

## System měření vnitřní geometrie průvlatku optickým zařízením

### The Internal Geometry Measuring Dies System by an Optical Device

Jaroslav Stratil

ŽDB DRÁTOVNA a.s., Jeremenkova 66, Pudlov, 735 51 Bohumín, Česká republika

*Výroba tažných průvlatků ze slinutých karbidů je z pohledu času a počtu technologických operací velmi náročný proces. Vnitřní geometrie jádra průvlatku, která je klíčový parametr, se tvoří v poslední fázi výroby. Pokud ve finální fázi výroby proběhne nepřesné obrobení, dochází tedy k velkým ekonomickým ztrátám. Tomu lze předcházet přesnějším měřením v průběhu výrobního procesu. ŽDB DRÁTOVNA a.s. je společnost, která má více než 130letou tradici s důrazem na kvalitu vyrobených drátů. Nárok na kvalitu taženého drátu ze strany jejich odběrateľů stále rostou, a proto je nutno hledat další možnosti vývoje za pomoci modernizace. Vzhledem k tomu, že ŽDB DRÁTOVNA a.s. disponuje i provozem, který vyrábí průvlatky ze slinutých karbidů wolframu a zásobuje jimi plně všechny své tažirenské provozy, je stejný důraz kladen i na tento nástroj, jehož kvalita se promítá na finálním drátu. Jedna z možností, jak zlepšit kvalitu průvlatků určených pro tažení drátů, byla modernizace měření vnitřní geometrie průvlatku.*

**Klíčová slova:** průvlatk; karbid wolframu; slinování; optické měření

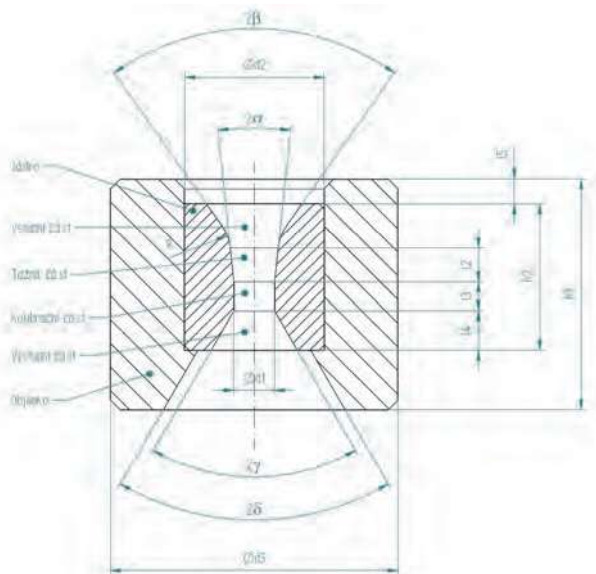
*From the point of time view and technological operations, the production of the drawing dies from sintered carbide is very demanding production process, and the key parameter - internal core geometry is formed in the final phase of production. There is a significant economic loss in case of the inaccurate final machining process. This inaccurate final machining process can be avoided by more accurate measurement during the manufacturing process. ŽDB Drátovna a.s. is a company with more than 130 year tradition with an emphasis on quality and production of the wires, and because the customer demands and requirements are still increasing, so it is necessary to look for opportunities for development through modernization. ŽDB Drátovna a.s. has its own production of drawing dies from sintered wolfram-carbide and supplies dies to all own drawing plants. Therefore drawing dies are produced with a big emphasis on quality because the quality is reflected on the final drawn wire. One of the option to improve quality of the wire drawing dies is a modernization on the field of measurement of internal dies geometry. With this intention was acquired optical measuring device Conoptica which using laser technology to capture individual parameters inside of die core. The software is able to calculate the length of the calibration part, or angle of the drawing part of the die, for example. In the past all the geometry measurements were performed by analogous way using device PS 200M from company Sandvic. A needle was placed into the die to carry the internal geometry profile on the paper. Subsequently had to be used a template for subtraction of the core tensile angle with an accuracy  $\pm 0,1^\circ$ . Currently we are able to measure with an accuracy  $\pm 0,1^\circ$ . For measuring of the calibration cylinder diameter was needed to use calibers of the appropriate size. Using a caliber was not possible to detect the ovality of the bearing (calibration cylinder), or possible offset to the die case. Currently these deviations can be numerically monitored. The new measuring device now allows a very accurate diameter and ovality on 0,0001mm. All measurements can be done on final die even during its production. Regular evaluation shows that the costs of acquiring optical measurement equipment was return over a five-year period.*

**Key words:** drawing die; tungsten carbide; sintering; optical measurement

Pracovním nástrojem pro tažení ocelových drátů je tzv. průvlatk (obr. 1), který je umístěn v tažném boxu linky určené k tažení drátu. Za permanentního mazání tažným práškem dochází v tomto nástroji k redukci průřezu drátu. Průvlatk, určený k tažení ocelového drátu, se skládá z ocelové objímky a jádra z karbidu wolframu, případně diamantu. Samotné jádro průvlatku je z pohledu vnitřní geometrie rozděleno do několika částí, které přímo ovlivňují mechanické vlastnosti drátu. Dvě hlavní část jsou tažná a kalibrační. Zde se nastavuje úhel, délka tažného kužele, délka kalibrační části a průměr kalibračního válce včetně jeho ovality a vyosení vůči ose průvlatkové objímky.

Tvrdokovová směs, která se používá pro výrobu průvlatkových jader je tvořena z karbidu wolframu s příměsí 4 – 10 % kobaltu jako pojiva. Po procesu slinování se u těchto směsí pohybuje tvrdost v rozmezí 1350 – 1850 HV30. U některých směsí může být přidán dle aplikace i TiC + TaNbC. Tento prášek je nutno za pomoci matrice a lisu ztuhnout do surového stavu tak, aby byl při finálním procesu výrobek minimálně broušen. Soudržnost materiálu před lisováním zaručuje plastifikátor, např. parafín, který v určitém množství tato směs také obsahuje. Dalším krokem výroby je slinování vylisované směsi ve vakuové peci, kde se plastifikátor

vypařuje. Při teplotě 1450 °C dochází k natavení kobaltu, který nasatí směs jemných částic karbidu wolframu. Kobalt rozpouští malou část karbidu a ta opět při ochlazení samostatně vykristalizuje [1]. Slinutý surogát je poté připraven k finálnímu broušení a leštění, které mu dává požadované finální parametry vnitřní geometrie.



Obr. 1 Geometrie tažného průvlastku  
Fig. 1 Drawing die geometry

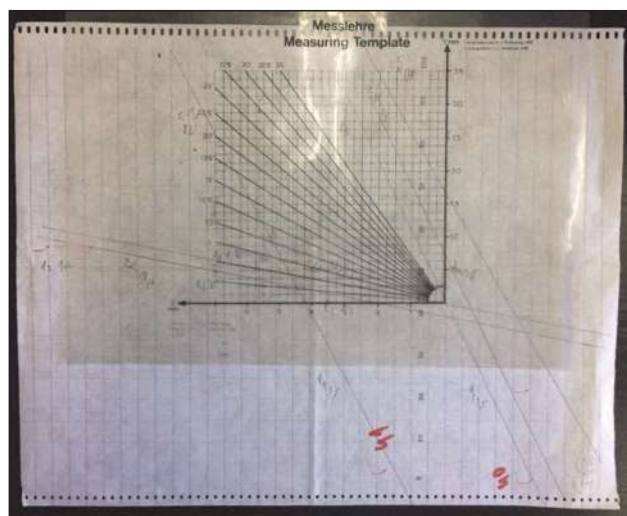
## Měření vnitřní geometrie

V minulosti bylo možno kontrolovat úhel tažného kužele a délku kalibru pouze analogovou metodou. K tomu sloužil měřicí přístroj Sandvik PS 200M (obr. 2). Do průvlastku se umístila jehla, která přenášela v měřítku profil vnitřní geometrie na papír (obr. 3) a poté se za pomoci šablony měřil úhel s přesností  $\pm 1^\circ$  (nyní  $\pm 0,1^\circ$ ) a délka tažného kužele. Průvlastky s vnitřním průměrem pod 0,5 mm nebylo možno tímto způsobem analyzovat vůbec.

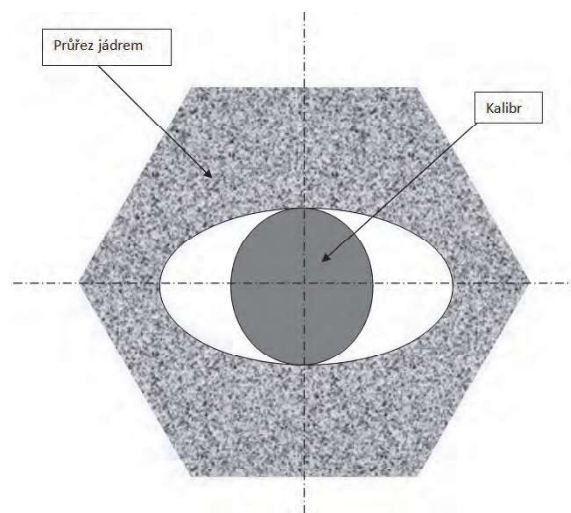


Obr. 2 Měřicí zařízení SANDVIK PS 200M  
Fig. 2 Measuring device SANDVIK PS 200M

Nejdůležitějším rozměrem celého průvlastku je vnitřní průměr kalibračního válce. Tento parametr bylo možno zjistit vložení příslušného kalibru (válečkové měrky) se jmenovitým průměrem. Tolerance průměru se tímto způsobem měření pohybovala v řádech setin milimetrů. Při použití kalibru ale nebylo možné zjistit, s jakou ovalitou (obr. 4) byl vnitřní průměr nabroušen, protože prošel pouze v případě, že malá poloosa pomyslné elipsy měla požadovaný rozměr. Vychýlení osy kalibračního válce nebylo možno odhalit vůbec. Jelikož se v minulosti kontrolovaly hotové průvlastky pouze kalibrem, docházelo k situacím, že vnitřní průměr jádra zdánlivě vyhověl, ale pro tažení drátu byl nepoužitelný. Vadný průvlastek byl odhalen až při provozní aplikaci.



Obr. 3 Příklad protokolu z měření  
Fig. 3 Measurement protocol

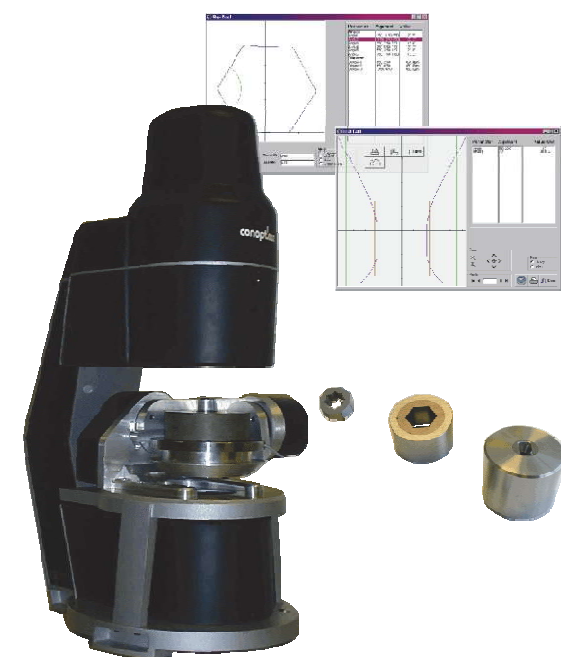


Obr. 4 Ovalita kalibračního válce  
Fig. 4 Cylinder ovality

## Rozvoj měřicí metody

V roce 2013 se společnost ŽDB DRÁTOVNA a.s. rozhodla investovat do zařízení využívající nejnovější technologie, které jsou dostupné v současné době.

V minulosti se využívalo kalibrů a analogových metod ke zjištění základních parametrů průvlatku. Rozlišovací schopnost tímto způsobem však byla naprosto nevyhovující. Za pomoci kalibrů pracovník byl schopen zjistit, zda je průvlak vyroben s požadovaným vnitřním průměrem, ale nebyl schopen odhalit případnou ovalitu. Kalibrby bylo nutno pořizovat v rozměrech pro kompletní škálu rozměrů odstupňovaných po setinách milimetrů a cena celé sady se pohybovala ročně v řádech stovek tisíců korun. Horší kvalita vyrobených průvlatků, které prošly výstupní kontrolou, byla mnohdy odhalena až při použití ve výrobě taženého drátu. Proto se přistoupilo k pořízení dvou optických zařízení od norské firmy Conoptica (obr. 5), na kterých lze měřit kompletní sortiment průvlatků s kruhovým i profilovým otvorem. Současně bylo pořízeno i zařízení, které využívá optické metody měření k třídění průvlatků dle požadovaných tolerancí [2]. Zařízení pracuje v automatizovaném režimu a tímto způsobem se krátí doba broušení. Přístroj separuje hotové průvlatky od rozpracovaných a současně určuje i stupeň rozpracovanosti. Zařízení Conoptica CU11 pracuje v rozsahu průměrů 0,02 – 7,00 mm, CU20 v rozsahu průměrů 0,8 – 54,0 mm a třídící zařízení CU4 v rozsahu průměrů 0,02 – 7,00 mm. Geometrie průvlatku se rozděluje do čtyř hlavních částí, a to vstupní, tažné, kalibrační a výstupní. U tažné části se měří úhel a délka tažného kužele a dále délka, průměr a ovalita tažného (kalibračního) válce. Vzhledem k principu měření lze zjistit možné odchýlení osy tažného kužele od osy celého průvlatku, které může mít za následek vliv na vnitřní pnutí v taženém drátu. Optické zařízení Conoptica naklání vložený průvlak v horizontální ose pod úhlem, který lze uživatelsky měnit. Za pomoci laseru promítá profil stěny na snímací senzor umístěný pod optikou, kterou lze nastavit do několika úrovní zvětšení.

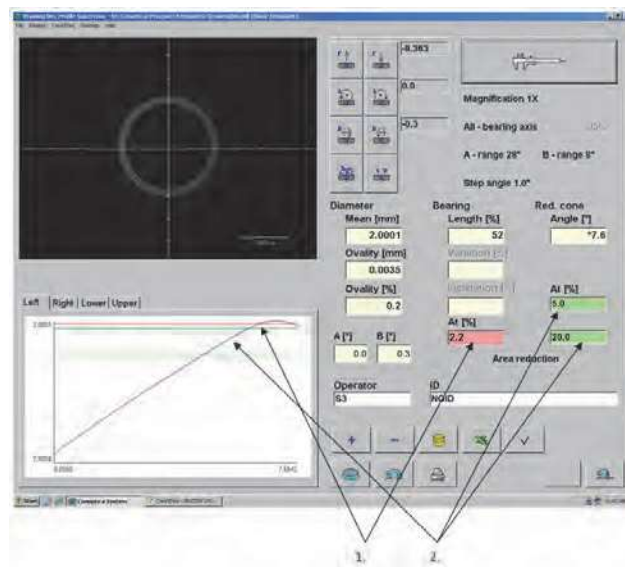


Obr. 5 Měřicí zařízení Conoptica CU20  
Fig. 5 Measuring device Conoptica CU20

## Postup měření a vyhodnocování

Měřicí přístroj CU11 a CU20 využívá laserový paprsek k prosvícení vnitřního profilu průvlatku, který je snímán optickým senzorem. V průběhu prosvěcování je průvlak nakláněn ve čtyřech osách, a tím zařízení získává statisticky nejpřesnější data o vnitřní geometrii. Počet os a úhel naklonění lze uživatelsky měnit. Po ukončení měření je zobrazen na monitoru výsledek měření v číselné i grafické podobě s možností tisku protokolu o měření.

Pro správné měření musí obsluha umístit průvlak na elektromagnetický držák a za pomoci náhledu vycentrovat střed díry do středu naznačeného kříže na obrazovce. Dále je nutno zvolit vhodné zvětšení a případně nastavit hranice „At“ (zelená hranice pro měření úhlu tažného kužele). Nastavením „At“ jsou stanoveny hranice 5 % a 20 % CU11, 10 % a 25 % CU20 (obr. 6). V případě, že nemá linie 2 uvnitř zelených hranic přímý směr, musí dojít ke korekci, aby nedošlo ke zkreslení měření úhlu. Možné úpravy jsou posunutí hranice, nebo zvětšené rozpětí. Toto platí u obou zařízení.



Obr. 6 Nastavení hranice „At“  
Fig. 6 Border setting „At“

Nastavením „At“ (červená hranice pro měření a výpočet kalibračního válce) je pevně stanoveno 2,2 % u zařízení CU20. Zařízení CU11 má standardně nastaveno 2,2 %, ale v případě, že se nenachází červená hranice v bodě, kde končí tažný kužel (linie 1), je nutná korekce. Nastavení je částečně závislé na obsluze, která posuzuje daný graf. Stiskem ikony se symbolem posuvky se potvrdí nastavené hodnoty a zahájí se měření. Veškerá nastavení byla analogově ověřena na zařízení Sandvik PS 200M.

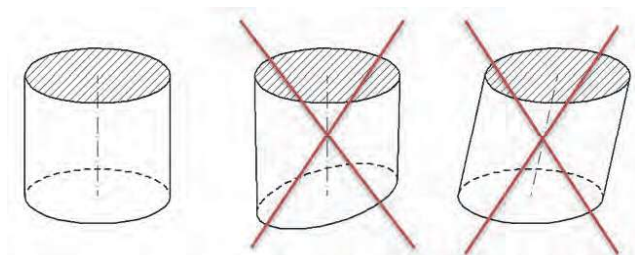
Pro zajištění maximální přesnosti měření dochází k pravidelné kalibraci obsluhou. Po vložení kalibračního průvlatku lze spustit automatickou kalibraci, která je zakončena záznamem naměřených hodnot. Jednou ročně se provádí velká kalibrace pracovníkem firmy Conoptica, který dále prohlíží stav mechanických částí a aktualizuje software. Výsledkem odborné kalibrace je kalibrační

atest, ve kterém je mimo jiné i záznam o odchylkách, které prokazují stav zařízení po dlouhodobém užívání.

## Díličí výsledky a diskuse

V prvním roce provozu zařízení se projevilo snížení produktivity při výrobě průvleků, které bylo způsobeno zaučováním obsluhy, a paradoxně také větší rozlišovací schopností měřicího zařízení tím, že více odhaluje nedostatky geometrie průvleků, které při starém způsobu měření nebyly patrné. Nyní je stoprocentně kontrolována produkce průvleků, a to i během broušení, které zaručuje maximální kvalitu a přesnost vnitřní geometrie průvlatku. Nejmarkantnější přínos je patrný při výrobě ocelových kordů do pneumatik, kde byl výrazně snížen počet přetrhů na vyrobenou tunu, které způsobovaly dlouhé provozní prostoje. Pravidelné vyhodnocování ukázalo, že náklady na pořízení zařízení pro optické měření byly navraceny v období pěti let. Nyní měřicí zařízení šetří náklady na pořízení měřicích kalibrů, které bylo dříve nezbytné používat, a současně byl snížen počet vadných kusů průvleků, které bylo nutno přepracovat.

Pořízení nového měřicího zařízení mělo zásadní dopad na neshodnou výrobu. Výkonová norma produkce průvleků určených pro výrobu ocelových kordů do pneumatik byla sice snížena o 30 % za směnu, zato nyní vnitřní geometrie 100% vyhovuje předepsaným hodnotám. Zároveň, se do procesu výroby drátu nedostane žádný kus průvlatku, který by vykazoval vyosení jádra vůči ose pouzdra. Dalším parametrem, který je nyní možno sledovat, je sousost jádra s pouzdrem průvlatku. Lze určit, zda je jádro vychýleno z osy, nebo má dokonce nerovnoměrný kalibrační kužel. Vychýlení může způsobit kovová tříška nebo okuj na dně otvoru pouzdra z předchozích technologických operací. Při tažení drátu se pak tato vada projevuje zbytkovým vnitřním pnutím drátu, které je nežádoucí a způsobuje potíže při dalším zpracování. Příkladem jsou ohýbané drátěné díly, které po vsazení do šablony vykazují tvarové odchylky (obr. 7).



Obr. 7 Příklady tvarových odchylek kalibračního válce  
Fig. 7 Example of shape deviations of the calibration cylinder

Ve srovnání s rokem 2013, kdy byly zahájena implantace měřicího zařízení, klesla spotřeba průvleků v provozu Ocelové kordy a snížila se spotřeba průvleků za současného zvýšení kvality vyráběného drátu. To vedlo k poklesu počtu přetrhů drátů v procesu slaňování ocelových kordů. Samozřejmě se snížením počtu přetrhů během slaňování vzrostlo využití strojů a navýšilo celkovou kapacitu výrobního zařízení. Na tažení drátu bylo možné v rámci údržby stanovit prediktivní periodu výměn celých sad průvleků. Tím bylo zabráněno neočekávaným výměnám a prostojům.

Tab. 1 Srovnání provozně-ekonomických parametrů v jednotlivých letech využívání optického měření (%)

Tab. 1 Comparison of operational-economical parameters in individual years of using of optical measuring (%)

Rok , používání	Pokles spotřeby průvleků	Pokles počtu přetrhů při slaňování kordů	Zvýšení využití strojů
1.	39	43	12,5
2.	35	25	6
3. a 4.	22	20	0*

\* Z důvodu jiných příčin došlo k poklesu využití slaňovacího stoje

## Závěr

Nové měřicí zařízení Conoptica dovoluje přesnější měření průměru na 0,0001 mm a odhalení ovality na 0,0001 mm. Dále je schopno přesného měření délky kalibračního válce (v minulosti nepřesné) a měření tažného úhlu s tolerancí na 0,1°. Dovoluje docílit sousost jádra s pouzdrem průvlatku a celkově dosahuje vyšší přesnosti měření. Využívá se při mezioperační kontrole brusiče pro snížení vnitřní neshodné výroby. V neposlední řadě, se projevilo nové zařízení v nákladech na měření s pětiletou návratností.

## Literatura

- [1] AGTE, C., PETRDLÍK, M. *Tvrde kovy, přehled výroby a vlastností slinutých karbidů*. Technická příručka, Praha: ROH-PRÁCE-vydavatelství knih, 1951.
- [2] Conoptica AS, dostupné na <http://www.conoptica.com>