

MEŘENÍ PROFILU PÁSŮ

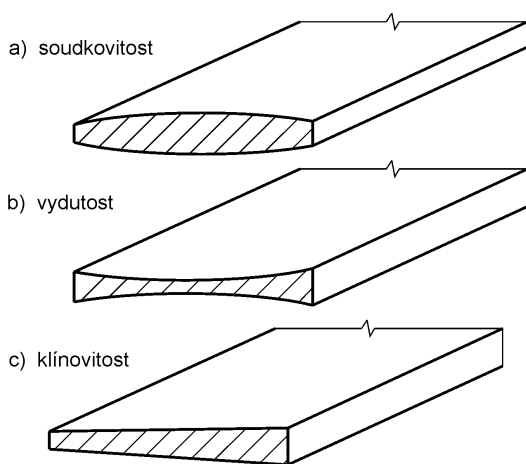
UVB TECHNIK s.r.o.

Autor: Ing. Robert Karásek, Ing. Pavel Vitoslavský

ÚVOD

Žádný, ani ten nejlépe vyrobený kovový pás nedosáhne ideálních geometrických tvarů, tj. v příčném i podélném rezu tvaru obdélníka, ideální přímosti a ideální rovinnosti povrchu. Vyrobený pás se bude vždy více či méně k tomuto ideálu blížit, takže v krajních případech je již těžké nalézt rozdíly. Takový pás však může být z ekonomického hlediska nezajímavý. Proto se pásy vyrábějí v rozměrových a tvarových tolerancích, daných normami.

Za základní typy nedokonalosti příčného profilu pásu, můžeme považovat vypouklost (soudkovitost) (viz obr. 1 a), vydutost (obr. 1 b) a klínovitost (obr. 1 c).



Obr. 1 Základní typy nedokonalého profilu pásu

V praxi se ale objevuje mnoho dalších typů, ke kterým přistupují i ty, jež jsou způsobeny např. opotřebením či poškozením pracovních válců válcovací stolice. V každém případě je z hlediska zajištění kvality výroby i z důvodů optimálního využití pracovních válců, nutno sledovat příčný profil pásu.

POUŽÍVANÉ METODY MĚŘENÍ PŘÍČNÉHO PROFILU PÁSŮ

V současné době se profil pásu nejčastěji měří na vystřižených vzorcích pomocí ručních mikrometrů v několika stanovených bodech, výsledné hodnoty jsou zapisovány většinou ručně do tabulky a následně graficky, případně i výpočtem zpracovány pro hodnocení profilu vzorku. Tato metoda umožňuje jen velmi hrubé vykreslení profilu pásu a vlivem přesnosti měření a vlivem změny pracovníka provádějícího měření nelze zcela přesně porovnávat mezi sebou jednotlivé vzorky pro posouzení malých změn profilu pásu. Nezanedbatelnou nevýhodou je také velká pracnost prováděných měření.

Při použití X-ray měřiče tloušťky se skanovacím mechanismem je možno provádět jen orientační měření profilu pásu - v důsledku pohybujícího se pásu je měření prováděno napříč pásem šikmo, čímž je znehodnoceno podélnou změnou tloušťky. Měření není prováděno zcela od kraje ke kraji ani při zastaveném pásu, navíc není prováděno bodově, ale prozářením plochy o průměru několika cm. On-line měření pomocí vícebodových X-ray měřičů tloušťky, které mají v jedné měřicí hlavici více detektorů měří profil jen v omezeném počtu bodů a dávají tak opět jen orientační informaci o profilu pásu.

On-line měřicí zařízení Shapemeter umístěné přímo na výrobní lince dává informaci o tahu v jednotlivých liniích, které s profilem pásu souvisí, ale nemusí být jeho přesným odrazem, navíc je měření prováděno jen v několika sekcích. Toto zařízení je velmi užitečným pomocníkem pro řízení příčného profilu a rovinnosti za sudena válcovaných pásů, neumožňuje však posouzení malých změn profilu pásu způsobených například opotřebením válců.

Další často používanou off-line metodou měření profilu pásu je použití měřících stolů, kde je provedeno měření tloušťky upnutého vzorku pohybující se měřicí hlavici nebo pohybem vzorku v měřicí hlavici a měřená tloušťka je přenesena do záznamového zařízení na

svítkový papír. Lze porovnávat i malé změny v profilu pásu jednotlivých vzorků, chybí zde však numerické vyhodnocování profilu a ukládání dat. Častou nečností těchto zařízení je nutnost mechanického nastavení dle měřené tloušťky a šířky vzorku.

MĚŘENÍ PROFILU PÁSU FIRMY UVB TECHNIK S.R.O.

Měřič profilu pásu MPP je určen k laboratornímu, plně automatickému měření tloušťky (profilu) vystříženého vzorku kovového pásu. Nová metoda plně automatického měření profilu pásu umožňuje velmi jednoduché vložení měřeného vzorku do svérného úchytu měřicího zařízení, kde je uchycen a tím je při měření zaručena kolmost diferenciálně zapojených dotykových snímačů tloušťky na plochu měřeného pásu. Měření je plně automatické - po zmáčknutí tlačítka najede měřicí hlavice na vzorek a přesune se po celé šířce pásu, přičemž vyhodnocovací jednotka načte v nastavené periodě vzorkování hodnoty tloušťky a vyhodnotí profil pásu. Měřič není nutné mechanicky nastavovat na nominální měřenou tloušťku ani na šířku pásu, po dojetí měřicí hlavice na konec vzorku je měření automaticky ukončeno a měřicí hlavice se vrátí do výchozí pozice. Měřená data jsou automaticky přenesena do vyhodnocovací jednotky na bázi osobního počítače, na obrazovce je zobrazen profil pásu s přesností na 1 mikrometr. Data jsou automaticky vyhodnocena dle standardních vzorců hodnotících klínovitost a soudkovitost pásu, případně dle zákazníkem definovaných vzorců a kritérií. Je možno vytisknout protokol o měření v grafické i numerické formě, případně přenést data po síti do nadřazeného systému. Data jsou také archivována pro pozdější použití



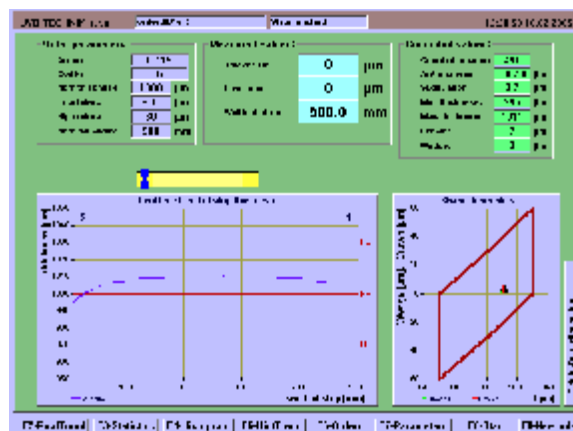
Obr.2 MPP celkový pohled



Obr. 3 MPP Kleštiny pro vložení vzorku

Vyhodnocovací jednotka umožňuje

- zadávání identifikačních znaků měření (jméno obsluhy, číslo svitku, materiál pásu),
- zadávání nominální (požadované) tloušťky a povolených tolerancí,
- digitální zobrazování měřené tloušťky (staticky i průběžně),
- zobrazování průběhu odchylky od nominální tloušťky (graf profilu pásu: vzdálenost od kraje / odchylka tloušťky),
- zobrazování **tolerančního obrazce dodržení rovinnosti** – blíže vysvětleno dále,
- **aritmetický výpočet parametrů tvaru profilu** („crown“-vypouklost, „wedge“-klínovitost, „feather edge“-zkosení kraje, „thickness differences“-odchylky tloušťky) - na požádání je možno včlenit do programu další vyspecifikované vzorce,
- tisk protokolů v tabulkové a grafické formě,
- archivaci změřených dat na HDD,
- prohlížení archivovaných dat v tabulkové nebo grafické formě;



Obr. 4 Obrazovka programu

<i>Základní technické parametry</i>	
Tloušťka pásu vzorku	Max. 10 mm
Rozlišení	0,001 mm
max. chyba měření tloušťky	$\pm 1 \mu\text{m}$
perioda vzorkování	1 mm
max. šířka pásu (délka vzorku)	Standardní typy 1500, 2000 mm
Pracovní teplota	0 °C do 45 °C

TOLERANČNÍ OBRAZEC DODRŽENÍ ROVINNOSTI

Výsledkem grafického znázornění na obrazovce a v protokolu je přehledné zobrazení velikosti vypouklosti crownu C (Crown40) a klínovitosti pásu W (Wedge40) v tolerančním obrazci. Toleranční pásmo je omezeno jak pásmem mezních tloušťek T_{min}, T_{max}, tak i pásmem mezních crownů pásu (C_{max}).

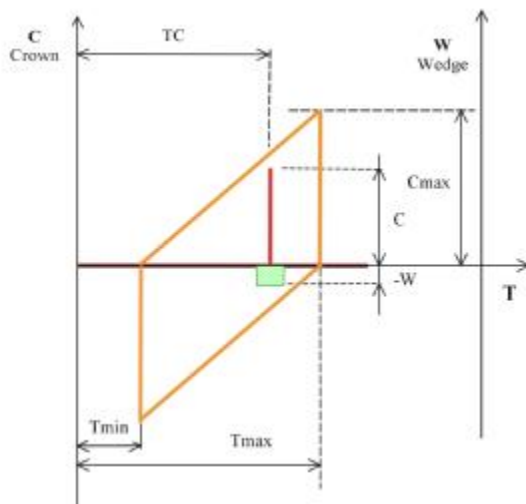
Výsledný tvar tolerančního pásma (v souřadnicích C – T) je kosočtverec viz obrázek a přípustné hodnoty crownů pásu C se pohybují v rozsahu:

$$T - T_{\max} < C < T - T_{\min}$$

přičemž

$$T_{\max} \geq T \geq T_{\min}$$

$$C_{\max} = T_{\max} - T_{\min}$$



Obr.5 Toleranční obrazec dodržení rovinnosti

ZÁKLADNÍ VZORCE POUŽITÉ PRO VÝPOČET PARAMETRŮ PROFILU

Vypoukllost (crown)

Velikost crownu je dána rozdílem tloušťky ve středu pásu a průměrné hodnoty tloušťek 40mm od kraje pásu:

$$Crown_{40} = TC - \frac{TN_{40} + TS_{40}}{2}$$

Klínovitost (wedge)

Velikost klínovitosti je dána rozdílem tloušťek 40mm od kraje pásu:

$$Wedge_{40} = TN_{40} - TS_{40}$$

Zkosení kraje (feather edge)

Velikost zkosení je dáno procentním rozdílem tloušťky mezi body 5 mm a 100 mm od kraje:

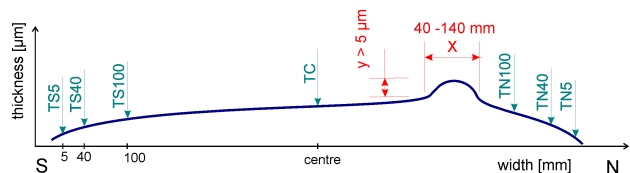
$$Featheredge_N = \frac{TN_{100} - TN_5}{TN_{100}} * 100\%$$

$$Featheredge_S = \frac{TS_{100} - TS_5}{TS_{100}} * 100\%$$

High spot

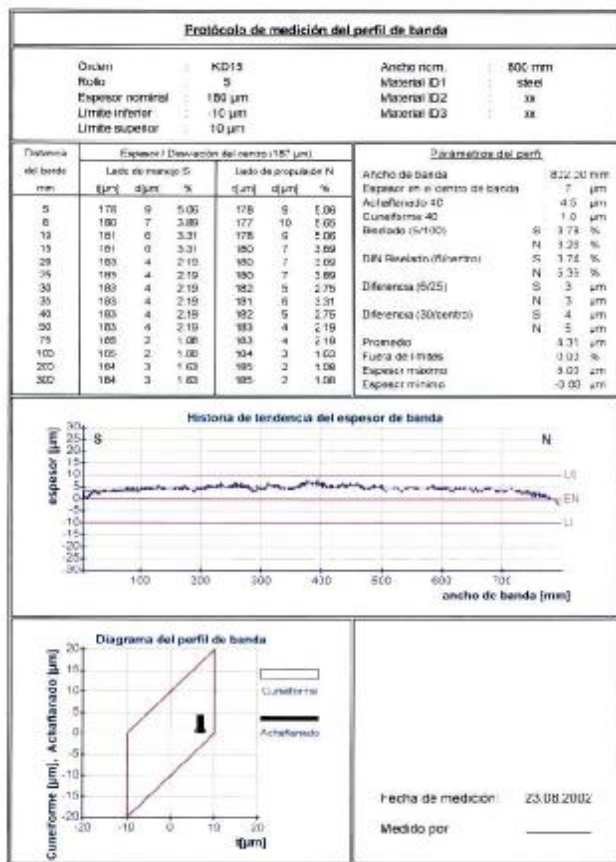
Je to největší výška špičky od imaginární teoretické křivky profilu pásu a jeho velikost vypovídá o opotřebení pracovních válců. Aplikace provede zpracování měřených dat, vytvoří model ideálního profilu křivkou druhého řádu a následně vyhledává možnou přítomnost HIGH SPOT v datech změřeného profilu. Lokalizace HIGH SPOT je podmíněna splněním následujících podmínek (viz obrázek) :

šířka 40-140 mm, min.výška 5 μm



TC = Tloušťka uprostřed
 TN5 = Tloušťka severní strany 5 mm od kraje TS5 = Tloušťka jižní strany 5 mm od kraje
 TN40 = Tloušťka severní strany 40 mm od kraje TS40 = Tloušťka jižní strany 40 mm od kraje
 TN100 = Tloušťka severní strany 100 mm od kraje TS100 = Tloušťka jižní strany 100 mm od kraje

Obrázek č. 6 Graf profilu pásu



Obr.7 MPP Protocolo o měření

ZKUŠENOSTI UŽIVATELŮ

Z oddělení jakosti ve společnosti ARCELOR, kde používají dva měřiče profilu pásu MPP, nám zodpověděli několik otázek, týkajících se praktické využitelnosti těchto zařízení. Nutno zde zdůraznit, že se jedná o konkrétní aplikace ve válcovně vyrábějící širokopásový ocelový pás s nasazením jednoho profiloměru MPP v oddělení jakosti tandemové tratě a mořící linky a druhého v oddělení tenkého pásu, což je v tomto případě následující výrobní článek, proto není samozřejmě možné níže uvedené informace zobecnovat na všechny typy materiálů a výrobní procesy:

1. Proč koupili/k čemu využívají:

Potřebu laboratorního profiloměru vyvolává zejména výroba některých druhů válcovaných materiálů, u kterých je nutno sledovat rozdíl mezi tloušťkou na krajích a ve středu pásu. Např. materiál DWI (ocel vysoké čistoty, maximálně homogenní a s malou anisotropií, používaná pro následné hluboké tažení) bývá obvyklou surovinou pro výrobu potravinářských plechovek (na Coca Colu, pivo, apod.), při jejichž výrobě může vlivem velkého rozdílu tlouštěk na krajích a ve středu pásu docházet ke zmetkovitosti (rozdílná výška plechovky).

2. Jaká je metodika při vyhodnocování údajů:

Přímo na lince pásu, válcovaného za tepla, se za provozu kontroluje orientačně profil pásu měřičem X-ray tzv. scanováním (pás v pohybu, měřič koná přímočarý vratný pohyb ve směru kolmém ke směru válcování) a výsledky tohoto měření se následně porovnávají s profilem, vypracovaným profiloměrem v laboratoři. Nejsledovanějšími údaji jsou vypouklost CROWN a HIGH SPOT. Vypouklost CROWN je údaj, který vypovídá o kvalitě válcovaného materiálu, kde je snahou dosáhnout minimální hodnotu, kdy profil teoreticky konverguje ke 100% rovinnosti, která s sebou však v praxi nese jiná rizika, např. právě vzniku HIGH SPOT, což je naopak jev, který v případě výskytu signalizuje nadměrné opotřebení válce ve válcovací stolici. Klínovitost WEDGE je například v oddělení jakosti tenkého plechu údajem sledovaným, nicméně pouze pro informaci, která je předávána zpět výrobě za tepla válcovaného vstupního materiálu.

ZÁVĚR

Žádná současná válcovna za tepla se neobejde bez měření příčného profilu pásu a příslušné oddělení jakosti provádí tato měření minimálně tím nejjednodušším způsobem, což znamená, že ve stanovených vzdálenostech od obou okrajů a ve středu vzorku pásu, se změní ručním mikrometrickým měřidlem hodnoty tloušťky, tato měření se zapíše do tabulky, a na základě toho se zhotoví graficky příčný profil pásu a podle stanovených vzorců se vypočítají jednotlivé hodnoty nedokonalosti profilu, příp. další, např. statistické údaje.

Měřič MPP, je komplexním zařízením, které eliminuje pracné a zdlouhavé měření, s rizikem několika typu chyb a nepřesností, které s sebou nese ruční měření a dokonce i oproti dosavadním laboratorním měřičům tohoto typu přináší hned několik novinek.

Zařízení provádí po upevnění vzorku a uzavření ochranného krytu na každém milimetru šířky pásu jedno měření tloušťky, kontaktním, kontinuálním způsobem, čímž je zajištěn dostatečně přesný průběh profilu pásu a navíc, v okamžiku ukončení měření je již k dispozici protokol o měření, včetně grafu a všech potřebných hodnot, popřípadě jsou data okamžitě přístupná v počítačové síti. Profesionálové bezesporu ocení množství detailů, které usnadňují práci s měřičem i programem, jako například přesné označení diagramu podle polohy pásu vůči válcovací stolici (strana Pohonu a Obsluhy, případně označení Sever a Jih), možnost definování a plánování měření jednotlivých svitků, možnost prohlížení archivu všech naměřených svitků, selekce podle stanovených kritérií (např. podle data, tloušťky, materiálů, či zákazníka) či prohlížení jednotlivých naměřených hodnot tloušťky v celém rozsahu každého jednotlivého grafu pomocí 2

pohyblivých kurzorů za současného zobrazování vzdálenosti od kraje pásu, tloušťky a odchylky od nominální hodnoty.

Samotná měřicí hlavice je pak navzdory málo náročným, laboratorním pracovním podmínkám

chráněna optickým čidlem sledování polohy vzorku a autodiagnostickým systémem, který nepřetržitě vyhodnocuje pracovní režim měřiče. Pečlivým řešením každého detailu se tak objevil na trhu skutečně originální a současně ekonomicky zajímavý měřič, který stále více budí zájem výrobců kovových pásů.