

## Problematika měření velkých průměrů v pracovních podmínkách

Zábranský Tomáš, Ing., Katedra technologie obrábění, Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, +420377638528, tzabran@kto.zcu.cz;

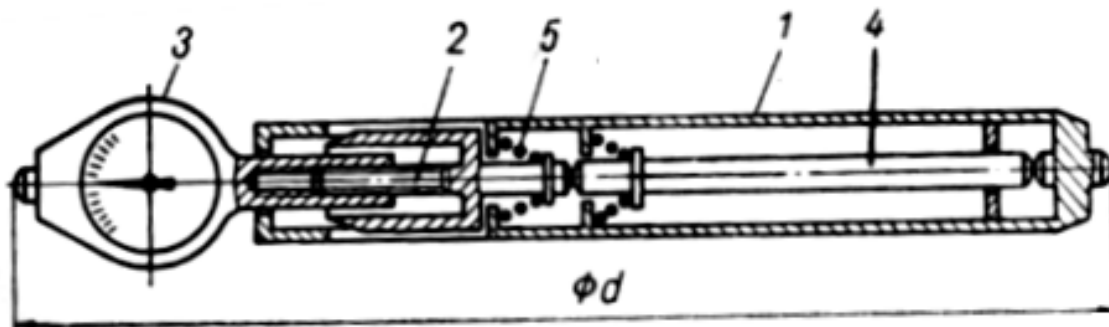
Melichar, Martin Ing., Katedra technologie obrábění, Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, +420377638528, mech@kto.zcu.cz;

Příspěvek se zabývá problematikou měření velkých průměrů, rozumíme tím průměry nad 2m. Při dnešních trendech, kdy je na trhu velké množství různých typů moderních měřidel, je i přesto tato problematika velmi aktuální. Pokud se díváme na měření v procesu výroby jako na celek, musíme zde zohlednit dva hlavní faktory, které jsou základem pro úspěšné měření. Jedním z nich jsou požadavky na samotné měřidlo, které musí z konstrukčního hlediska použítelné v prostředí kde je měření prováděno, tak aby neztratilo svoje parametry. Druhým ovlivňujícím faktorem je vhodně zvolená metodika měření, aby bylo možné změřené výsledky využít pro další vyhodnocení např. vyhodnocení kruhovitosti.

→ Klíčová slova: velký průměr, měřidlo, metodika měření

### 1 Úvod

Náklady na měření dnes v evropském průmyslu představují nemalou část hrubého národního produktu. Z tohoto pohledu je další výzkum a realizace systémů měření a měřidel velmi důležitá. Specifické vlastnosti nebo univerzálnost jsou u mnohých měřidel rozhodující otázkou při jejich nákupu. Měření velkých průměrů (tj. cca větších než 2 m) je relativně obtížné, v metrologii geometrických veličin je prakticky samostatnou a specifickou záležitostí a klade značné nároky na technické parametry měřidla a kvalifikaci metrologa. Důvodem pro takovéto zařazení je především zhoršená možnost manipulace s měřidlem a často i horší přístup k měřeným součástem. Pro přiblížení problematiky je vhodné zpřístupnit základní principy a možnosti. K měření velkých průměrů se používá řada měřidel a zařízení. K těm levnějším a jednodušším patří především různá provedení posuvných měřitek či úchylkoměrů. (obr.1)



**Obr. 1 Mikrometrický stavebnicový odpich s úchylkoměrem [4]**

1 - trubka, 2 - mikrometrický šroub, 3 - hlavice s úchylkoměrem, 4 - odpich, 5 - pružiny (zabezpečují dosednutí dotyků)

Složitější a samozřejmě i cenově náročnější zařízení jsou pak založena na bázi laserů a optických snímačů (obr. 2) například s možností ukládání, přenosu a statistického vyhodnocení naměřených hodnot. Praxe však ukazuje, ač se jedná velmi drahé měřicí systémy, že s některými nelze měřit v parametrech, které udává výrobce.



Obr. 2 Laser tracker X [2]

Velmi často je na měřidla kladen požadavek, aby byla využitelná v pracovních podmínkách. S tím jsou spojeny další dílčí podmínky, mezi které patří např. jednoduchá obsluha, dobrá manipulovatelnost, aby bylo možno měřit přímo na výrobní stroji bez nutnosti sejmutí kontrolovaného dílu ze stroje. Většina nabízených měřidel však tento požadavek nespĺňuje a to z důvodu např. nedostatku místa v obráběcím prostoru stroje či tvarové složitosti kontrolovaného dílu. Pro tyto případy lze využít buď speciálně upravená standardně prodávaná měřidla, nebo dle součásti speciálně navržená měřidla. [1]

## 2 Charakteristika měřicích metod

Měřicí metody využívané pro měření velkých průměrů vnitřních i vnějších lze rozdělit do dvou skupin.

- **Na metody přímého měření**, zde rozměr odečítáme přímo na měřidle nebo již nastaveným měřidlem daný rozměr kontrolujeme. U měření takto velkých rozměrů bývá proto sama manipulace příkladně s třmenovým mikrometrem, kde se můžeme pohybovat až do rozměru 3m poměrně složitá a pracná.
- **Metody nepřímého měření** se využívají v případech, kdy podmínky znemožňují měřit danou součást či veličinu přímo, nebo není k dispozici měřidlo s patřičným rozsahem. Principem nepřímého měření je, že měříme veličiny, které jsou ve funkčním vztahu s konečným výsledkem. Tuto metodu lze velmi zajímavě využít pro návrh a konstrukci speciálních měřidel, která budou splňovat požadavky na práci v provozních podmínkách a přitom využívat moderní technologie pro měření a vyhodnocování daných výsledků.

### 2.1 Měření pomocí posuvných měřitek a mikrometrických hlavíc

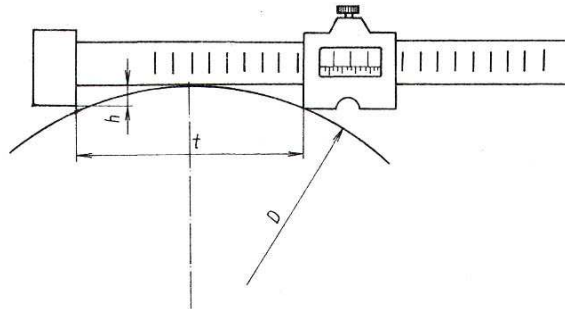
Při měření velkých průměrů se velmi často využívají posuvná měřítka (Obr.3), která lze vyrobit s rozsahem (1000 až 4000 mm). Jelikož je práce a měření s takto velkými měřidly velmi náročná a podobně velká měřidla nejsou vždy dostupná, používají se častěji posuvná měřítka s rozsahem menším, než je měřený průměr součásti. Měření provedené tímto způsobem se nazývá nepřímé měření. Neznámý průměr se poté vypočítá z měřené délky tětiny  $t$  a výšky úseče  $h$ , která je pevně daná výškou čelistí.[4]

$$D = \frac{t^2}{4h} + h$$

D – vypočtený průměr [mm]

t – délka těivy [mm]

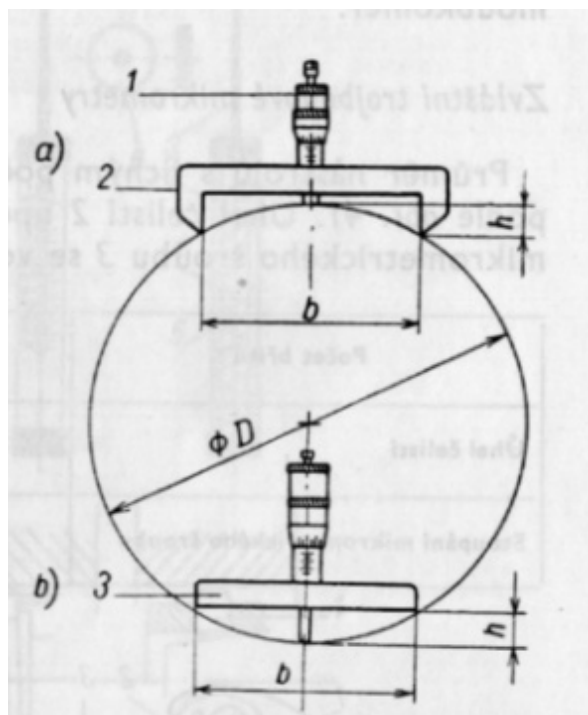
h – výška úseče [mm]



Obr. 3 Posuvné měřítko pro velké průměry [4]

Uvedený způsob měření je zatížen chybou 1. řádu, kterou způsobuje vyklopení jezdce v důsledku vůle vedení, vznikne tak klopný úhel.

Přesnější variantou nepřímé metody měření je využití mikrometrické hlavice v tzv. trojbodové měření průměrů.(Obr.4)



Obr. 4 Schéma trojbodového měření a) vnější způsob měření b) vnitřní způsob měření [4]

Rozdíl této metody oproti posuvným měřítkům spočívá v tom, že měříme výšku **h**, zatímco délka těivy je pevně stanovena. Vzorec pro výpočet výsledného průměru je stejný. [4]

## 2.2 Speciální měřidla a přípravky pro měření velkých průměrů

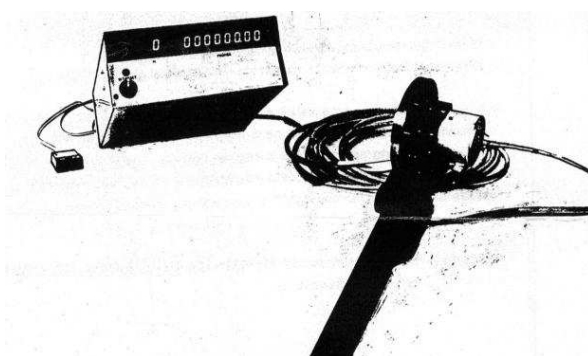
V této kapitole bych se chtěl věnovat speciálním zařízením a přípravkům, které se používají nebo byly navrženy pro měření velkých průměrů v různých pracovních podmínkách. Jedná se většinou o speciální typy měřidel, které bych řadil do skupiny měřidel, kde je preferována snadná ovladatelnost.

Klasická měřidla mají mnohé nevýhody. Měřidla pro přímé měření opravdu velkých průměrů, (myšleno 4 až 6 nebo 12 metrů) jsou příliš těžkopádná na manipulaci a vyžadují obsluhu více lidí při samotném měření. V některých případech je nutné použití jeřábu. Přesnost měření je ovlivněna různými faktory, jako jsou teplota, průhyb od vlastní váhy a řada dalších. Uvedené faktory se snaží eliminovat měřidla popsaná v této kapitole.

### 2.2.1 Odvalové měřidlo průměrů Mepro

Zařízení je určené k měření průměrů rotačních obrobků za chodu stroje (v průběhu obrábění).

Je zvláště vhodné k použití přímo na velkých soustruzích a karuselech nebo na bruskách při měření velkých průměrů, nejlépe jako trvalé příslušenství stroje. [3]



Obr. 5 Soustava pro měření velkých průměrů měřidlo MEPRO[3]

#### Popis měřidla:

- 1 - Vyhodnocovací zařízení
- 2 - Měřicí kotouč
- 3 - Inkrementální rotační čidlo

Rozsah měření: 10 – 99 999 [mm]

Obvodová rychlost: max. cca 1000 [m/min]

Přesnost měření:  $\pm (0,01 \text{ mm vyhodnocovací elektronika} + 0,02\% \text{ měřeného průměru})$

Princip měření je založen na ustáleném odvalování měřícího kotouče - 2 po obvodu měřeného předmětu. Otáčením měřícího kotouče je citlivě snímáno optoelektronicky inkrementálním rotačním čidlem - 3, stejně tak jsou snímány otáčky měřeného předmětu pomocí clonky spojené s vřetenem či upínací deskou stroje, která prochází mezi svítící diodou a fotobuňkou. Elektrické signály jsou zpracovány vyhodnocovací elektronikou a na displeji se digitálně zobrazí hodnoty změřeného průměru. Měřicí kotouč je vyroben s přesností IT 5(max.). V podstatě by se dalo říci, že se jedná o válcový kalibr.

Přístroj je vybaven předvolitelnou korekcí. Vyrovnání polohy měřidla na stroji je umožněno dvěma libelami. Měřidlem MEPRO lze měřit velký rozsah průměrů na předmětech s nepřerušovaným obvodem s přesností lepší nebo stejnou jako klasickými měřidly. Měřicí hlavu lze upnout do nožové hlavy stroje za držák 25x25 [mm]. (8) Zkracuje a odstraňuje zdoluhavé a mnohdy fyzicky náročné měření klasickými měřidly, které bývá náročné i na zkušenost a zručnost kontrolora. Univerzální přístroj nahrazuje měřidla vyráběná v mnoha případech jako speciální. [3]

### 2.2.2 Odvalové měřidlo MIC 360

Další zařízení, které lze využít pro měření velkých průměrů odvalovací metodou je MIC 360. Toto zařízení pracuje na v podstatě obdobném způsobu jako dva předchozí přístroje. Avšak jeho nesporná výhoda spočívá v tom, že pracuje na bezdrátovém připojení. Jakožto zařízení, které nepotřebuje být propojeno kabelem ke

komunikaci se svým řídicím systémem, nabízí daleko širší možnost využití. Příslušenství, dodávané k tomuto zařízení, též umožňuje měřit širokou škálu různých součástí jak je patrné z (Obr. 6), kde jsou zobrazeny příklady použití zařízení MIC 360. [6]



**Obr. 6** Soustava pro měření velkých průměrů s MIC 360[6]

- Měřicí hlava pro měření vnějších i vnitřních průměrů
- Řídicí jednotka
- Příslušenství



**Obr. 7** Příklady použití MIC 360 v praxi [6]

### 2.2.3 Speciální dílenské měřidlo Archimede

Jedná se o digitální elektronický měřicí přístroj pro přesné měření velkých průměrů. Hodnota průměru se získává z úhlu, který určují tři válcové doteky. Dva pevné a jeden rotační. Zde je přes snímač odečítaná a následně vyhodnocená hodnota průměru. Měřidlo lze využít k měření jak vnitřních

tak vnějších průměrů. U vnitřních je rozsah měření od 1100mm do 6000mm. Pro vnější průměry od 500 mm až 6000 mm. Výrobce udává chybu měření  $\pm 0,05 + \frac{\Delta^2}{10\ 000\ 000}$  mm. Hmotnost celého měřidla je 3,8 kg. Tím je velmi vhodné pro využití při dílenském měření [5]



Obr. 8 Ukázka měření vnitřního průměru[5]



Obr. 9 Měřidlo archimede[5]

### 3 Závěr

Metodu nepřímého měření lze v dnešní době velmi zajímavě využít pro návrh a konstrukci speciálních měřidel, která budou splňovat požadavky na práci v provozních podmínkách a přitom využívat moderní materiály a technologie pro měření a vyhodnocování daných výsledků. Tento směr preferujeme i my, kdy se zabýváme vývojem konceptu nového měřidla pro měření průměrů od 2000mm.

### Literatura

- [1] Ing. Daniel Smutný, Ing. Ladislav Ošlejšek. Netradiční průměrová dílenská měřidla. [MM Průmyslové spectrum] Praha : MM publishing, 2008. 080617.
- [2] [www.faro.com](http://www.faro.com). [Online]
- [3] interní podklady Pilsen tools s.r.o.. Odvalové měřidlo průměrů Mepro. Plzeň .
- [4] Václavovič, A. *Měření a kontrola ve strojírenství*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1967. 04- 222-67.
- [5] [www.microplan-group.com](http://www.microplan-group.com)
- [6] [www.gagemarker.com](http://www.gagemarker.com)

## Measurement of large diameters in production process

Zábranský Tomáš, Ing., Katedra technologie obrábění, Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, +420377638528, tzabran@kto.zcu.cz;  
Melichar, Martin Ing., Katedra technologie obrábění, Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, +420377638528, mech@kto.zcu.cz;

The paper deals with the measurement of large diameters, the mean diameters of 2 meters. In today's trends when on the market is a large number of different types of modern measuring instruments, is still the issue is very topical. If you look at the measurements in the production process as a whole, we have to take into account two major factors that are essential for successful measurement. One of these requirements are the meter itself, which must be in design to use in an environment where the measurement is performed to not lose their characteristics. Another affecting factor is the well-chosen methods of measurement for results for further evaluation as the evaluation of roundness.

Keywords: large diameter, gauge, measurement methodology

