

Geometrické tolerancie a ich predpis sú popísané v norme STN EN ISO 1101 z roku 2006 [46], ktorá v celom rozsahu nahrádza predošlé normy STN 01 4401 a STN 01 3137 z roku 1981.

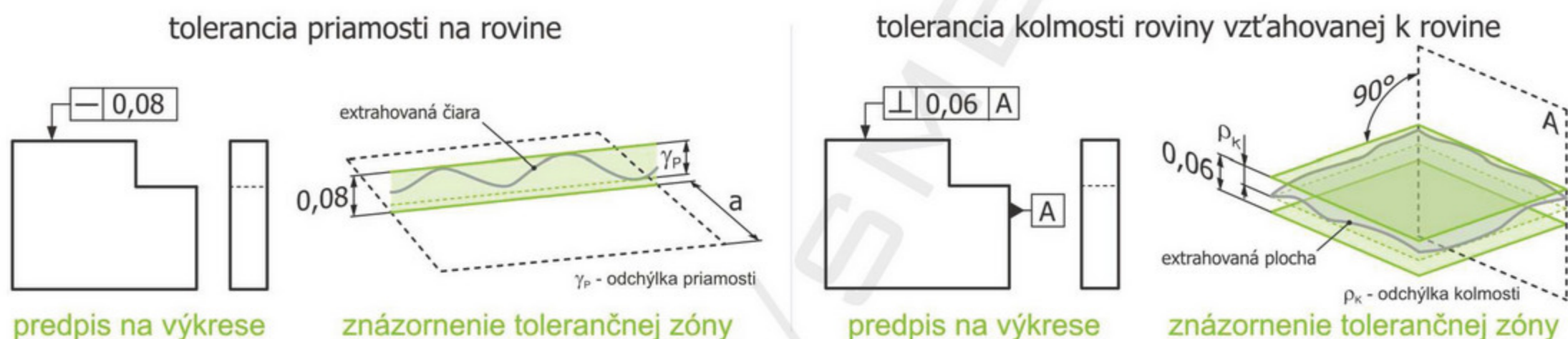
Geometrické tolerancie sa podľa tejto normy delia do štyroch kategórií: tvaru, orientácie, polohy a hádzania. Všeobecné informácie o geometrických toleranciách obsahuje teória pre úlohu č.7.

Tolerovanie priamosti a kolmosti

Tolerancia priamosti patrí do skupiny tolerancií tvaru. Predpisom na výkrese sa určuje maximálna dovolená odchýlka skutočného tvaru (nameraného) od ideálneho (menovitého). V prípade tolerancie priamosti musí čiara skutočného povrchu (tzv. extrahovaná čiara) ležať medzi dvoma rovnobežkami alebo rovnobežnými rovinami vzdialenými od seba o hodnotu tolerancie (Obr.8.1 vľavo). Ak je pred hodnotou tolerancie značka \emptyset , tolerančná zóna má tvar valca, a teda extrahovaná čiara musí ležať vo vnútri tejto zóny. Takýto predpis sa používa napríklad pri tolerovaní priamosti osi valcovej súčiastky.

Poznámka: Odchýlky tvaru sa neviažu na menovitý rozmer, iba na menovitý tvar.

Tolerancia kolmosti patrí do skupiny tolerancií orientácie. Pri tolerancii kolmosti je tolerančná zóna ohraničená dvoma rovnobežnými rovinami vzdialenými o hodnotu tolerancie a je kolmá na predpísanú základňu (Obr.8.1 vpravo).



Obr.8.1 Príklady tolerovania priamosti a kolmosti

Vyhodnocovanie odchýlok priamosti

Priamosť sa kontroluje rôznymi metódami a rôznymi meracími prístrojmi. V dielenskej praxi sa často využívajú jednoduché pomôcky a meradlá ako pravítka, nožové uholníky, prizmy či základné rovnobežné mierky, ktoré majú garantovanú veľmi nízku odchýlku priamosti. Porovnaním s kontrolovaným objektom nižšej triedy presnosti je často voľným okom alebo použitím lupy či mikroskopu vidieť odchýlky tvaru voči zvolenému etalónu.

Ak však potrebujeme presne stanoviť veľkosť odchýlky priamosti a kvantitatívne ju popísať, využívame meracie prístroje. Najčastejšie sa využívajú zariadenia s číselníkovými odchýlkomermi alebo presnými číselníkovými odchýlkomermi.

V praxi sa môžeme stretnúť aj s meraním bezdotykovým. Ide o vyhodnocovanie na profilprojektoroch a meracích mikroskopoch, kde sa priamosť môže buď porovnávať so šablónou alebo sa merajú súradnice polohy bodov vyhodnocovaného profilu. V modernej praxi sa využívajú aj optické metódy kamerové na identifikovanie hrán alebo laserové na určenie vzdialenosti laserovým bodom osvetleného povrchu od senzora (tzv. triangulačná metóda).

Pri kontrole vysoko akostných plôch s malými odchýlkami tvaru, akými sú napríklad funkčné plochy základných rovnobežných mierok, sa využíva interferencia svetla.

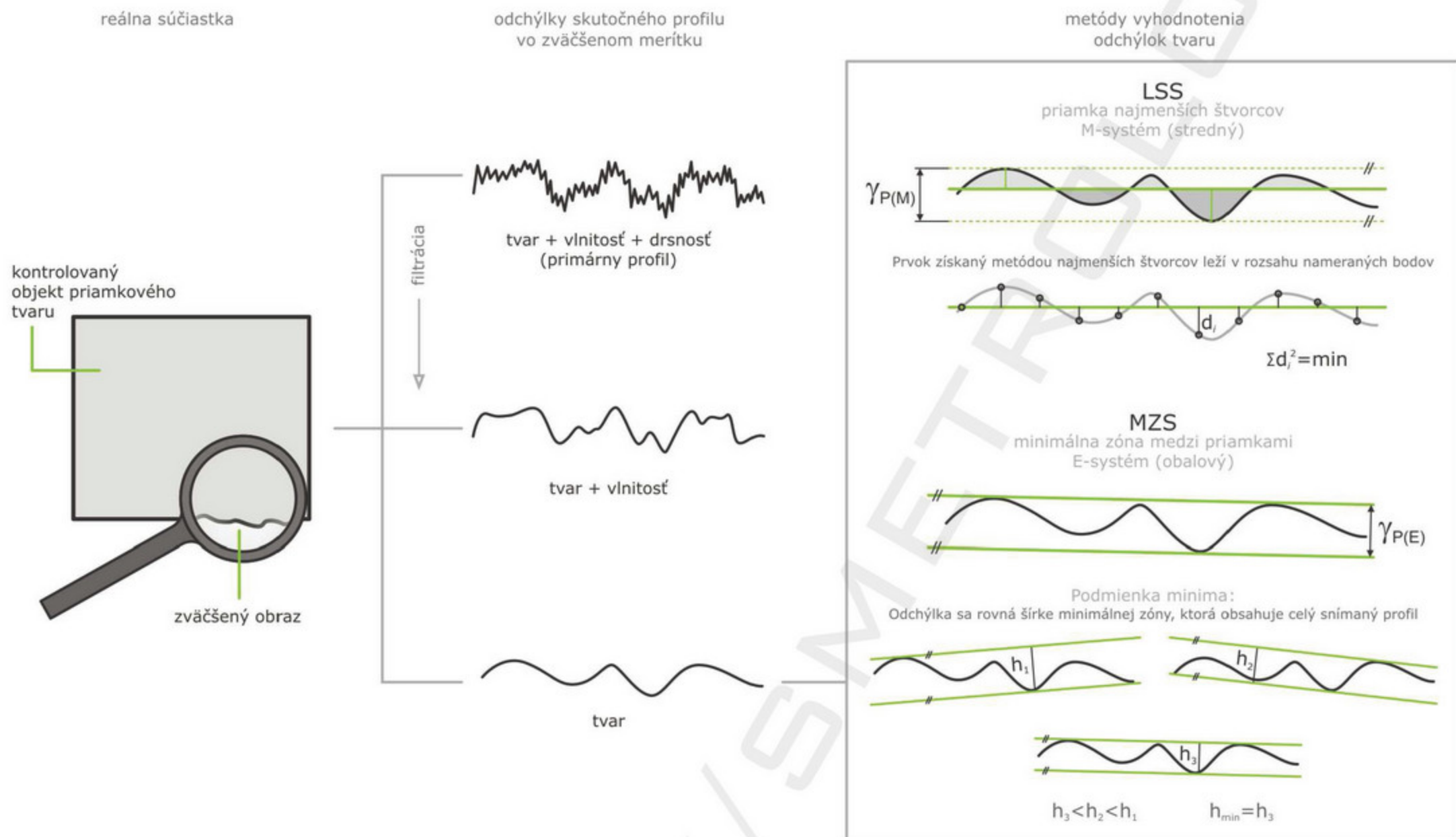
Priamosť väčších objektov sa často meria ďalekohľadmi a autokolimátormi.

Čoraz častejšie sa však na vyhodnocovanie odchýlok tvaru, teda aj priamosti, využíva súradnicová meracia technika. Tá patrí k univerzálnym nástrojom na vyhodnocovanie ľubovoľných odchýlok tvaru aj tvarovo komplikovaných súčiastok.

Výstupom z merania odchýlok priamosti je extrahovanie väčšieho množstva povrchových bodov reprezentujúcich meraný objekt. Tie sa však od teoretickej priamky viac či menej líšia. Na vyhodnotenie odchýlky priamosti ako jedinej reprezentatívnej hodnoty potrebujeme tieto body vyhodnotiť. Pre vyhodnotenie priamosti sa používajú dve metódy: LSS a MZS (Obr.8.2).

LSS je metóda vyhodnocovania nazývaná tiež Gaussova metóda, metóda strednej čiary alebo tiež M systém. Prvok ideálneho tvaru, v tomto prípade priamka, sa preloží snímanými bodmi profilu tak, aby súčet kvadrátov vzdialeností bodov od strednej priamky bol minimálny. Od tejto priamky sa v kolmom smere vyhodnotí najväčšia vzdialenosť dvoch bodov profilu, čiže odchýlka priamosti $\gamma_{P(M)}$.

MZS sa tiež nazýva Čebyševová metóda, metóda obalová alebo tiež E systém. Podstatou je vytvorenie dvoch rovnobežných priamok, ktoré budú tvoriť obálku profilu. Podmienkou pre vyhodnotenie odchýlky priamosti je vytvorenie minimálnej novej zóny z dvoch rovnobežiek, ktorá bude obsahovať všetky body profilu. Odchýlka priamosti $\gamma_{P(E)}$ je potom definovaná ako vzdialenosť medzi týmito priamkami.



Obr.8.2 Metódy vyhodnocovania odchýlok priamosti

Vyhodnocovanie odchýlok kolmosti

Odchýlky kolmosti sa v dielenskej praxi zisťujú pomocou kontrolných uholníkov príložných alebo nožových (tzv. vlasových). Kolmosť sa dá kontrolovať aj rámovými vodovákami, autokolimátormi s použitím pentagonálneho hranolu alebo prístrojmi určenými priamo na kontrolu kolmosti. Tieto prístroje sú v prevedení dotykovom s presnými odchýlkomermi, elektronické s dotykovými alebo bezdotykovými snímačmi.

Pre vyhodnotenie kolmosti je potrebné merať hodnotu odchýlky minimálne v dvoch výškach na predpísanej dĺžke. Odchýlka kolmosti je potom rozdielom odchýlok zistených na tejto dĺžke.

ÚLOHA Č.8

MERANIE ODCHÝLOK PRIAMOSTI A KOLMOSTI

Meranie kolmosti a priamosti dotykovou metódou

Kolmosť i priamosť je možné merať dotykovým spôsobom na prístroji firmy Suhl (Obr.8.3). Kontrolovaná súčiastka (prizma) sa postaví na predmetový stolík tak, aby sa opierala o pevný dotyk. Merací dotyk sa pri kontakte so súčiastkou vychýli a na stupnici mikrokátora sa zobrazí veľkosť odchýlky.

Meranie kolmosti sa kvôli kompenzácii systematickej chyby spôsobenej nedokonalou kolmosťou stĺpa prístroja voči predmetovému stolíku prevádza z ľavej aj pravej strany a odchýlka kolmosti je priemernou hodnotou odchýlok kolmosti získaných z ľavej a pravej strany. Meranie sa vykonáva v dvoch výškach, v ktorých sa získavajú odchýlky dvoch bodov povrchu I a II (Obr.8.4). Rozdiel odchýlok nameraných v týchto bodoch udáva odchýlku kolmosti na zvolenej dĺžke ramena L_K .

Pre výslednú odchýlku kolmosti platí

$$\rho_K = \frac{\rho_{K_L} + \rho_{K_P}}{2} \quad (8.1)$$

$$\rho_{K_L} = |\bar{v}_{I_L} - \bar{v}_{II_L}| \quad (8.2)$$

$$\rho_{K_P} = |\bar{v}_{I_P} - \bar{v}_{II_P}| \quad (8.3)$$

$$\bar{v}_{I_L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_{I_{Li}}; \quad \bar{v}_{II_L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_{II_{Li}}; \quad \bar{v}_{I_P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_{I_{Pi}}; \quad \bar{v}_{II_P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_{II_{Pi}} \quad (8.4)$$

kde ρ_{K_L} je odchýlka kolmosti merania z ľavej strany,

ρ_{K_P} je odchýlka kolmosti merania z pravej strany,

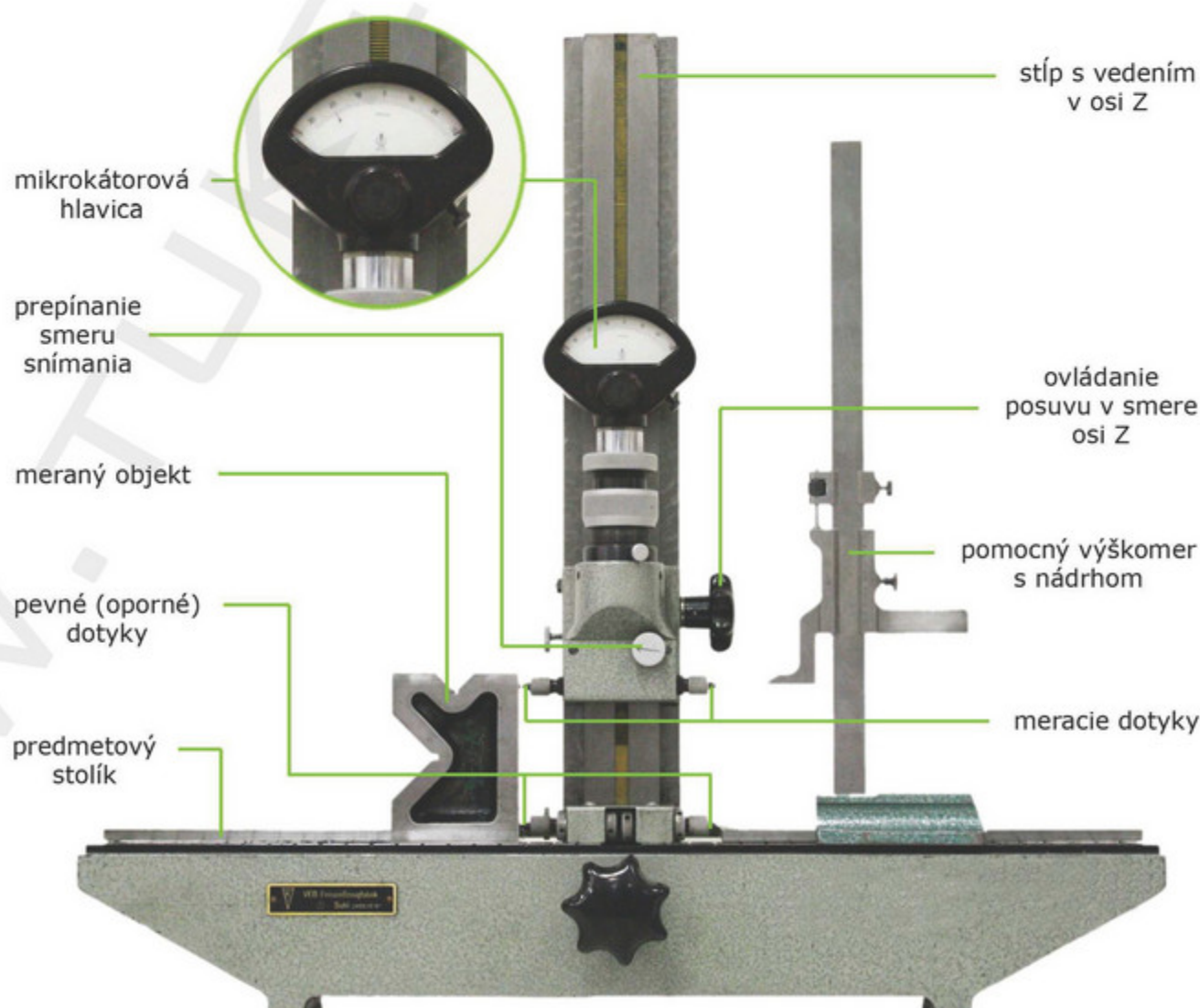
$v_{I_{Li}}, v_{II_{Li}}, v_{I_{Pi}}, v_{II_{Pi}}$ sú odchýlky namerané v polohách I a II z ľavej a pravej strany,

$\bar{v}_{I_L}, \bar{v}_{II_L}, \bar{v}_{I_P}, \bar{v}_{II_P}$ sú aritmetické priemery odchýlok nameraných v polohách I a II z ľavej a pravej strany,

n je počet meraní.

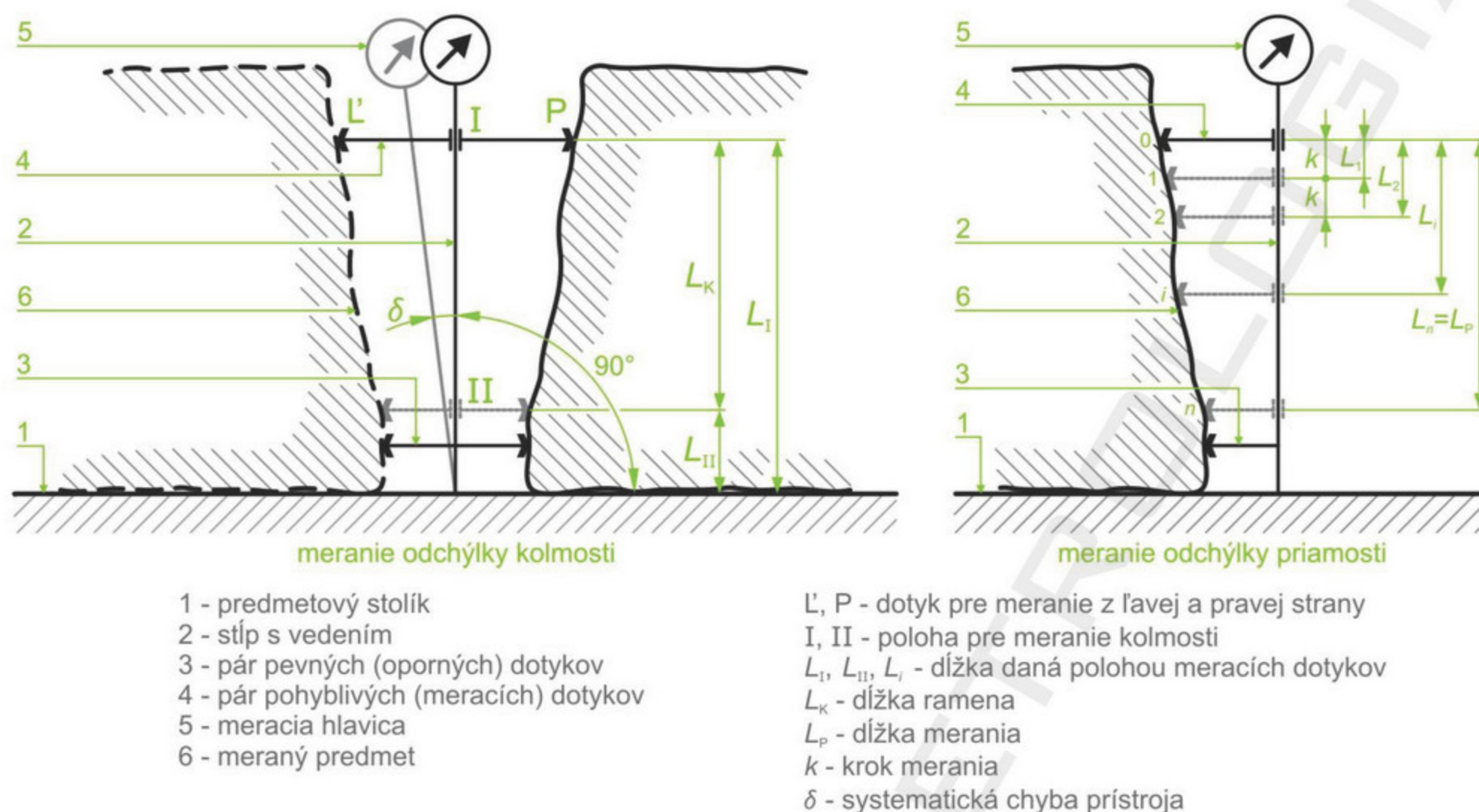
Keďže je odchýlka kolmosti meraná na dĺžke ramena výsledok je potrebné zapísať v tvare

$$\frac{\rho_K \text{ } \mu\text{m}}{L_K \text{ mm}} \text{ napr. } \frac{10,5 \text{ } \mu\text{m}}{60 \text{ mm}} \quad (8.5)$$



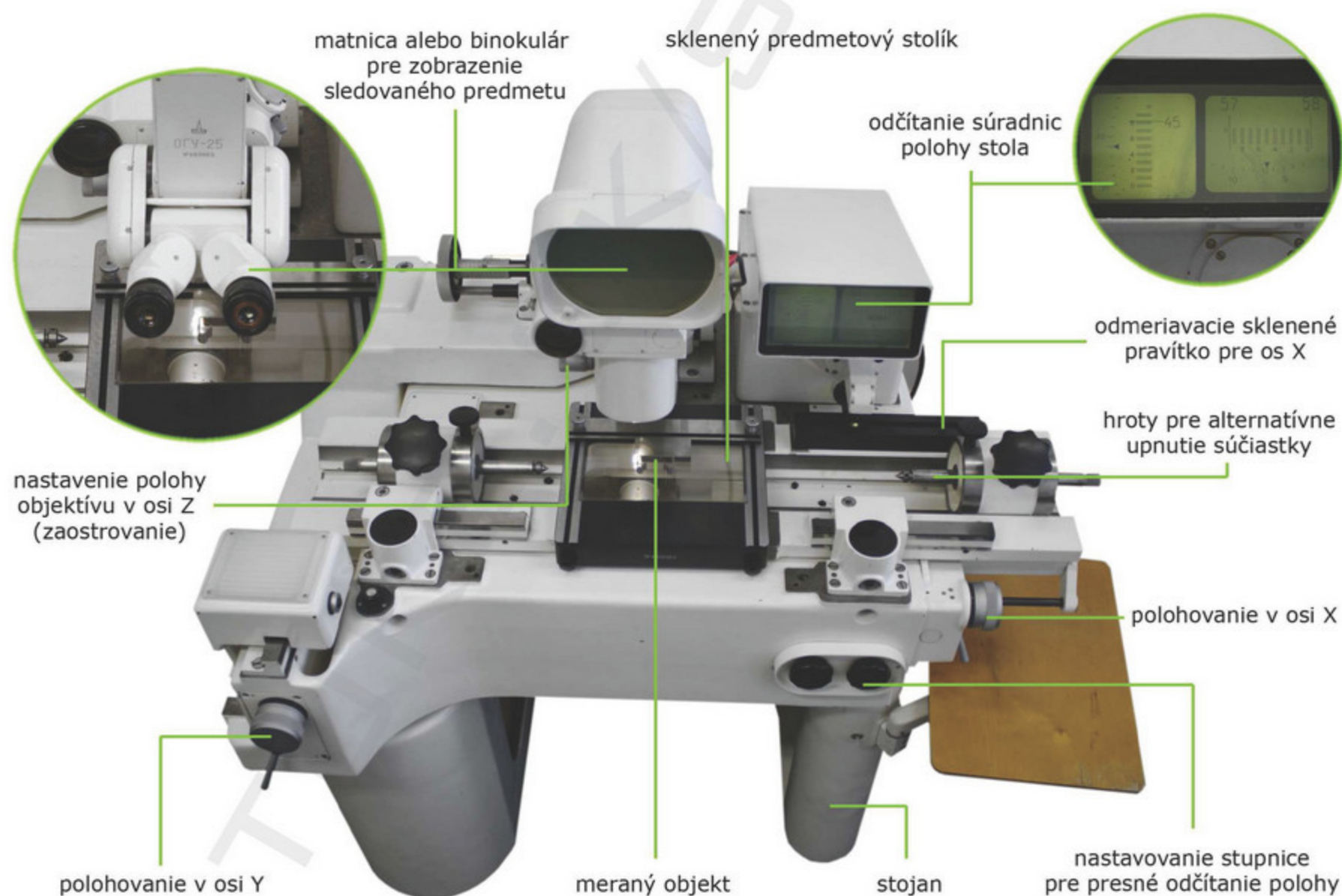
Obr.8.3 Prístroj na meranie kolmosti a priamosti

Pri meraní priamosti postačuje merať súčiastku iba z jednej strany. Pomocou výškomera s nádrhom sa po zvolených krokoch k polohujú meracie dotyky a v každej výške L_i sa zaznamenávajú odchýlky povrchových bodov (Obr.8.4). Celková odchýlka priamosti sa vyhodnocuje graficky metódou LSS (Least Square Straight line) alebo MZS (Minimum Zone Straight lines).



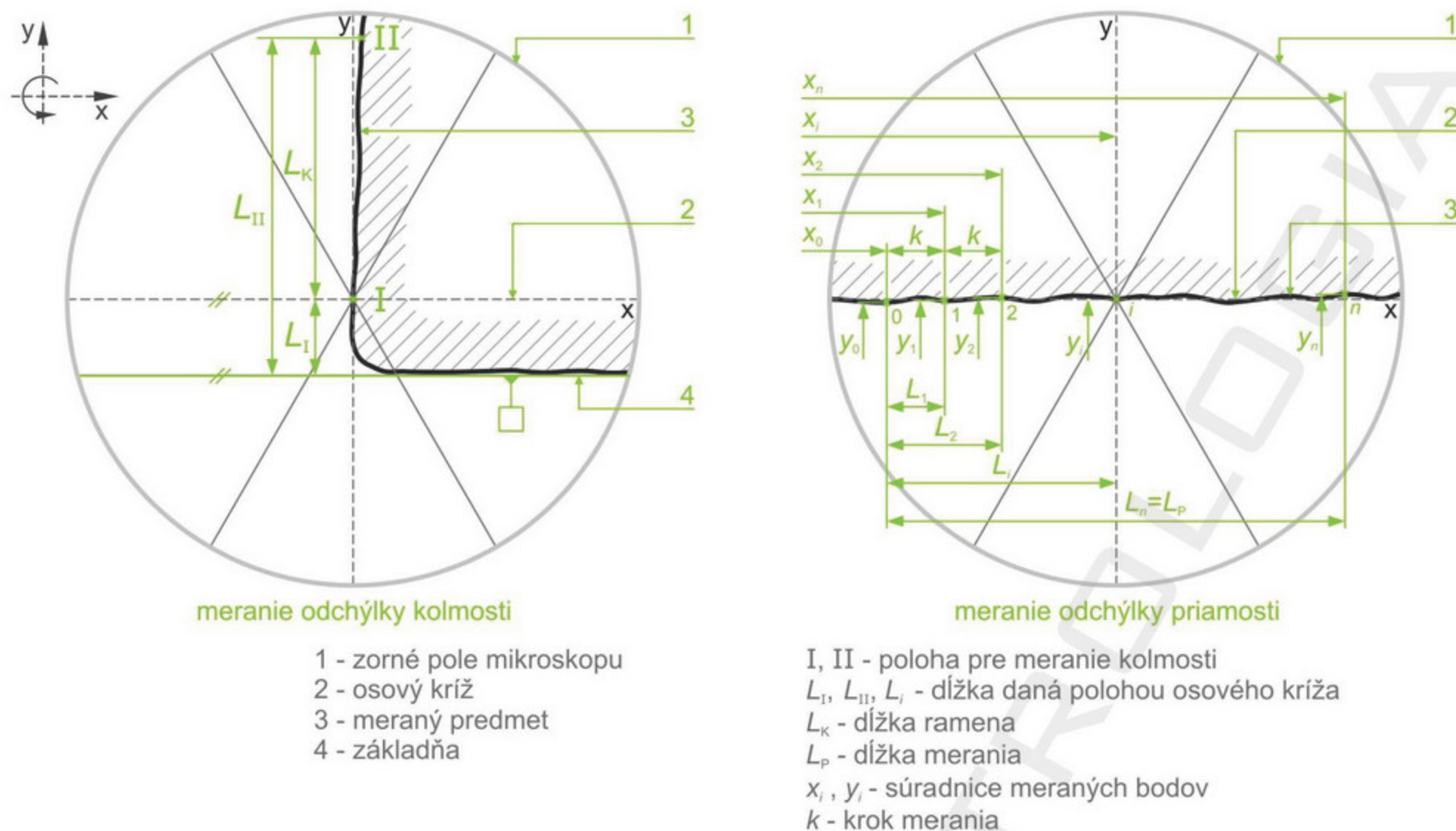
Obr.8.4 Schéma merania kolmosti a priamosti dotykovou metódou

Meranie kolmosti a priamosti bezdotykovo metódou



Obr.8.5 Univerzálny merací mikroskop

Na meracom mikroskope (Obr.8.5) je možné merať súčiastky bezdotykovo buď osvetlením súčiastky zhora (svetelný obraz) alebo podsvietením, kedy sú výrazne viditeľné iba hrany meraného objektu (tieňový obraz). Meraný obraz sa premietne na matnicu alebo ho je možné pozorovať cez binokulárnu hlavicu. Objektív je opatrený nitkovým krížom, čo umožňuje presné nastavenie meraného bodu do stredu zorného poľa. Predmetový stolík sa posúva v dvoch kolmých smeroch (v smere osí X a Y) vo vedení spolu so snímacím systémom. Na stojane sú upevnené sklenené pravítka. Každé má milimetrovú stupnicu, ktorá sa premieta na matnicu pre odčítanie súradníc. Pomocnými stupnicami je možné odčítať meranú pozíciu až s rozlíšením 1 μm .



Obr.8.6 Schéma merania priamosti a kolmosti na univerzálnom meracom mikroskope

Meranie kolmosti je viazané na základňu. Po natočení nitkového kríža do nulovej polohy sa stotožňuje jeho vodorovná ryska s profilom definovaným ako základňa. Potom je možné merať kolmosť zadaného profilu vzhľadom k základni. Meranie sa vykonáva v dvoch výškach, v ktorých sa získavajú x-ové súradnice dvoch bodov povrchu I a II (Obr.8.6). Rozdiel súradníc týchto bodov udáva odchýlku kolmosti na zvolenej dĺžke ramena L_k .

Pre výslednú odchýlku kolmosti platí

$$\rho_k = |\bar{x}_I - \bar{x}_{II}| \quad (8.6)$$

$$\bar{x}_I = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{Ii}; \quad \bar{x}_{II} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{IIi} \quad (8.7)$$

kde x_{Ii}, x_{IIi} sú hodnoty súradnice x namerané v polohách I a II,

\bar{x}_I, \bar{x}_{II} sú aritmetické priemery hodnôt súradnice x nameraných v polohách I a II,

n je počet meraní.

Keďže je odchýlka kolmosti meraná na dĺžke ramena výsledok je potrebné zapísať v tvare

$$\frac{\rho_k}{L_k} \frac{\mu\text{m}}{\text{mm}} \text{ napr. } \frac{5,2 \mu\text{m}}{15 \text{ mm}} \quad (8.8)$$

Pri meraní priamosti sa po zvolených krokoch k polohuje nitkový kríž a na každej dĺžke L_i sa zaznamenávajú y-ové súradnice povrchových bodov (Obr.8.6). Celková odchýlka priamosti sa vyhodnocuje graficky metódou LSS (Least Square Straight line) alebo MZS (Minimum Zone Straight lines).