KONTROLA GEOMETRICKÝCH PARAMETRŮ PŘEVÍJEČKY PAPÍRENSKÉHO STROJE

DIMENSIONS CONTROLL OF THE PAPER MACHINE REWINDER

Ing. Lucie Pospíšilová Ph.D.
SKF ložiska

Industrial geodesy is a part of engineering geodesy that focuses on controlling geometrical parameters of steel constructions, welders, and mainly machines and machine units. Paper machine is a complex machine unit paying special attention to parallelism, perpendicularity, and horizontality of each part. The article describes individual sections of the paper machine and their functions for the paper making process. The last section is focused on rewinder rewinding the paper, cutting and arranging for transport and other processing. The goal of this article is a production of micronetwork points, used measuring machines and tools, way of measuring geometry of all rewinder elements, and evaluation of measured figures in respect to technical requirements for its operation.

1. Úvod

Geodetické měření strojních zařízení a konstrukcí ve strojním průmyslu je specifickou částí inženýrské geodézie. Průmyslová geodézie nastupuje všude tam, kde už nelze použít tradiční strojní měřidla, jako jsou například mikrometry, spárové měrky, posuvná měřidla a další. Geodet využívá ke své práci teodolity, nivelační přístroje, totální stanice či jiné laserové měřické přístroje. Tyto přístroje jsou vhodnější pro měření rozsáhlejších a členitějších celků, jako jsou např. jeřábové dráhy, válcovací stolice, rozsáhlé ocelové konstrukce nebo konkrétně papírenské stroje.

Geodet spolupracuje při výrobě, kontrole konstrukcí a zařízení připravených k transportu, u vytyčovacích prací pro montáž konstrukce na staveništi a při kontrole smontovaných konstrukcí a zařízení před přejímkou. S potřebou geodetických měření ve strojírenství se také často setkáváme i u strojů, které jsou již v provozu.

Sledování celkového stavu strojů a jejich částí se ve strojní terminologii nazývá technická diagnostika. Tento proces v sobě zahrnuje tribodiagnostiku (mazání), vibrodiagnostiku (sledování vibrací), ustavování strojů (kontrolu geometrických parametrů), termodiagnostiku a jiné. Celý proces diagnostiky napomáhá i v samotné výrobě a to zejména vyšší kvalitou a množstvím daného výrobku. Správné postupy a dobře naplánovaná diagnostika může výrazně prodloužit životnost stroje nebo jeho částí. [3]

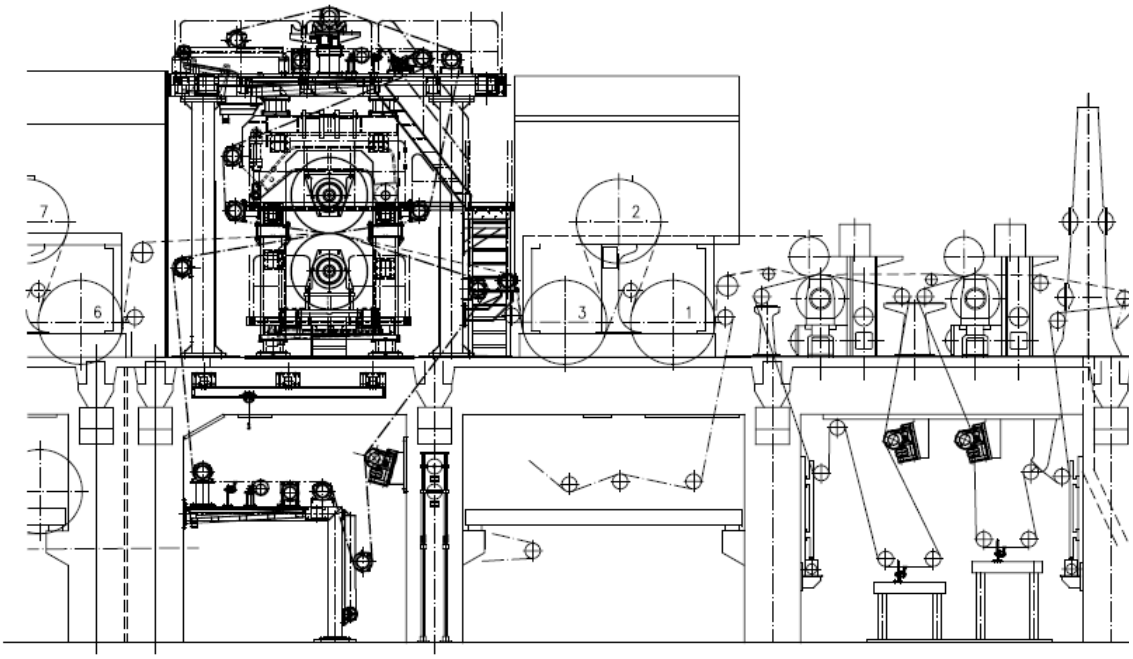
Většinou je nemožné provádět měření bez potřebných znalostí nebo bez přítomnosti odborných pracovníků daného odvětví. Jelikož obor geodézie je řazen mezi stavební obory, málokterý geodet má zkušenosti s funkčností a provozem strojních uzlů a jejich součástí a může neodborným zásahem způsobit nemalé škody.

2. Papírenský stroj

Zjednodušeně se dá říct, že se papírenský stroj (obr. 1) skládá z mokré a suché technologické části. V mokré části se nanáší suspenze papíroviny na síto, kde dochází k odvodňování papíroviny tak, že vlákna zůstávají na povrchu síta a voda odtéká do sběrné vany, nebo je vysávána pod tlakem. Dále papírovina přechází do lisové části. Lisování probíhá mezi lisovými válci, které musí být vzájemně rovnoběžné. Jeden odsává vodu a druhý tlakem formuje tloušťku papíru. Počet lisů se v různých papírenských strojích může lišit. Lisy jsou nejdůležitější součástí a právem se nazývají „srdce“ papírenského stroje. Dále již není možné papír zbavit přebytečné vody a takto formovaný papír zbavený většiny přebytečné vody putuje do suché (sušící) části. Tady se z papíru odstraňuje zbytková voda tak, že papír prochází po obvodu válců, do kterých je vháněna pára. Po průchodu sušící částí stroje se papír navíjí na tambor (válec, na kterém se papír přenese do převíječky). Převíječka je samostatnou částí papírenského stroje a slouží k převinutí vyrobeného papíru, napnutí a rozřezání do menších rolí, které pak putují k dalšímu zpracování. Rychlost výroby papíru a rychlost převíječky je rozdílná, proto bývá samostatně stojící nebo dokonce zajišťuje převinování papíru pro více papírenských strojů.

Papírenský stroj se skládá z velkého počtu válců různých průměrů. Jednotlivé technologické sekce jsou sdruženy a propojeny odvodňovacím sítem nebo filcem. Tyto prvky jsou v rámci papírenského stroje posouvány pomocí hnacích a hnaných válců. Válce musí být vzájemně polohově rovnoběžné a výškově usazeny do horizontální roviny. Jednotlivé sekce na sebe musí navazovat, aby vlivem špatné geometrie papírenského stroje nedošlo k přerušení nebo ztížení průchodu papíru celým výrobním procesem.

Při nesplnění podmínky vzájemné rovnoběžnosti válců dochází k mnoha nežádoucím jevům, jako je tzv. faldování, nestejná tloušťka a přetrhy papíru. [1]



Obr. 1 Schéma části papírenského stroje [1]

3. Tvorba mikrosítě

Pro veškerá geodetická měření v průmyslu je potřeba vycházet ze sítě měřických bodů. V průmyslové geodézii se nepoužívají body polohových a výškových bodových polí, ale je nutné vytvořit separátní mikrosíť. Její body pak slouží jako geometrický základ pro měření, vytyčování pro montážní práce, kontrolní měření a rektifikace. Délky stran mikrosítě bývají poměrně krátké. Jako celek může mikrosíť pokrývat plochu např. 60x15m, protože se vztahuje k měřenému objektu. Rozmístění samotných bodů je pak závislé na velikosti a hlavně členitosti strojního zařízení. Mikrosíť je nezávislá svou přesností a orientací na vnějších polohových a výškových bodových polích připojených na referenční systémy. Ve strojírenství je větší důraz kladen na geometrické určení a návaznost jednotlivých strojních částí, než na určení polohového umístění v prostoru výrobní haly.

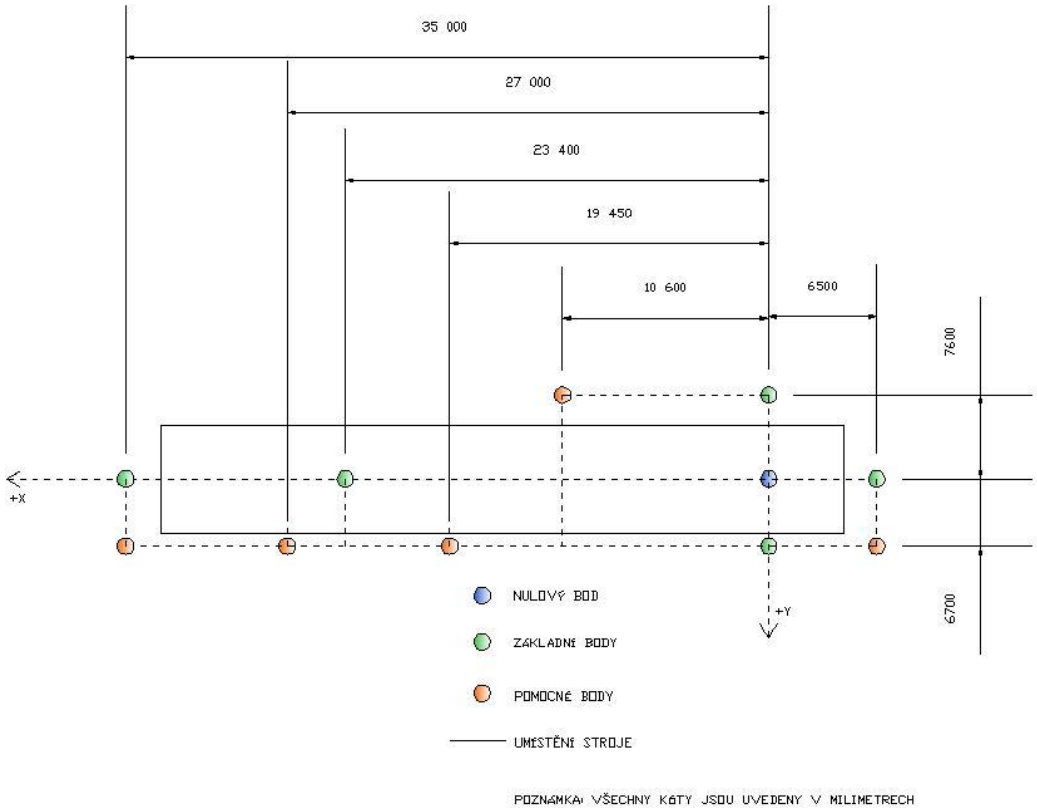
Tvar základní mikrosítě bývá obvykle pravoúhlý. Zpravidla bývá určena základní (podélná) osa X a příčná osa Y strojního zařízení, viz obr.2. Každá osa je realizována minimálně dvěma body a bývá v pravidelných úsecích doplněna dalšími body. Hustota a počet bodů mikrosítě není také přesně specifikován. Může se pohybovat od dvou bodů, to v případě, že je realizována pouze jedna osa stroje, až do počtu v řádu desítek u složitějších strojních celků. Při měření v průmyslu není možné z jednoho stanoviska vidět a proměřit všechna požadovaná místa. Proto musí geodet velmi často přestavovat měřický přístroj a znovu orientovat. Je tedy nezbytné, aby byl zajištěn dostatek viditelných bodů pro jakékoli stanovisko kolem výrobního stroje.

Konkrétní tvar mikrosítě a rozmístění základních bodů závisí na konstrukčních požadavcích, členitosti a geometrickém určení jednotlivých dílů strojního zařízení. Tyto body nebývají používaný pouze geodety, ale také konstruktéry výrobní linky, kteří si díky nim mohou snadno ověřit správné umístění a návaznost jednotlivých dílů při stavbě nebo rekonstrukci výrobního stroje. [2]

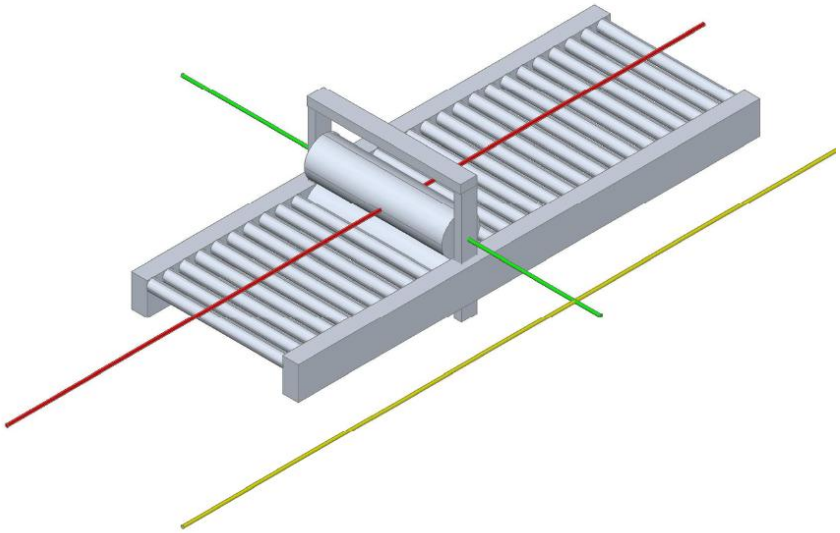
Díky používání totálních stanic se už nemusí výšková a polohová složka měření určovat samostatně pomocí teodolitů a nivelačních přístrojů a rozdílných bodových polí. Výšky jsou určovány trigonometricky a polohová složka je určována polární metodou (3D polární metoda). Mikrosíť měřických bodů pak zajišťuje geodetovi nezbytný základ pro všechna měření.

Při vytváření mikrosítě mohou nastat následující případy:

- Budování mikrosítě ze stávajících bodů znamená, že se využívají stávající body a mikrosíť se jen zhustí pro potřeby měření geodetů.
- Budování mikrosítě podle projektu, kdy je poloha základních bodů mikrosítě určena projektem, viz obr. 2. Takový způsob budování mikrosítě se používá v případech, kdy se měřený objekt postupně montuje. Tyto body jsou důležité pro dělníky, kteří hrubě ustavují jednotlivé části strojů na budoucí pozici pomocí nataženého silonu (referenční středové přímky) a olovnic. Základní body jsou vytyčeny a stabilizovány na podlaze výrobní haly, ale v drtivé většině geodetům nestačí a je potřeba mikrosíť následně zhustit body stabilizovanými na stěnách haly, protože dochází k jejich postupnému znepřístupnění.
- Vybudování nové mikrosítě, kdy kolem měřeného objektu není žádný dostupný měřický bod. Základem této mikrosítě je konkrétní nehybný strojní díl, např. válec, ke kterému bude veškeré měření vztaženo. (viz obr. 3). K podélné ose válce (zelená barva) je vytvořena kolmice (červená barva), která bude reprezentovat osu měřeného stroje. Pro potřeby geodetického měření však musí být osa stroje přenesena mimo měřený objekt. Takto vzniklé osy jsou stabilizovány body, které mohou být trvale nebo dočasně stabilizovány pro potřeby opakovatelnosti měření.



Obr. 2 Ukázkové schéma vytyčovaných bodů mikrosítě s kótami



Obr. 3 Strojní díl jako základ budoucí mikrosítě

4. Přístroje a pomůcky

V minulosti se používaly teodolity a nivelační přístroje, kdy se polohová a výšková složka měření určovala samostatně. V současnosti se využívají speciální totální stanice určené pro měření v průmyslu, gyroskopické měřické systémy a v poslední době i laser trackery, které značně urychlují dobu měření. Ve strojírenství jsou všechny jmenovité hodnoty dány v milimetrech a tolerované odchylky jsou v řádech desetin, setin a tisícin milimetru. Pro měření se tedy používají přístroje, které svou přesností odpovídají těmto potřebám.

Nezbytnou součástí jsou robustní stativy s výsuvnou středovou částí a ploškami místo hrotů. Takový typ stativu je vhodnější pro měření v průmyslových halách a zajišťuje dostatečnou stabilitu upevněného měřického přístroje.

Při měření v průmyslu se nepoužívá pasivní odraz. Součástí strojů je velké množství leštěných kovových částí a nebyla by jistota, od jaké konkrétní části a místa se paprsek odrazil. Přesnost pasivního odrazu také neodpovídá přesnostem potřebným při měření ve strojírenství. Proto se používají odrazné hranoly nebo odrazné štítky s magnetickým podstavcem, který se umísťuje na měřený objekt.

Doplňujícími pomůckami jsou tzv. přesné strojní vodováhy s citlivostí 0,001 až 0,2 mm / 100 mm. Od stavebních vodováh se liší zejména konstrukcí, kdy je jejich součástí prizmatická deska k měření vodorovných ploch a hřídelí. Dále se používají posuvná měřidla nebo číselníkové úchylkoměry, ale také pásma nebo svinovací metry.

5. Metody měření

V papírenském průmyslu se osvědčilo využívání geodetického měření pomocí totálních stanic. Samotné měření je velice jednoduché a rychlé, jak z hlediska obsluhy totální stanice, tak z časových nároků na odstavení stroje a jeho opětovného provozu.

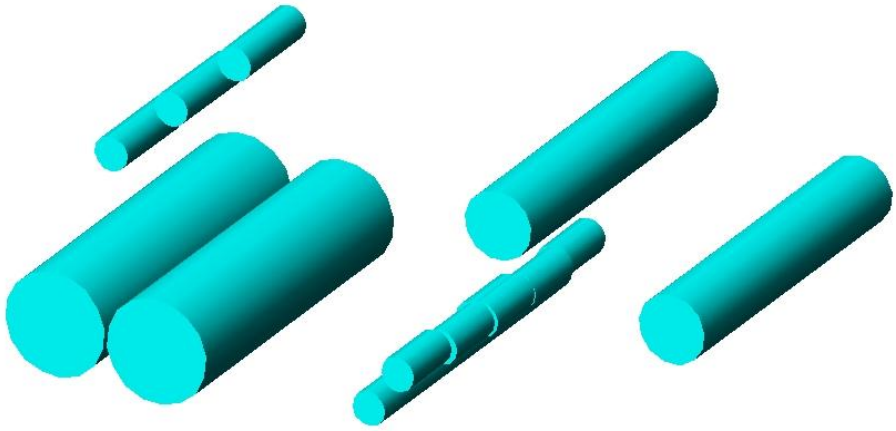
Měření se skládá ze dvou částí jako je tomu v běžné geodetické praxi, tedy z polohové a výškové. Pro polohová měření se vychází z podélné osy stroje nebo z bodů mikrosítě stabilizované kolem papírenského stroje. Jedná se o měření v horizontální rovině, kdy se stanovují odchylky rovnoběžnosti os válců, tedy odchylky kolmosti od podélné osy stroje. Výšková měření se provádí v relativních výškách, kdy se posuzují jen převýšení měřených dílů, např. válců. Absolutní (nadmořské) výšky se používají jen ojediněle při rekonstrukcích nebo při stavbě nového stroje, kdy je potřeba dodržet usazení do projektových výšek stavby.

Před začátkem měření je nutné nechat měřický přístroj, stativ i ostatní měřické pomůcky temperovat. Klimatické podmínky uvnitř průmyslové haly se výrazně liší oproti běžné geodetické praxi. Po odstavení papírenského stoje je teplota vzduchu v hale zhruba 40°C a téměř 100% vlhkost. Pro potřeby měření je také potřeba měřit teplotu, tlak a vlhkost ovzduší, které se následně zadávají do totální stanice jako vstupní data pro určení korekce z vlivu atmosféry.

6. Kontrola geometrických parametrů převíječky

Kontrola geometrických parametrů převíječky papírenského stroje je velice zodpovědnou prací, kdy neodborným zásahem hrozí zničení velkého množství již hotového papíru.

Válce v převíječce nejprve převinou papír z tamboru, pomocí monhope válečku se papír napne a poté prochází nožovými válci. Na nich se papír řeže do užších pásů, které se následně navíjejí na dutinky.



Obr. č. 4 Schéma válců převíječky

Výrobci papírenských strojů (Bellmer, Metso, Voith, Parcel Litovel a další) uvádí, že ideální odchylky v ustavování válců jsou ± 0,3 mm. Přitom tloušťka kancelářského papíru je 0,1 mm. Proto je potřeba dbát na správné ustavení všech válců. Na převíječce je to o to složitější, protože se nožové a přítlačné válce skládají z kratších kusů, které na sebe musí výškově i polohově navazovat, viz obr. 4. Poloha / výška každého válce je dána vždy dvěma body, aby byla zřejmá jejich poloha vůči ose papírenského stroje a výška vůči horizontální rovině. Zvláštní pozornost musí být věnována tomu, jestli je měřený válec pevně připevněn ke konstrukci nebo jestli je pohyblivý. Může se stát, že během měření nebude pohyblivý válec v tzv. pracovní poloze a zjištěné hodnoty by byly nepoužitelné pro následující úpravy geometrie převíječky.

Pro určení polohové odchylky válce se cílí na dva body válce. Spojnice těchto bodů tvoří přímku a odchylka této přímky od kolmice k ose stroje je jedním z hledaných parametrů. Díky měření polární metodou je měřen nejen horizontální směr, ale také délka. Z horizontálního směru a vodorovné délky se určí souřadnice měřeného bodu. Souřadnice X a Y dvou bodů na válci a jejich rozdíly tak určují polohovou odchylku těchto bodů. Při používání totální stanice se výška měřeného bodu určuje trigonometricky. Vypočtené souřadnice takto měřených bodů se opět porovnávají a rozdílem souřadnic Z je určeno jejich vzájemné převýšení. Záleží také na vzdálenosti těchto bodů (rozdíl souřadnic Y daných bodů). Pokud při polohovém nebo výškovém měření není umístěn odrazný hranol na okrajích válce, je nutné přepočítat výsledné hodnoty na celkovou délku válce. Ve strojírenství se výsledky měření prezentují uvedenými souřadnicemi X, Y a Z daného objektu a jejich odchylkami od projektovaných souřadnic.

Měřické přístroje a pomůcky jsou voleny podle toho, jaký je přístup k měřeným částem a hlavně viditelnost na ně. V duchu maximální bezpečnosti je většina rotujících částí oplocena nebo zakryta bezpečnostními pletivovými rámy nebo kryty a geodet se k nim velice obtížně dostává. Někdy zabere samotné měření jen zlomek času oproti hledání vhodného stanoviska, ze kterého lze vidět celý válec nebo aspoň jeho větší část. Pokud není celková geometrie převíječky ideální, může se stát, že se jednotlivé pásy papíru svinou a už je nelze oddělit. Pak jsou celé role určeny ne k expedici, ale k opětovnému rozemletí a zpracování.

7. Závěr

Převíječka je posledním článkem papírenského stroje. Kontrola geometrických parametrů pomocí geodetického měření je jednou z možností, jak ovlivnit nejen její chod, ale také množství papíru určeného k dalšímu zpracování. K měření se používají přístroje a pomůcky, které svou přesností a citlivostí vyhovují měřením ve strojírenství. Je také potřeba velmi úzce spolupracovat s odborníky nebo odpovědnými osobami, aby vlivem správného měření, ale špatného zhodnocení a prezentování výsledků nevznikly velké škody na strojním zařízení.

8. Literatura

[1] STAVAŘOVÁ, L. SLABÝ, V. POSPÍŠIL, J.: Geodézie v papírenském průmyslu. In: Sborník XII. Mezinárodní vědecké konference VUT v Brně, Sekce 11. Aktuální problémy inženýrské geodézie. VUT, Brno 2009. ISBN 978-80-7204-629-4.

[2] POSPÍŠILOVÁ, L. POSPÍŠIL, J. STAŇKOVÁ, H. Micro-network creation in industrial surveying. *Geodesy and Cartography*. Volume 38, Issue 2, June 2012. ISSN: 1392-1541. p. 70-74.

[3] HRABEC, L. HELEBRANT, F. MAZALOVÁ, J.: Technická diagnostika a spolehlivost III. Ustavování strojů. VŠB-TU Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1449-0.