	0,2	0,16	1,6	1,25	1	0,8	0,25
0,16	0,125	0,1	0,08	0,8	0,63	0,5	0,4	
0,08	0,063	0,05	0,04	0,4	0,32	0,25	0,2	
0,04	0,032	0,025	0,02	0,2	0,16	0,125	0,1	
0,02	0,016	0,012	0,01	0,1	0,08	0,063	0,05	0,08
0,01	0,008	–	–	0,05	0,04	0,032	0,025	

Standartais nėra reglamentuota paviršių šiurkštumų parametrų priklausomybė nuo matmenų tikslumo kokybės ir suleidimų. Šie reikalavimai yra tik rekomendacinio pobūdžio. Jie pateikti 4.2 ir 4.3 lentelėse.

Be šiurkštumo ir banguotumo, paviršiuje dar gali būti įbrėžimų, įtrūkimų ir įdubimų. Ryškūs paviršiaus pažeidimai su šiurkštumu ir banguotumu neturi nieko bendro. Tokie paviršiaus defektai vertinami atskirai.

Paviršiaus mikrogeometrijai kontroliuoti matavimo technikoje yra daug priemonių, kurios veikia bekontaktiniu, kontaktiniu ir subjektyviu matavimo metodais.

4.2 lentelė. Rekomenduojamo paviršių šiurkštumo parametro R_z priklausomybė nuo matmens tikslumo kokybės ir suleidimo vėlenams

Nominalusis matmuo, mm	Kvalitetas										
	IT5	IT6					IT7	IT8			
	f7; h6, p6	u8	p7; s7; n7; m7; k7; js7; h7; g7	f8	e8	d8	d8; h8; n8	js8	h8	f8	d8
	Minimalus paviršiaus šiurkštumas R_z , μm										
1	2										
1÷3	0,4				1,6		0,8	-			3,2
3÷6											
6÷10											
10÷18											
18÷30											
30÷50											
50÷80					6,3						
80÷120											
120÷180											
180÷260											
260÷360											
360÷500											

4.2 lentelės tęsinys

1	2					
	Kvalitetas					
	IT10	IT11	IT12-IT13	IT14	IT15	IT16-17
	h10	h11	h13	h14	h15	h16
Minimalus paviršiaus šiurkštumas R_z , μm						
1÷3						
3÷6						
6÷10						
10÷18						
18÷30						
30÷50						
50÷80						
80÷120						
120÷180						
180÷260						
260÷360						
360÷500						

4.3 lentelė. Rekomenduojamo paviršių šiurkštumo parametro R_z priklausomybė nuo matmens tikslumo kokybės ir suleidimo skylėms

Nominalusis matmuo, mm	Kvalitetas													
	IT6	IT7				IT8		IT9						
	G5; H5; K5; M5; N5; P5; R5; S5	U7	R6; P6; N6; M6; K6; Js6;H6; G6	F7	E8	D8; E8	N7; M7; K7; Js7; H7	H8	F8	D8				
	Minimalus paviršiaus šiurkštumas R_z , μm													
1	2													
Nuo 1 iki 3		1,6		1,6			1,6			3,2				
3÷6														
6÷10														
10÷18														
18÷30														
30÷50														
50÷80														
80÷120														
120÷180														
180÷260														
260÷360														
360÷500														

4.3 lentelės tęsinys

1	2					
	Kvalitetas					
	IT10	IT11	IT12-13	IT14	IT15	IT16-17
	H9; H10	H11; D11; B11	H12; B12	H14	H15	H16
Minimalus paviršiaus šiurkštumas $R_z, \mu\text{m}$						
Nuo 1 iki 3						
3÷6						
6÷10						
10÷18						
18÷30						
30÷0						
50÷80						
80÷20						
120÷180						
180÷260						
260÷360						
360÷500						

Naudojant bekontaktinį metodą, prietaisas neličia matuojamojo paviršiaus, todėl nepažeidžia ir nesuraižo jo. Šiam metodui panaudojami optiniai ir interferenciniai prietaisai.

Kontaktiniu metodu veikiantieji matavimo prietaisai matuojamąjį paviršių liečia matavimo antgaliu (lietuku ar adata). Šiam metodui naudojami šiurkštomačiai (profilometrai).

Subjektyvieji metodai remiasi vizualine paviršiaus apžiūra ir palyginimu pagal pavyzdžius-etalonus.

4.2. Detalės elementų matmenys ir jų nuokrypos

Visi detalių elementai turi dydį, geometrinę formą, paviršiaus kokybę. Todėl šiems elementams reikalinga nustatyti leidžiamąsias nuokrypas, kurias viršijus suprastėja detalių funkcionavimas. Siekiant gaminio kokybės ir pakeičiamumo, detalių elementų matmenys, geometrinė forma, paviršių kokybę reglamentuojami standartais.

Bendrosios leidžiamosios nuokrypos yra sugrupuotos į keturias tikslumo klases, kurios žymimos mažosiomis raidėmis: f – tiksli, m – vidutinė, c – netiksli ir v – labai netiksli. Toks sąlyginis pažymėjimas supaprastina brėžinius.

Prenkant bendrųjų leidžiamųjų nuokrypų tikslumo klasę, atsižvelgiama į priimtą gamybos tikslumą. Jeigu reikalingas didesnis tikslumas (mažesnės leidžiamosios nuokrypos) negu numato tikslumo klasė, tuomet tokios leidžiamosios nuokrypos

rašomos prie nominalinio matmens. Bendrosios leidžiamosios nuokrypos linijiniams ir kampiniams matmenims tinka tada, kai brėžiniai ir techniniai reikalavimai atitinka LST EN 22768 standartą.

Linijiniai matmenys

Tolerancijų ir suleidimų sistemoje nustatyta 19 kвалitetų, žymimų eilės numeriais, didėjančiais didėjant tolerancijai: 01, 0, 1, 2, 3, 4, ... 15, 16, 17. Kvalitetas – tolerancijų, atitinkančių visų nominalinių matmenų vienodą tikslumo laipsnį, visuma tam tikro diapazono nominaliesiems matmenims. Nominalinis matmuo yra pagrindinis detalės matmuo, nuo kurio skaičiuojamos detalės matmens nuokrypos ir ribiniai matmenys (4.4 lentelė).

4.4 lentelė. Bendrosios ilgių matmenų leidžiamosios nuokrypos

Leidžiamosios nuokrypos klasė		Matmenų intervalai ir leidžiamosios nuokrypos, mm							
Žymėjimas	Tikslumas	0,5 iki 3	virš 3 iki 6	virš 6 iki 30	virš 30 iki 120	virš 120 iki 400	virš 400 iki 1000	virš 1000 iki 2000	virš 2000 iki 4000
f	tiksli	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	–
m	vidutinė	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	± 2
c	netiksli	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	± 2	± 3	± 4
v	labai netiksli	–	$\pm 0,5$	± 1	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	± 4	± 6	± 8

Pastaba: nominalinių matmenų, mažesnių kaip 0,5 mm, ribinės nuokrypos turi būti nurodytos prie nominalinio matmens.

Tolerancija (T) – didžiausiojo ir mažiausiojo ribinio matmens skirtumas, arba viršutinės ir apatinės nuokrypos algebrinio skirtumo absoliutus dydis. Fizine prasme tolerancija išreiškia galimo tikrųjų matmenų išsibarstymo dydį, t.y. nurodytą pagaminimo tikslumą. Didinant toleranciją, paprastai gaminių kokybė blogėja, bet gamybos savikaina mažėja.

Matmenų nuo 1 iki 1000 mm tolerancijos pateiktos 4.5 lentelėje.

Linijinių matmenų nuokrypos brėžiniuose gali būti nurodomos trimis būdais: skaitiniu tolerancijos lauko žymėjimu, pvz., $\varnothing 20^{+0,052}$, $\varnothing 60_{-0,074}$, raidiniu tolerancijos lauko žymėjimu – $\varnothing 20H9$, $\varnothing 60h9$ arba raidiniu tolerancijos lauko žymėjimu ir skliaustuose nurodomomis skaitinėmis matmens nuokrypomis – $\varnothing 20H9 (+0,052)$, $\varnothing 60h9 (-0,074)$.

4.5 lentelė. Matmenų nuo 1 iki 1000 mm tolerancijos, pateiktos mikrometrais

Nominalieji matmenys, mm	Kvalitetai							
	4	5	6	7	8	9	10	11
Iki 3	3	4	6	10	14	25	40	60
>3 ≤6	4	5	8	12	18	30	48	75
>6 ≤10	4	6	9	15	22	36	58	90
>10 ≤18	5	8	11	18	27	43	70	110
>18 ≤30	6	9	13	21	33	52	84	130
>30 ≤50	7	11	16	25	39	62	100	160
>50 ≤80	8	13	19	30	46	74	120	190
>80 ≤120	10	15	22	35	54	87	140	220
>120 ≤180	12	18	25	40	63	100	160	250
>180 ≤250	14	20	29	46	72	115	185	290
>250 ≤315	16	23	32	52	81	130	210	320
>315 ≤400	18	25	36	57	89	140	230	360
>400 ≤500	20	27	40	63	97	155	250	400
>500 ≤630	22	32	44	70	110	175	280	440
>630 ≤800	25	36	50	80	125	200	320	500
>800 ≤1000	28	40	56	90	140	230	360	560
	Kvalitetai							
	12	13	14	15	16	17		
Iki 3	100	140	250	400	600	1000		
>3 ≤6	120	180	300	480	750	1200		
>6 ≤10	150	220	360	580	900	1500		
>10 ≤18	180	270	430	700	1100	1800		
>18 ≤30	210	330	520	840	1300	2100		
>30 ≤50	250	390	620	1000	1600	2500		
>50 ≤80	300	460	740	1200	1900	3000		
>80 ≤120	350	540	870	1400	2200	3500		
>120 ≤180	400	630	1000	1600	2500	4000		
>180 ≤250	460	720	1150	1850	2900	4600		
>250 ≤315	520	810	1300	2100	3200	5200		
>315 ≤400	570	890	1400	2300	3600	5700		
>400 ≤500	630	970	1550	2500	4000	6300		
>500 ≤630	700	1100	1750	2800	4400	7000		
>630 ≤800	800	1250	2000	3200	5000	8000		
>800 ≤1000	900	1400	2300	3600	5600	9000		

Metalinų detalių, apdirbamų pjovimu, laisvuosius matmenis rekomenduojama gaminti pagal 14 tiksluminį kokybę. Skylių ir velenų laisvųjų matmenų nuokrypos dažniausiai skiriamos į medžiagos pusę (skylėms teigiamos +IT, velenams neigiamos -IT) ir simetrinės ($\pm IT/2$). Skylėms ir velenams nepriklausančių laisvųjų matmenų nuokrypos skiriamos tik simetrinės ($\pm IT/2$).

Kampiniai matmenys ir formos nuokrypos

Bendrosios kampinių matmenų leistinosios nuokrypos apima tik bendrą linijų arba dalių orientaciją, bet neapima jų formos ir padėties nuokrypų (4.6 lentelė). Formos ir padėties nuokrypoms naudojamas formos simbolio ir nuokrypos dydžio bendras aprašas prie paviršiaus, kuriam tai nurodoma (4.7 lentelė).

Paviršiaus formos nuokrypa laikomas didžiausias skirtumas tarp realios ir idealios geometrinio elemento formos. Paviršiaus formos nuokrypai normuoti yra nustatyta formos tolerancija.

Padėties nuokrypa yra paviršiaus, ašies ar simetrijos plokštumos realios padėties nuokrypa nuo nominaliosios padėties. Padėties nuokrypos normuojamos padėties tolerancijomis.

4.6 lentelė. Bendrosios kampinių matmenų leistinosios nuokrypos

Leidžiamosios nuokrypos klasė		Matmenų intervalai (pagal trumpesnės kraštinės nominalųjį ilgį) ir leidžiamosios nuokrypos, mm				
Žymėjimas	Tikslumas	iki 10	virš 10 iki 50	virš 50 iki 120	virš 120 iki 400	virš 400
f	tiksli	$\pm 1^\circ$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 20'$	$\pm 0^\circ 10'$	$\pm 0^\circ 5'$
m	vidutinė	$\pm 1^\circ$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 20'$	$\pm 0^\circ 10'$	$\pm 0^\circ 5'$
c	netiksli	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 15'$	$\pm 0^\circ 10'$
v	labai netiksli	$\pm 3^\circ$	$\pm 2^\circ$	$\pm 1^\circ$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 20'$

Suminę formos ir padėties nuokrypą sudaro paviršiaus formos nuokrypa kartu su padėties nuokrypa pasirinktos bazės atžvilgiu.

Padėties ir formos nuokrypos atsiranda apdirbant detales dėl pjovimo įrankio dilimo, tamprųjų staklių deformacijų, staklių judančių dalių pozicionavimo netikslumo, detalės tvirtinimo, sistemos detalė-įrankis-įtaisas virpesių ir kt.

Paviršių formos ir padėties nuokrypos bei tolerancijos ir jų sutartiniai žymėjimo ženklai pateikti 4.7 lentelėje.

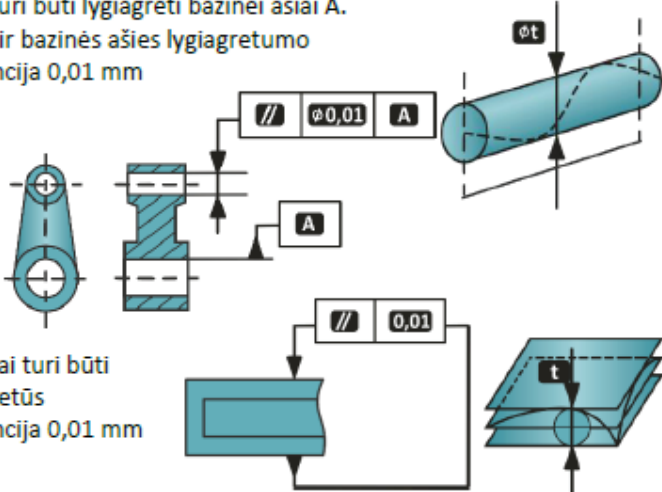
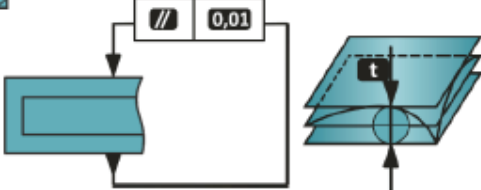
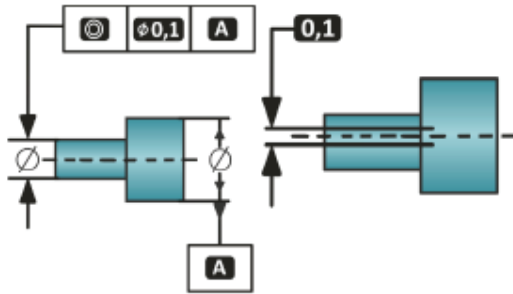
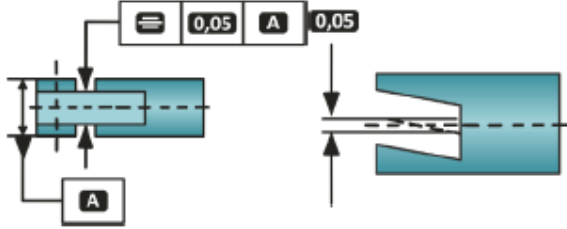
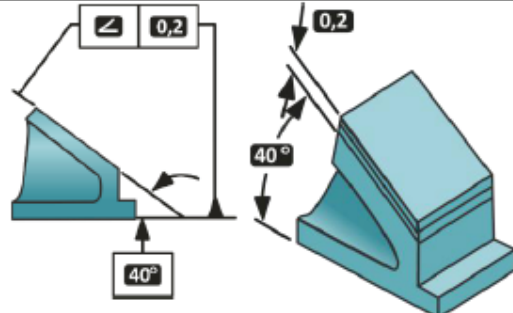
Suleidimai

Suleidimas yra skylės ir veleno sujungimo būdas, apibrėžiamas gaunamo jame tarpelio ar įvaržos dydžio. Suleidimai yra skirstomi į tris grupes: su tarpeliu, t.y. judamieji, su įvarža – nejudamieji ir tarpiniai. Suleidimams su tarpeliu būdingas garantuotas tarpelis tarp jungiamųjų detalių. Suleidimams su įvarža būdinga garantuota įvarža tarp jungiamųjų detalių. Tarpiniai suleidimai yra tokie, kuriuose tarp jungiamųjų detalių gali būti arba tarpelis, arba įvarža.

4.7 lentelė. Paviršiaus formos ir padėties bei suminės formos ir padėties tolerancijų žymėjimai

Tolerancijų grupė	Tolerancijos pavadinimas	Simbolis	Žymėjimas brėžiniuose ir tolerancijos ribos
1	2	3	4
	Plokštumo tolerancija		Atstumo tarp dviejų lygiagrečių plokštumų tolerancija 0,05 mm
	Apskritumo tolerancija		Dviejų koncentriškų apskritimų tolerancija 0,02 mm visuose kūgio ilgio / pjūvio taškuose
	Cilindriškumo tolerancija		Paviršiaus tarp dviejų bendraašių cilindriškumo tolerancija 0,05 mm
	Tiesumo tolerancija		Cilindro ašies tiesumo tolerancija 0,03 mm
	Išilginio pjūvio profilio formos tolerancija		
	Statmenumo tolerancija		Skersmens ašies statmenumo paviršiui A tolerancija 0,1 mm

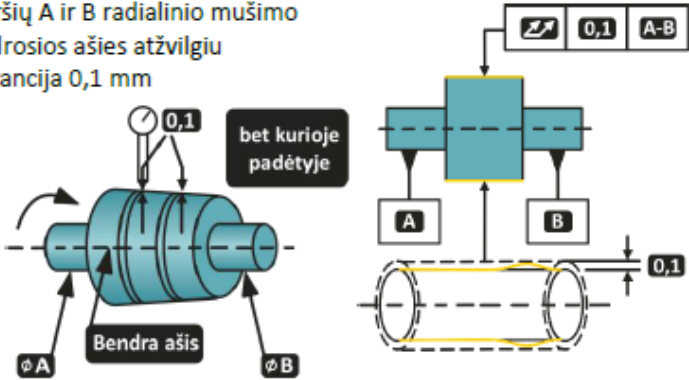
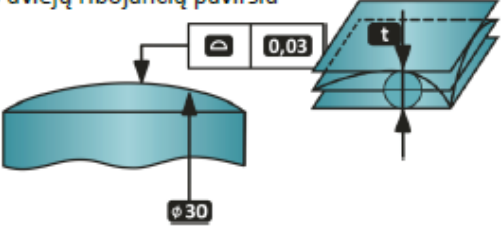
4.7 lentelės tęsinys

1	2	3	4
	Lygiagretumo tolerancija		Skylė turi būti lygiagreti bazinei ašiai A. Skylės ir bazinės ašies lygiagretumo tolerancija 0,01 mm  Paviršiai turi būti lygiagretūs tolerancija 0,01 mm 
	Bendraašiskumo tolerancija		Skersmens ašies bendraašiskumo tolerancija 0,1 mm bazinei skersmens A ašiai 
	Simetriškumo nuokrypa		Išpjovos simetriškumo skersmens bazinei ašiai A tolerancija 0,05 mm 
	Posvyrio tolerancija		Paviršiaus posvyrio į bazinį paviršių tolerancija 0,2 mm 

4.7 lentelės tęsinys

1	2	3	4
	Padėties tolerancija		Skylės ašis turi būti cilindro, kurio skersmuo $t = 0.05$ mm, ribose. Cilindro ašinė linija turi sutapti su skylės ašine linija plokštumų A, B ir C atžvilgiu.
	Ašių susikirtimo tolerancija		Skylės ašies susikirtimo tolerancija 0,01 mm bazinei skylės A ašiai
	Radialinio arba / ir galinio mušimo tolerancija. Mušimo nurodyta kryptimi tolerancija		Paviršių A ir B radialinio mušimo skersmens ašies atžvilgiu tolerancija 0,1 mm Paviršiaus C galinio mušimo cilindrinio A paviršiaus ašies atžvilgiu tolerancija 0,1 mm
Suminės formos ir paviršiaus padėties tolerancijos	Profilio (linijos) formos tolerancija		Profilis turi būti tarp dviejų ribojančių linijų 0,08 mm tolerancijos dydžiu

4.7 lentelės tęsinys

1	2	3	4
	Suminė radialinio arba suminė galinio mušimo tolerancija		Paviršių A ir B radialinio mušimo bendrosios ašies atžvilgiu tolerancija 0,1 mm  bet kurioje padėtyje φ A Bendra ašis φ B
	Paviršiaus formos tolerancija		Paviršius turi būti tarp dviejų ribojančių paviršių 0,03 mm tolerancijos dydžiu  φ 30

PRAKTINIAI PATARIMAI:

glotniojo apdirbimo metu rekomenduojama su indikatoriniu prietaisu patikrinti detalės radialinį mušimą.

Suleidimų tikslumas būna nuo 5 iki 12 kvaliteto. Suleidimams su skirtingais tarpeliais ir įvaržomis sudaryti matmenims iki 500 mm yra numatytos 28 pagrindinės nuokrypos velenams ir skylėms. Pagrindinė yra ta nuokrypa, kuri nurodo tolerancijos lauko padėtį nulinės linijos atžvilgiu (nulinė linija atitinka nominalųjį matmenį). Vaizduojant nuokrypas grafiškai, nuo jos atidedamos teigiamosios ir neigiamosios nuokrypos. Skylių pagrindinės nuokrypos žymimos didžiosiomis lotynų abėcėlės raidėmis, velenų – mažosiomis.

Rekomenduotini tolerancijų laukai skylėms ir velenams pateikti atitinkamai 4.8 ir 4.9 lentelėse.

Suleidimus žymint surinkimo brėžiniuose, užrašomas nominalusis sujungimo matmuo ir trupmena, kurios skaitiklyje nurodomas skylės tolerancijos laukas arba ribinės nuokrypos, o vardiklyje – veleno tolerancijos laukas arba ribinės nuokrypos, pvz., $\varnothing 20H7/h6$, $\varnothing 20 \frac{(+0,021)}{(-0,013)}$ arba $\varnothing 20 \frac{H7 (+0,021)}{h6 (-0,013)}$.

4.8 lentelė. Suleidimams rekomenduojami 1-500 mm skersmens skylių tolerancijų laukai

Skylių pagrindinės nuokrypos	Kvalitetai							
	5	6	7	8	9	10	11	12
A					(A9)		A11	
B					(B9)		B11	B12
C				(C8)	(C9)		C11	
D		(D6)	(D7)	D8	D9	D10	D11	
E	(E5)	(E6)	(E7)	E8	E9			
F	(F5)	(F6)	F7	F8	F9			
G	G5	G6	G7					
H	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
Js	Js5	Js6	Js7	Js8				
K	K5	K6	K7	K8				
M	M5	M6	M7	M8				
N	N5	N6	N7	N8	N9			
P	(P5)	P6	P7	(P8)	(P9)			
R			R7	(R8)				
S		(S6)	S7					
T		(T6)	T7					
U			(U7)	U8				
Z				(Z8)				

4.9 lentelė. Suleidimams rekomenduojami 1-500 mm skersmens velenų tolerancijų laukai

Skylių pagrindinės nuokrypos	Kvalitetai								
	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a						(a9)		a11	
b						(b9)		b11	b12
c					c8	(c9)		c11	
d			d6	(d7)	d8	d9	d10	d11	
e		(e5)	(e6)	e7	e8	e9			
f	(f4)	(f5)	(f6)	F7	F8	F9			
g	g4	g5	g6						
h	h4	h5	h6	h7	h8	h9	h10	h11	h12
js	js4	js5	js6	js7	js8				
k	k4	k5	k6	k7					
m	m4	m5	m6	m7					
n	n4	n5	n6	n7					
p	(p4)	p5	p6						
r		r5	r6						
s		s5	s6	s7	(s8)				
t		t5	t6	(t7)					

4.9 lentelės tęsinys

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
u		(u5)	(u6)	u7	u8				
v			(v6)	(v7)					
x				(x7)	x8				
z				(z7)	z8				

Pastaba: skliaustuose nurodyti papildomi tolerancijų laukai. Neapskliausti – rekomenduotini ir pirmenybiniai tolerancijų laukai.

Esant skirtingoms veleno ir skylės tolerancijoms, patartina, kad skylės tolerancija būtų didesnė už veleno toleranciją ne daugiau kaip dviem kokybės lygmenimis.

PRAKTINIAI PATARIMAI:

tolerancijų, suleidimų ir kitų tikslumo parametrų reikšmes taip pat galima rasti naudojantis programėlėmis, pritaikytoms išmaniesiems įrenginiams.

4.3. Matavimo priemonės

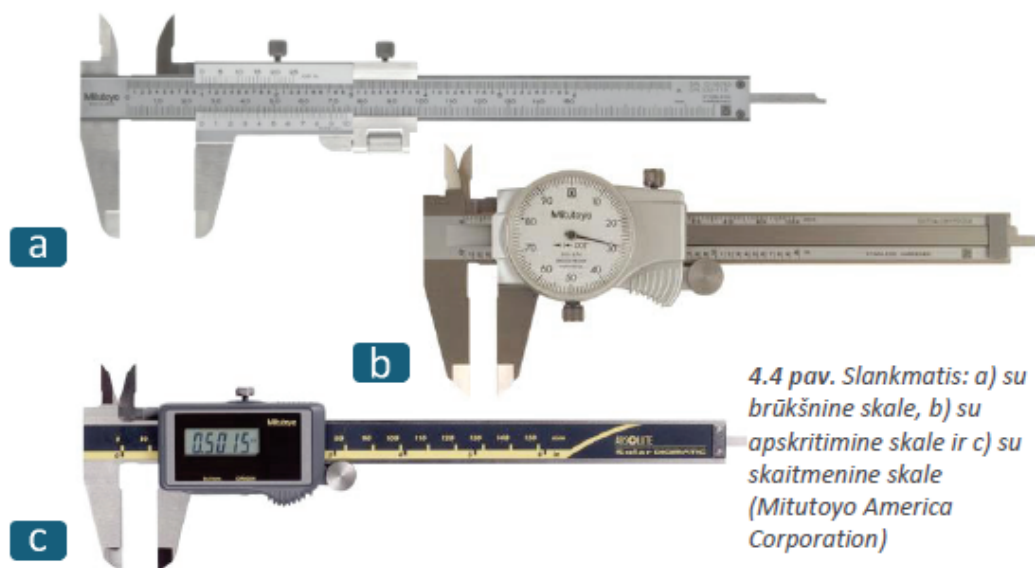
Šiame skyriuje trumpai apžvelgtos matavimo priemonės, kurias staklių operatorius naudoja savo darbo vietoje. Nustatyta, kad apie 90 proc. mechanškai apdirbtoms detalėms matuojamų parametrų yra ilgiai ir ilgių santykiai. Tai skersmenys, spinduliai, ilgiai, pločiai, storiai, aukščiai, gyliai, kampai, atstumai tarp centrų, sriegių, kūgių, krumplių matmenys, formų, padėties tikslumą ir paviršiaus kokybę apibūdinantys rodikliai.

Pagaminta detalė turi būti tokių matmenų, formos ir paviršiaus šiurkštumo, kaip nurodyta darbo brėžinyje. Matuoti galima absoliutiniu arba palyginamuoju metodu. Matuojant absoliutiniu metodu, iš karto gaunamas matuojamosios detalės matmuo, pavyzdžiui, matuojant slankmačiu. Palyginamuoju metodu gaunamas ne absoliutus dydis, bet nuokrypos nuo nustatyto dydžio, pavyzdžiui, matuojant indikatoriumi. Gamyboje matavimo priemonės parenkamos taip, kad matavimo paklaidos neviršytų 1/10 tolerancijos. Staklių operatoriaus matavimo įrankiai skirstomi į dvi grupes – universaliuosius, skirtus dydžiams matuoti nustatytose ribose, ir specialiuosius, skirtus tiksliai vieno matmens arba formos dydžiams matuoti, pavyzdžiui, kalibrus, šakutes.

Paprasčiausios matavimo priemonės yra su pagrindine brūkšnine matmenų skale ir jai patikslinti skirta pagalbinė nonijaus skala (pavadinta portugalų matematiko, astronomo ir išradėjo P. Nunes vardu), leidžiančia tiksliai apskaičiuoti pagrindinės skalės padalos dalis.

Vieni dažniausiai naudojamų rodmeninių matavimo priemonių yra *slankmačiai* (4.4, a pav.).

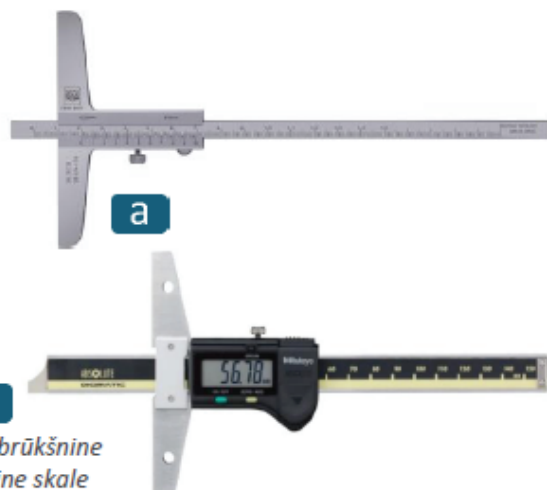
Jais galima išmatuoti detalės ilgį, storį, plotį, išorinį arba vidinį skersmenį, skylės gylį. Priklausomai nuo slankmačio tikslumo klasės, jų atskaitos vertė yra 0,1, 0,05 arba 0,02 mm. Slankmačiai gaminami įvairių konstrukcijų, su skirtingomis matavimo ribomis (0÷125, ... , 0÷3000 mm). Nustatant matmenį, sveiki milimetrai atskaičiuojami pagrindinėje skalėje, iki nonijaus skalės nulinio brūkšnelio. Milimetro dalys atskaičiuojamos nonijuje suradus tą brūkšnelį, kuris tiksliau už kitus sutampa su kuriuo nors pagrindinės skalės brūkšneliu. Šalia slankmačių su brūkšnine skale vis plačiau naudojami slankmačiai su apskritimine skale, kurių matavimo sistemą sudaro krumpliatstiebis ir krumpliaratis (4.4, b pav.) ir ypač su skaitmenine skale (4.4, c pav.).



Skaitmeninės skalės leidžia žymiai greičiau atskaityti rezultatus, išvengti klaidų, matavimo priemonės galima prijungti prie kompiuterių, perduoti rezultatus nuotoliniu būdu.

Slankmačio tipo **gylimačiai** skirti aklinių skylių ir griovelių gyliams ir pakopų aukščiams matuoti (4.5, a pav.). Matuojamojo matmens skaitinė vertė nustatoma analogiškai kaip ir matuojant su slankmačiu.

Patogesni naudojimui yra gylimačiai su skaitmenine skale (4.5, b pav.) įvairių konstrukcijų gylimačių matavimo ribos būna nuo 0 iki 800 mm.





4.6 pav. Kampangatis
(HOLEX/Hoffmann Group)

Vidinių ir išorinių paviršių, kūginių velenų ir įvorių kampų matavimui yra naudojami **kampangčiai** (4.6 pav.).

Kad būtų galima tiksliau atskaityti rezultatus, kampangčiuose įtaisytos nonijaus skalės arba optiniai prietaisai (4.7 pav.).

4.7 pav. Kampangčio nonijaus skalė su didinamąja lupa (Marui-Keiki Co., LTD.)



Pagrindinės mikrometrinės matavimo priemonės, skirtos geometriniams matavimams, yra **mikrometrai** išoriniams matavimams, gylimačiai ir vidmačiai. Šios priemonės veikia sraigto principu. Jose linijiniams matavimams panaudojamas sukimosi judesys, kuris apriboja matavimo ribas, todėl dažniausiai mikrometrai skirti apibrėžto matuojamojo dydžiui diapazonui (0–25 mm, 25–50 mm, 50–75 mm ir t.t.). Mikrometrinėse matavimo priemonėse matmenys atskaitomi naudojantis dviem skalėmis (4.8 pav.). Sveiki milimetrai ir jų pusės atskaitomos ant išilginės prietaiso skalės, o šimtosios milimetro dalys – ant būgnelio kūginės dalies skalės. Vienos padalos vertė lygi 0,01 mm, nes skalė ant būgnelio paprastai turi 50 padalų, o sraigto žingsnis yra 0,5 mm. Kai kurių mikrometrų sraigto žingsnis yra 1 mm, o būgnelis turi 100 padalų. Išoriniams dydžiams matuoti skirtų mikrometrų korpusai yra pasagos formos, kurios viena dalis yra nejudama ir naudojama detalei atremti, o kitoje įtvirtinamas judamas cilindro pavidalo kotas su išilgine skale (4.9 pav.). Mikrometrų matavimo ribos, kurios didinamos naudojant didesnes pasagas ir keičiamąsias arba reguliuojamąsias atramas, gali būti įvairios. Darbinio sraigto ilgis paprastai yra 25 mm, todėl mikrometrai, kurių viršutinė matavimo riba 50 mm ir daugiau, nustatymui į nulinę padėtį turi kontrolinius ilgio strypelius.



4.8 pav. Mikrometro skalės



4.9 pav. Mikrometras išoriniams matmenims matuoti
(Mitutoyo America Corporation)

Mikrometrinio gyliamačio paskirtis analogiška anksčiau aprašytam gyliamačiui su brūkšnine skale. Jo matavimo ribas, priešingai nei išorinių matmenų mikrometro konstrukcijoje, galima keisti pakeičiant matavimo strypelio ilgį, bet nekeičiant korpuso (4.10 pav.).



4.10 pav. Mikrometrinis gyliamatis su keičiamaisiais matavimo strypeliais: a) su brūkšnine skale, b) su skaitmeniniu indikatoriumi (Mitutoyo America Corporation)



4.11 pav. Mikrometrinis vidmatis: a) su brūkšnine skale, b) su skaitmeniniu indikatoriumi (Mitutoyo America Corporation)

Indikatoriai skirti detalių geometrinei formai ir paviršių tarpusavio padėčiai matuoti bei įvairiems matmenims matuoti palyginamuoju metodu (4.12 pav.). Priklausomai nuo matuojamo elemento formos, indikatorius pritvirtinamas prie atitinkamo korpuso ar konstrukcijos.

Indikatoriais tikrinamas detalių radialinis arba galinis mušimas, cilindrinų paviršių apskritumas, kūgiškumas, plokštumų tiesumas, plokštumas. Dažniausiai naudojami indikatoriai su 0,01 mm padalos verte, o matavimo ribos 0–2 arba 0–10 mm. Juose vienas rodyklės apsisukimas atitinka indikatoriaus stiebelio pasislinkimą per 1 mm. **Indikatoriniais arba**



4.12 pav. Indikatorius: a) laikrodis, b) skaitmeninis (Mitutoyo America Corporation)

skaitmeniniais vidmačiais tikrinami detalių vidinių elementų matmenys ir jų geometrija (4.13 pav.).



4.13 pav. Vidmatis: a) indikatorinis, b) skaitmeninis (Kroepelin GmbH)

Indikatoriniais arba skaitmeniniais gyliamačiais tikrinami detalių aklinių skylių, griovelinių ir išėmų gyliai (4.14 pav.).



4.14 pav. Indikatorinis gyliamatis (Mitutoyo America Corporation)

Kalibrai naudojami detalėms tikrinti arba matavimo prietaisams kalibruoti. Kalibrais nustatomi apdirbamųjų detalių ribiniai dydžiai, t.y. leistina mažiausia ir didžiausia matmenų nuokrypa. Pagal paskirtį kalibrai gali būti šių rūšių: matmenų kalibrai, formos elementų padėties tikrinimo kalibrai, kontroliniai kalibrai ir darbiniai kalibrai. Ribinis arba darbinis kalibras susideda iš dviejų dalių (praeinančiosios ir nepraeinančiosios), apibrėžiančių matuojamojo matmens nuokrypų ribas.

Tikrinant veleną, praeinančiosios dalies matmuo atitinka didžiausią ribinį matmenį, o tikrinant skylę – mažiausią. Nepraeinančiosios dalies matmuo atitinka mažiausią ribinį matmenį, tikrinant veleną, ir didžiausią ribinį matmenį, tikrinant skylę.

Detalių išoriniams skersmenims tikrinti naudojamos vienos arba dvišakutės šakutės (4.15 pav.).



4.15 pav. Dvipsė šakutė (Hoffmann Group)



Vienpusiai arba dvipusiai kalibrai – kamščiai naudojami vidiniams skersmenims matuoti (4.16 pav.).

4.16 pav. Dvipsė kalibras-kamštis (Hoffmann Group)

Ilgųjų kalibrai naudojami ilgiams tikrinti. Kūginės skylės, Morzės ir metriniai kūgiai gali būti tikrinami ir kalibrais – kamščiais ir kalibrais-įvorėmis (4.17 pav.).

4.17 pav. Kalibras-kamštis kūginei skylei tikrinti (Hoffmann Group)

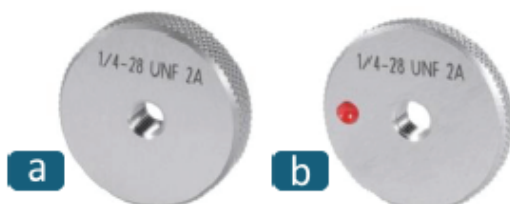


Sriegių tikslumas nustatomas pagal išorinio ir vidurinio skersmens, sriegio profilio kampo ir sriegio žingsnio tikslumą.

Srieginiai ribiniai kalibrai naudojami vidiniams ir išoriniams sriegiams tikrinti. Vidiniai sriegiai tikrinami ribiniais srieginiais kamščiais (4.18 pav.). Išoriniai sriegiai tikrinami ribiniais srieginiais žiedais (4.19 pav.). Tiek srieginiai kamščiai, tiek ir srieginiai žiedai yra praeinantieji ir nepraeinantieji.

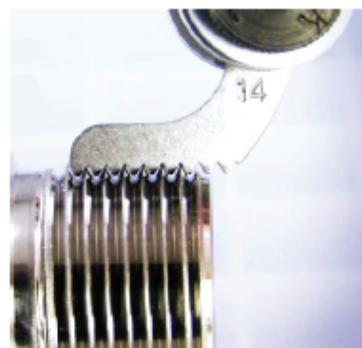


4.18 pav. Srieginis ribinis kalibras-kamštis (Hoffmann Group)



4.19 pav. Srieginiai ribiniai žiedai:
a) praeinantysis, b) nepraeinantysis
(Hoffmann Group)

Sriegio žingsnį galima išmatuoti žingsniamačiu. Labiausiai paplitę uždedamieji žingsniamačiai. Matuojant žingsniamačio plokštelė prispaudžiama prie sriegio profilio (4.20 pav.). Esant vienodam sriegio ir plokštelės žingsniui, plokštelė tiksliai sutampa su



4.20 pav. Žingsniamačio plokštelės: a) plokštelių rinkinys (Mitutoyo America Corporation) ir b) sriegio žingsnio matavimas uždedamuoju žingsniamačiu (World Wide Metric, Inc.)

matuojamojo sriegio profiliu. Labai tikslių sriegių žingsniui matuoti naudojami mikroskopai. Išorinis sriegio skersmuo gali būti matuojamas srieginiu mikrometru. Sriegio vidurinį skersmenį galima išmatuoti trijų vielų metodu. Matuojant šiuo metodu, į sriegio vijų tarpus iš abiejų pusių įdedamos trys tikslios vienodo skersmens kalibrai-

vielos. Kalibrų-vielų skersmuo parenkamas taip, kad jos liestų sriegio profilį ties viduriniu skersmeniu. Po to, mikrometru išmatuojamas atstumas tarp įdėtų vielų išorinių paviršių ir pagal gautą matavimo rezultatą nustatomas sriegio vidurinis skersmuo.

Detalių paviršių mikrogeometrijai tikrinti yra daug priemonių, kurios įvertina paviršių kontaktiniu, bekontaktiniu ir subjektyviu matavimo metodais. Darbo vietoje detalės paviršiaus šiurkštumas dažnai įvertinamas be prietaisų, subjektyviu metodu, t.y. palyginimu su šiurkštumo pavyzdžių-etalonu. Šiurkštumo pavyzdžių-etalonų



4.21 pav. Šiurkštumo pavyzdžių-etalonų rinkinys (Hoffmann Group)

rinkiniai paruošiami įvairiems apdirbimo būdams ir medžiagoms (4.21 pav.). Rinkinys pridedamas prie tikrinamojo paviršiaus ir vizualiai vertinama, koks yra detalės paviršiaus šiurkštumas.

Kontaktinių šiurkštumo matavimo prietaisų veikimas pagrįstas tuo, kad detalės paviršiaus nelygumai liečiami specialiu antgaliu, kuris slenka matuojamuoju paviršiumi. Šiuo principu veikia praktiniame darbe dažnai naudojami *šiurkštomačiai*, kurie pateikia skaitinę paviršiaus šiurkštumo charakteristiką R_a (4.22 pav.).

Tokie paviršiaus šiurkštumo matavimo prietaisai, turintys lietimo sistemą, kalibruojami šiurkštumo etalonais. Bekontaktiniai šiurkštumo matavimo prietaisai naudojami išimtai laboratorijose.



4.22 pav. Šiurkštomatis (Mahr GmbH)

PRAKTINIAI PATARIMAI:

prieš matuojant detalę slankmačiu ar kita matavimo priemone, patikrinti ar matavimo priemonė sukalibruota, o matuojamieji paviršiai neturi užvartų po apdirbimo.