

## Využitie geodézie v strojárskom priemysle

Lucia Forgáčová<sup>1</sup>

### *Application of engineering surveying in engineering industry*

*This is a presentation of the application of surveying principles used in a process of building the electrolytic tinning line at the U.S. Steel s.r.o. Košice. The work involved is setting up a new network of measuring points, as well as the effective implementation of suitable methodologies, instruments and measuring tools. All of these were focal points for the survey, required during the installation of machinery units for the new tinning line. The coil producing technology utilised on the line entails a high speed movement. In this context all methods and final measurements were adapted to a very high standard of precision in order to ensure a safe working environment and exclude the risk of malfunctions in the final production stage. The smallest variations in the positioning of machinery units, compared with technical drawings, could rise a danger of coil breakdown, line malfunction or personal injury.*

**Key words:** setting up a new network of measuring points, implementation of suitable methodologies, installation of machinery units

### Úvod

Využitie metód v inžinierskej geodézii nie je obmedzená len na oblasť činnosti stavebníctva, ale čoraz častejšie sa geodetické metódy uplatňujú v strojárstve. Druh, rozsah a požadovaná presnosť geodetických prác rastie s rozmermi, dôležitosťou a druhom stavby. Prezentovaný príspevok sa zaoberá geodetickými prácami. Jednou z činností inžinierskej geodézie, s ktorou sme sa vo svojej praxi stretli a o ktorej pojednáva tento článok, je osadzovanie technologických zariadení na elektrolytickej pocínovacej valcovacej linke (ETL).

Geodetické práce predchádzali, sprevádzali a aj ukončili výstavbu linky. Geodetická činnosť zahŕňala široké spektrum geodetických prác počnúc od založenia a kontroly polohového a výškového bodového poľa, vytyčovania polohy a osadenie jednotlivých častí linky (technologických zariadení - TZ) ako aj nezávislej kontroly vytýčenia, resp. kontrola geometrických parametrov TZ počas výstavby, ktorými sa overuje postup, technológia a kvalita realizovaného vytýčenia.

Geodetickými prácami na stavbe bolo potrebné zabezpečiť:

- vytýčenie hlavnej osi linky – dvoma bodmi, resp. medzibodmi medzi počiatočným a koncovým bodom linky,
- vytyčenie a stabilizácia polohového a výškového bodového poľa v blízkom okolí linky,
- vytyčenie projektovanej polohy strojného zariadenia linky,
- osadzovanie strojných zariadení linky pri montáži,
- nastavenie (osovosti a uhlovitosti) prevodových spojok TZ a elektromotorov.

ETL sa nachádza v studenej valcovni oceliarskej spoločnosti U.S. Steel s.r.o. Košice v celkovej dĺžke 140.00m. Výrobnú linku tvorí sústava technologických zariadení zoradených do hlavnej pozdĺžnej stredovej osi linky. Jednotlivé strojné zariadenia linky sú osadené na niekoľkých podlažiach do výšky 5 až 7 metrov. Súčasťou ETL sú aj dve vežové oceľové konštrukcie vysoké 15 metrov.

Východiskovými podkladmi pri realizácii vytyčovania stavby boli montážne konštrukčné výkresy jednotlivých technologických zariadení s niektorými jeho základnými konštrukčnými rozmermi: priemer valca, celková dĺžka valca a i., montáž TZ vzhľadom na hlavnú pozdĺžnu os linky a i.; výkresy základov linky na jednotlivých poschodiach s výškovými kótami označujúcimi výšku betónového základu, ako aj niektoré ďalšie doplňujúce údaje (vzájomná vzdialenosť nosných stĺpov linky, vzdialenosť hlavných osí počiatočného a koncového valca úseku elektrolytického odmasťovania, morenia, pocínovania, pasivácie a i.); polohopisná situácia bodového poľa linky s vyznačenými staničeniami a s odsadením bodov od pozdĺžnej osi naľavo a napravo; inštrukcia tolerancií s vymedzenými presnostnými kritériami pre jednotlivé druhy prác ako aj dovoľené pracovné postupy pre osadzovanie TZ.

Presnostné kritériá stavby vychádzali z celkového charakteru stavby. Valcovanie plechov pre potravinársky, elektrotechnický, stavebný priemysel apod., hrúbky od niekoľkých desiatín milimetra po niekoľko milimetrov hrubé plechy, prebieha pri vysokej rýchlosti a každé vybočenie technologického zariadenia z polohy kolmej na hlavnú os linky ako aj odklon od horizontálnej roviny môže spôsobiť zosúvanie pásu plechu, čím sa zvyšuje nebezpečenstvo pretrhnutia plechu, prípadne inej technickej závady.

<sup>1</sup> Ing. Lucia Forgáčová, Ťahanovská 58, 040 13 Košice. Pracovisko: Geometra, Pražská 4, 040 11 Košice (Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 4. 8. 2005)

Z dôvodu bezporuchovej, bezpečnej a spoľahlivej prevádzky sú na práce na ETL kladené vysoké presnostné požiadavky. Tolerancie osadenia TZ boli dodané výrobcom (Danieli service, General installation rules, 2002) technologických jednotiek (tab. 1.) avšak môžu sa meniť podľa typu zariadenia a jeho prevádzkovej polohy.

Tab.1. Presnosť geodetických prác  
Tab.1. Precision of survey methods

Presnosť osadenia bodov bodového poľa				
Hlavná os	Hlavná pozdĺžna (nivelačná os) a priečna poloha osí	Rovnoběžnosť: $\pm 3$ mm		
		Pravouhlosť: $\pm 0,03^\circ$		
Presnosti osadenia technologických zariadení		Stavbárske práce	Zariadenie	Prevodové spojky
Vo výške		$\pm 1$ až $\pm 1,5$ mm	$\pm 0,4$ mm	$\pm 0,1$ mm
Zameriavanie k osi		$\pm 1,5$ mm	$\pm 1$ mm	$\pm 0,1$ mm
Rovinnosť		0,4 mm/m	0,08 mm/m	0,2 mm/m

Tab. 1. udáva požiadavky na presnosť pri rôznych druhoch prác. Presnosť vytyčenia betónových základov linky dovoľuje odchýlku vo výškovom vytyčení  $\pm 1$  až  $\pm 1,5$  mm od projektu. Osadenie samotného TZ do projektovanej výšky však vyžaduje vyššiu presnosť. Dovoľenú toleranciu vo vybudovaní betónových základov linky od projektu, je možné vykompenzovať pri montáži strojných jednotiek podkladaním plechov rôznych hrúbok (0,1 mm – 5 mm) medzi betónový základ a základnú konštrukciu (frému). Podobne polohové tolerancie hrubších stavbárskych prác je možné vykompenzovať jemným pohybom spojovacích skrutiek valca na nosnej konštrukcii.

## Bodové pole

### Polohové bodové pole

Geometrický základ geodetických meraní tvorí lokálna geodetická sieť (LGS) v miestnom súradnicovom systéme, vybudovaná špeciálne pre účely osadzovania výrobných jednotiek elektrolytickej pocínovacej linky. Vzhľadom na charakter stavby je vhodne zvolená líniová vytyčovacia sieť pravouhlého tvaru. Kladný smer osi  $+x$  je daný smerom hlavnej (pozdĺžnej) osi linky, smer osi  $+y$  je volený v pravotočivom smere kolmo na os  $+x$ . Počiatok súradnicovej sústavy je zvolený mimo stavebný priestor, aby boli všetky súradnice kladné (Krumphanzl, 1959).

Polohové bodové pole je tvorené sústavou dvojíc alebo trojíc bodov tvoriacich postranne rovnobežné úsečky (Gál, 1956) s pozdĺžnou osou linky. Prednosťou vytyčovania pomocou štvorcovej – pravouhlej siete je predovšetkým:

- rovnomerná presnosť vytyčenia všetkých objektov;
- jednoduchá kontrola bodov meračskej siete;
- jednoduchosť výpočtov – staničenia vytyčovaných zariadení sa vypočítajú jednoduchým sčítaním alebo odčítaním;
- uhlové vytyčovanie pozostáva len z vytyčovania pravých uhlov.

Body polohového bodového poľa sú stabilizované vo výškovej úrovni 0,000 m (v pevnom základe výrobnjej linky) a bodmi vo výškovej úrovni  $-10,000$  m

Body osadené v podlahe linky, vo výškovej úrovni 0,000 m, sú stabilizované oceľovou platničkou s rozmermi približne 10x10 cm, v hĺbke asi 10 až 20 mm pod úrovňou podlahy. Sú chránené kovovým poklopom kruhového, alebo štvoruholníkového tvaru s rozmermi približne 20x20 cm, resp.  $\approx 20$  cm. Fyzická poloha bodu je vyznačená na platničkách, v priesečníku dvoch na seba kolmých smerov vyznačených ryskami.

Body vo výškovej úrovni  $-10,000$  m sú stabilizované oceľovými platničkami s rozmermi približne 5x5 cm asi 5 mm pod úrovňou pevného základu. Tieto body nie sú nijako chránené pred poškodením.

Hlavná os stavby je daná dvomi bodmi (A, B) obr. 1., ktorých spojnica tvorí pozdĺžnu hlavú os linky. Keďže tieto body sú počiatkovým a koncovým bodom linky a okrem vzájomnej orientácie nemajú iné zabezpečovacie - orientačné body po stranách, hneď v počiatkoch budovania linky takmer stratili využiteľnosť pri vytyčovaní. Optimálnym riešením by bola zabezpečiť orientáciu z týchto bodov na postranné body, z ktorých by bola možnosť realizácie hlavnej osi linky v ktoromkoľvek stupni výstavby a zároveň realizácie odsadenej rovnobežky o ľubovoľnú hodnotu. Ďalším výhodným a neskôr, v procese výstavby oceneným riešením je zhustiť hlavnú os linky medzibodmi, pričom ich polohu výhodne voliť v miestach, kde nebudú osadené TZ a týmto bodom stabilizovať odpovedajúce body na postrannej paralelnej osi linky za účelom orientácie. Toto riešenie je ocenené najmä na konci výstavby, pretože postupnou výstavbou linky sa stratí viditeľnosť medzi susednými bodmi v hlavnej osi.

Postrannú (odsadenú) os linky, ktorá bola využívaná v celom procese výstavby za účelom osadzovania TZ, bolo vhodné voliť jednu, prípadne dve, v závislosti na priestorových možnostiach montovanej výrobnéj linky, mimo zastavaného územia, prípadne aj niekoľko kratších ale odsadených od hlavnej osi linky o rovnakú hodnotu aby sa vyhlo prípadu keď je orientácia pri vytyčovaní kratšia ako vytyčovaný smer. Konkrétnym prípadom je situácia, ktorá vznikla pri osadzovaní strojných jednotiek na výrobnéj časti linky keď najdlhšia existujúca spojnica medzi bodmi bodového poľa bola prerušená osadením nosného stĺpu konštrukcie. Realizácia priamej viditeľnosti medzi ďalšími dvoma bodmi bola znemožnená výstavbou vzduchotechniky.

### Výškové bodové pole

Výškové bodové pole je tvorené štyrmi výškovými bodmi osadenými 1 m nad podlahou stavby a je im priradená relatívna výška +1,000 m. Tri výškové body sú stabilizované guľovým čapom v betónovom základe okolitých stavieb. Jeden je stabilizovaný kovovou konzolou na pilieri budovy. Vo vstupnej časti linky sú osadené dva body, pričom nad jedným z nich, vo výške asi 1,5 m, prečnieva strieška budovy. Z toho dôvodu tu nebolo možné postaviť dvojmetrovú invarovú nivelačnú latu do vertikálnej polohy. Vo výstupnej časti linky a vo výrobnéj časti sú osadené po jednom výškovom bode.

Kontrola výšok bodov bodového poľa nivelačným ťahom technológiou VPN ukázala výškový rozdiel medzi bodmi 0,1 mm, čím bola splnená podmienka správneho osadzovania a kontroly strojných jednotiek ETL.

### Vytyčovací práce – osadzovanie technologických zariadení linky

Podrobné vytyčovanie, resp. osadzovanie technologických zariadení linky pozostávalo z nasledovných prác:

- polohové umiestnenie TZ do pozdĺžnej osi linky,
- polohové umiestnenie TZ do priečnej osi (kolmej na smer hl. osi linky),
- vytýčenie projektovanej výšky TZ,
- urovnanie TZ do vodorovnej polohy,
- vytýčenie zvislice.

### Polohové vytyčovanie

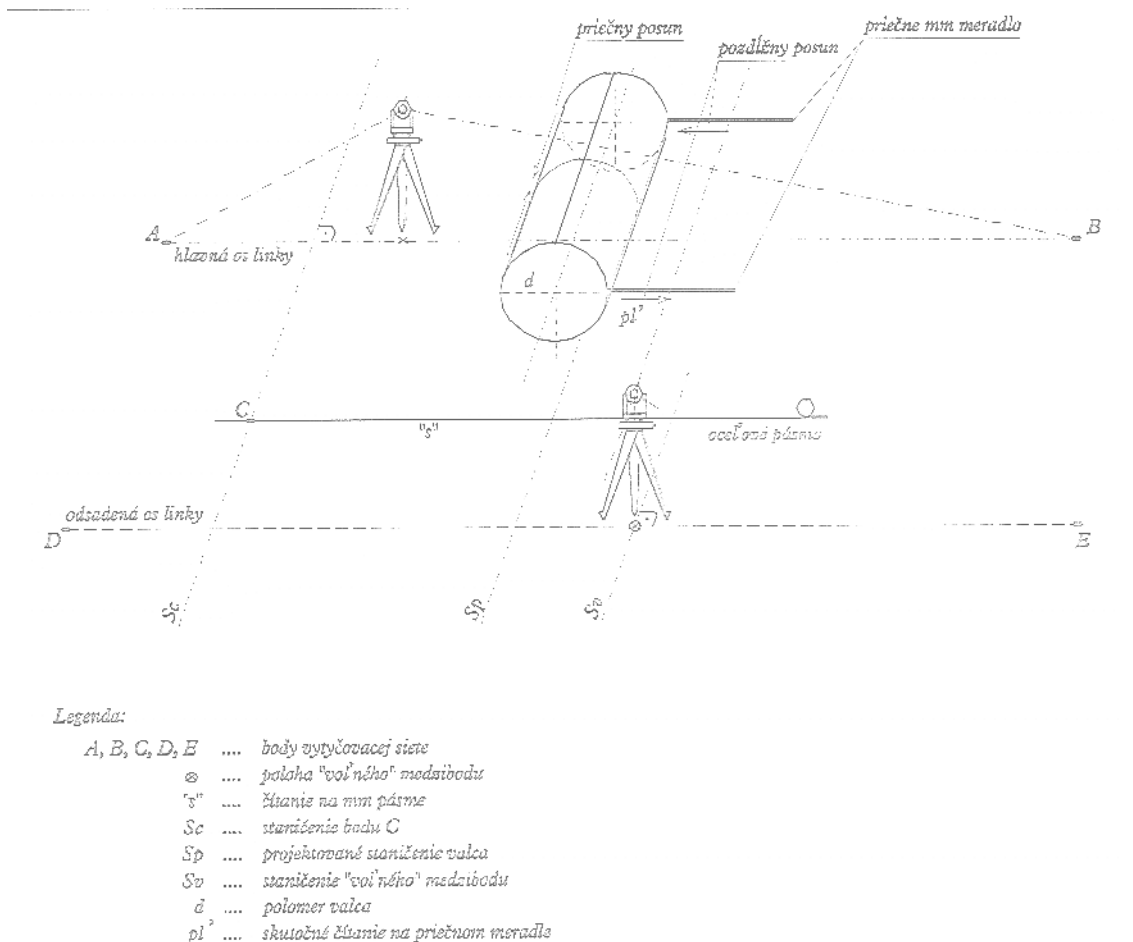
Osadzovanie TZ do pozdĺžnej a priečnej osi linky bolo realizované sekundovými teodolitmi Theo 010A (B) na stavíve, s možnosťou optickej centrácie, súčasne v dvoch na seba kolmých smeroch, milimetrovým oceľovým komparovaným pásmom, milimetrovým priečnym oceľovým meradlom a dosmerovacou podložkou na zaradenie teodolitu do meračskej priamky. Optická olovnica pre spoľahlivú centráciu teodolitu má v medzikruží zorného poľa doplnenú bodku, pomocou ktorej pri dôkladnej horizontácii alidádovej libely (urovnanie libely na  $\pm 0,5$  dielika stupnice) sa zabezpečí vo výške 1,5 m točnej osi teodolitu odchýlka od zvislice menšia ako  $\pm 0,1$  mm (0,07 mm).

Polohové osadenie strojných zariadení do polohy danej staničením „Sp“ (v pozdĺžnom smere linky) bez dosmerovacej podložky bolo realizované vytýčením päty odsadenej kolmice z bodu polohovej vytyčovacej siete. Vytýčením smeru a vzdialenosti rovnajúcej sa rozdielu staničenia bodu a odsadenej kolmice na základ linky (podlahu), sa jamkou a krížikom vyznačila poloha staničenia odsadenej osi TZ – „Sv“. Vytýčením kolmice z tohoto bodu sa následne realizoval smer kolmý na hlavnú os linky. Obr.1. Odčítaním priečnej hodnoty pravej a ľavej strane pomocou priečného milimetrového meradla a zvislej rýsky zámerného kríža teodolitu, sa následne vypočítala hodnota posunu „x“ skutočnej polohy od jeho projektovanej polohy:

$$pl = Sc + s - Sp + d, \quad Sv = Sc + s, \quad x = pl - pl'$$

pričom: pl	hodnota čítania na priečnom meradle podľa projektu
Sc	staničenie bodu C vytyčovacej siete
s	čítanie na oceľovom pásme
Sp	projektované staničenie strojného zariadenia (valca)
d	polomer valca (buď priamo odmeraný alebo udaný v konštrukčných výkresoch zariadenia)
Sv	staničenie „voľného“ medzibodu
x	hodnota pozdĺžneho posunu

$pl'$  hodnota skutočného čítania odčítanom na priečnom meradle realizovanou zámerou z „voľného“ medzibodu kolmou na hlavnú os linky



Obr. 1. Schéma polohového merania pomocou teodolitu a optického odčítania dĺžok  
Fig. 1. Scheme of precise positioning with theodolite and optical distance measurement

Tento posun bol realizovaný pracovníkmi montážnej firmy hydraulickými pumpami. Súčasne bol posun sledovaný v zornom poli ďalekohľadu, prípadne kruhovými mikrometrami SOMET, RICHTER. Priečny posun bol zastavený v momente, keď hodnota čítania na priečnom meradle dosiahla hodnotu rozdielu staničenia odsunutej päty kolmice a projektovanej hodnoty staničenia so zohľadnením technických parametrov strojnej jednotky (napr. polomeru valca), v mieste, v ktorom bolo priložené priečne meradlo. Tento postup merania a posúvania TZ do projektovanej priečnej osi bol realizovaný zvlášť na pravej a ľavej strane strojnej konštrukcie. Keď hodnota čítaní na priečnom meradle dosiahla rovnakú hodnotu, TZ bolo usadené do polohy kolmej na smer hlavnej osi linky.

Presnosť polohového osadenia týmto spôsobom je závislá na presnosti určenia bodov VS, uhlového a dĺžkového merania, stabilizácie päty odsadeného staničenia a samotného odčítania, resp. odhadu desiatin milimetra na priečnom meradle.

Polohové osadzovanie TZ s dosmerovacou podložkou urýchlilo a zefektívnilo vytyčovanie. Zaradením teodolitu do meračskej priamky, realizovanej dvomi bodmi VS, pomocou dosmerovacej podložky a optickým odčítaním dĺžkovej hodnoty „ $s''$ “ (obr.1) sa eliminovali nepresnosti:

- - v centrácii teodolitu nad bodom VS,
- - vo vyznačení fyzickej značky päty kolmice,
- - v priradení pásma nad bod VS (vnoreného niekoľko mm pod úroveň podlahy) a zároveň,
- - v odčítaní dĺžkovej hodnoty na pásme voľným okom.

Pri presnosti zaradenia teodolitu do priamky 0,1 - 0,5 mm na vzdialenosť 50 – 100 m, sa nepresnosť vo vytyčení pravého uhla zmenší pomerne k vzdialenosti vytyčovaného smeru. Priemerná dĺžka vytyčovaného smeru sa pohybovala od 3 do 7 m.

Optické odčítanie dĺžok bolo realizované dvoma teodolitmi zaradenými do priamky, prípadne jedným teodolitom zaradeným do priamky a druhým teodolitom centrovaným a horizontovaným nad bodom VS so známym staničením. (obr. 1.). Vytýčením pravého uhla teodolitom zaradeným do priamky a sklopením ďalekohľadu sa naraz v rovnakom čase, niekoľko krát, odčítali dĺžkové úseky na napnutom pásme. Rozdiel čítaní bol pripočítaný k hodnote staničenia bodu VS, ktorému bol priradený počiatok pásma. Táto hodnota sa rovnala hodnote skutočného staničenia „voľného“ teodolitového stanoviska. Pri tomto postupe vytyčovania TZ do projektovanej polohy sa jedná o zmeranie skutočnej hodnoty staničenia, na rozdiel od prvého postupu, kedy bol vykonaný opačný postup – vytýčenie bodu o danej hodnote staničenia. Ďalší postup polohového osadenia bol totožný s prvým postupom.

Výhodou využitia dosmerovacej podložky je jednoduché a rýchle zaradenie teodolitu do priamky na vyšších poschodiach. Pri meraní bez dosmerovacej podložky bolo potrebné niekoľkonásobné vytyčovanie medzibodov dĺžkovým a uhlovým meraním. Každým ďalším horizontovaním, centrovaním, dĺžkovým a uhlovým meraním, vyznačovaním fyzických značiek medzibodov sa znižovala polohová presnosť realizácie kolmého smeru na hlavnú os valcovacej linky.

Osadenie TZ centricky na stred pozdĺžnej osi linky (v priečnom smere) bolo realizované podobne ako v pozdĺžnom smere. Zaradením teodolitu do hlavnej pozdĺžnej osi linky bol realizovaný smer pozdĺžnej osi. Priložením dĺžkového meradla na valcovaciu jednotku z pravej a následne z ľavej strany boli odčítané hodnoty vyosenia valca z projektovanej polohy. Priečnym posunom o polovičnú hodnotu rozdielu čítaní pravej a ľavej strany sa TZ osadilo do projektovanej polohy.

Jednotlivé TZ boli osadzované v niekoľkých výškových úrovniach. Zariadenia osadzované na podlahe boli ukotvené v kotviacich otvoroch. Valcovacie jednotky osadzované na oceľových konštrukciách boli stabilizované kotviacimi skrutkami v otvoroch vyvrtaných na oceľovej konštrukcii. Priemer otvorov na konštrukcii bol len o 2 – 3 mm väčší ako priemer kotviacich skrutiek. Z toho dôvodu už aj hrubé, predbežné osadenie strojových komponentov bolo potrebné vykonať s čo najväčšou presnosťou. Jemný posun TZ (v rozsahu 0,1 - 2 mm) umožňovali rektifikačné skrutky na samotnej strojnej konštrukcii v prípade, ak kotevné otvory neumožňovali ďalší posun.

### Výškové vytyčovanie

Výškové vytyčovanie pozostávalo z vytýčenia projektovanej výšky a z urovnania valcovacích jednotiek do horizontálnej polohy.

Vytýčenie projektovanej výšky bolo vykonané veľmi presnou niveláciou, použitím nivelačného prístroja C. Zeiss Ni 007 a 2 m invarovej nivelačnej laty. Vzhľadom na rôzne typy konštrukcií a hustotu strojných zariadení nebolo vždy možné použiť 2 metrovú invarovú latu. Náhradou boli skrátené oceľové milimetrové meradlá vybavené magnetom, ktoré zabezpečovali dokonalú príľnavosť k valcu. Mikrometrickou skrutkou nivelačného prístroja bolo možné aj na takýchto meradlách odčítavať hodnoty s presnosťou na 0,1 mm a s odhadom na 0,05 mm. Niekoľkonásobným odčítaním „latového“ úseku sa vypočítaním priemernej hodnoty čítaní zvýši presnosť určenia prevýšenia a výšky na  $\pm 0,02$  mm.

Presnosť uloženia TZ do projektovanej výškovej úrovne bola daná hodnotami  $\pm (1 \text{ mm} - 1,5 \text{ mm})$ , výnimočne  $\pm 2 \text{ mm}$  (naplnacie valce). Oveľa vyššiu náročnosť vyžadovalo uloženie TZ do horizontálnej roviny, kde bolo potrebné dosiahnuť presnosť  $\pm 0,2 - 0,4 \text{ mm}$  (odvíjačky č.1, 2, navíjačky č.1, 2, naplnacia rovnačka so vstupným a výstupným valcom).

Aj nepatrné prekročenie dovolených odchýlok od horizontu môže spôsobovať zosúvanie valcovaného plechu, prípadne jeho deformáciu, či pretrhnutie, čo môže viesť k ohrozeniu zdravia pracovníkov a škodám na technologických zariadeniach.

Samotná výšková rektifikácia strojných komponentov sa vykonávala v prvom rade podkladaním oceľových podložiek hrúbky 0,2 – 5 mm, v druhom rade jemným pohybom kotviacich skrutiek.

### Kontrolné merania

Overovanie správnosti osadenia valcovacích zariadení do horizontálnej a vertikálnej polohy pred konečnou betónovou zálievkou bolo vykonávané, zo strany dodávateľa, aj strojárskym spôsobom, pomocou napnutých oceľových strún a stotinkovým mikrometrickým meradlom na pomocnom otočnom ramene, ktoré bolo upevnené na hriadelí TZ.

Oceľová struna bola napnutá v blízkosti strojného zariadenia, rovnobežne s hlavnou osou linky. Následne z nej boli spustené olovnice v troch bodoch, dve po stranách TZ a jedna olovnica prechádzajúca stredom. Pootočením valcovacej jednotky o  $180^\circ$  boli v dvoch polohách odčítané hodnoty na mikrometrickej stupnici.

Ak rozdiel v čítaní presahoval hodnotu dovolenej odchýlky, signalizovalo to nepresnosť v uložení valca buď v kolmosti na hlavnú os linky alebo v nedostatočnej horizontácii valca.

Rozdiel čítaní na stredovej olovnici poukazoval na nepresnosť v horizontálnej polohe valca.

Rozdiel čítaní na dvoch postranných olovniciach poukazoval na nepresnosť v uložení valca v kolmom smere na hlavnú os linky.

Týmto postupom je možné overiť polohu valcovacej jednotky s presnosťou na  $\pm 0,1 - 0,2$  mm.

### Prístroje a pomôcky

Meracie prístroje použité pri výstavbe ETL boli kalibrované a v priebehu prác kontrolované. Na dĺžkové meranie boli používané oceľové pásma s delením na milimetre, napínané silomerom. Hodnovernosť čiarkového delenia pásma bola overená certifikátom Metrologického ústavu Slovenskej legálnej metrológie. Pri meraní boli často využívané rôzne lineárne meradlá s milimetrovým delením stupnice, kratšej dĺžky ako jeden meter. Pred použitím týchto meradiel bolo potrebné overiť delenie stupnice porovnaním s kalibrovaným meračským pásmom, resp. vykonaním kontrolného merania.

Vytyčovanie smerov bolo vykonávané optickými teodolitmi C.Zeiss Jena Theo 010A, B, s možnosťou optickej centrácie. Doplnkom teodolitu boli lomené okuliare umožňujúce realizácie smerov vo veľkých výškových a depresných uhloch, príp. vytyčovanie zvislíc. Pre zabezpečenie správnosti a čo najvyššej presnosti merania bolo potrebné overiť splnenie osových podmienok teodolitu a optickej olovnice (Abelovič, 1990). Pri minimalizácii vplyvu osových chýb, vrátane precíznej centrácie je možné dosiahnuť (pri zámerach 5 – 7 m) presnosť meraných parametrov  $\pm 0,1 - 0,2$  mm.

Účelnou a praktickou pomôckou pri polohovom vytyčovaní bola dosmerovacia podložka, ktorá umožňovala rýchle zaradenie teodolitu do meračskej priamky.

Na výškové meranie a vytyčovanie bol používaný nivelačný prístroj pre VPN C.Zeiss Ni 007, zaručujúci presnosť merania  $\pm 0,7$  mm/km. Na osadzovanie valcov do horizontálnej roviny boli používané vysokocitlivé strojné vodováhy presnosti 0,02 – 0,1 mm/m a tiež rámové vodováhy umožňujúce rektifikáciu TZ vo vertikálnej rovine súčasne s horizontáciou. Pri týchto vysokopresných prácach boli nenahraditeľnými pomôckami sada spáromerov rôznej hrúbky (0,05 mm – 0,9 mm), strojárske oceľové posuvné meradlo – šubler, ako aj kruhové mikrometre rozsahu do 6 cm presnosti  $\pm 0,01$  mm na sledovanie horizontálneho posunu.

Meranie zvislosti vertikálnych vežových konštrukcií bolo vykonané optickým premietačom C.Zeiss PZL100 presnosti  $\pm 1$  mm/100 m, teodolitmi s lomenými okulármi a pri menších výškach aj optickým dostredovačom s možnosťou centrácie pod bod s presnosťou  $\pm 3$  mm/100 m. Odčítavaním v dvoch polohách bola dosiahnutá presnosť merania  $\pm 0,3$  mm pri celkovej dĺžke 12 m.

### Záver

Vysoké požiadavky na presnosť a precíznosť prác si vyžiadali mnohé opakované nezávislé kontroly vytyčovania a merania. Zároveň bola vykonávaná nezávislá kontrola ďalšou meračskou skupinou – geodet investora. Rozdiely v kontrolnom meraní dvoch meračských skupín v rozmedzí hodnôt 0,1 – 0,3 mm boli zárukou vysokoprecíznych prác a požadovanej vysokej presnosti vytyčovania a merania.

Predložený článok je stručným zhrnutím mojich osobných skúseností a poznatkov z aplikácie geodetických činností v strojárstve. Vysoká presnosť, časová a mnohokrát i fyzická náročnosť prác na elektrolitickej pocínovacej linke bola vynikajúcou skúsenosťou a veľkým prínosom v koordinácii celej meračskej skupiny firmy Geometra Košice, ktorá zastávala funkciu geodet dodávateľa.

### Literatúra - References

- Abelovič, J., Mičuda, J., Mitáš, J. a Weigel, J.: Meranie v geodetických sieťach, *Alfa Bratislava 1990*, 280 s.  
 Danieli service: General installation rules, *Montážna inštrukcia*, 2002.  
 Gál, P.: Geodézia v stavebníctve, *SAV Bratislava 1956*, 664 s.  
 Krumphanzl, V.: Inženýrská geodesie, *SNTL 1959*, 332 s.