

Drobná poznámka k měření tloušťky povlaku

A small note on measuring coating thickness

Slíž J.

European Coatings Laboratory, spol. s r.o., sliz@lankwitzer.cz

Abstract

Coating thickness is a fundamental parameter, both technically and economically. The correct method of determination is a prerequisite and condition for the correct result. Influence of the standard used, adjustment.

Key words

Thickness, method of determination, standard, adjustment.

Úvod

Při běžné práci akreditované zkušebny ECL, s.r.o. jsem se v rámci projektu stanovení mřížkové zkoušky podle ČSN EN ISO 2409 setkal s následující situací:

- Pro správné provedení testu podle ČSN EN ISO 2409 je nutno stanovit tloušťku povlaku na podkladu – bylo provedeno jak měřicím zařízením zkušebny ECL, tak měřicím zařízením objednatele testování
- Jednalo se o suchý film nátěrové hmoty na ocelovém profilu (tloušťka stěny ocelového profilu 3 mm)
- Výsledky stanovení tloušťky měřicím zařízením zkušebny ECL a zařízením objednatele testování se lišila zjevně o vyšší hodnotu, než by mohla být výsledkem pouhého statistického rozptylu stanovení
- Po vyloučení jiných možných vlivů a analýze na místě byla příčina stanovena jako vliv použitého standardu při justování

Tato zkušenost byla prvotním impulsem pro důkladnější testování a porovnání vlivu užitého standardu při justování měřicího přístroje na výsledky stanovení.

Stanovení tloušťky povlaku, např. nátěrové hmoty, na povrchu podkladu, např. ocelovém povlakovaném předmětu, je základní parametr technický, technologický, ekonomický, právní. Uvedený výčet jistě není úplný, což ukazuje význam stanovení tloušťky povlaku.

Stručné ohlédnutí po definicích z norem, vztahujících se k řešené tématice:

Tloušťka filmu (film thickness): vzdálenost mezi povrchem filmu a povrchem podkladu[2].

Tloušťka suchého filmu (dry-film-thckness): tloušťka nátěru zbývající na povrchu po vytvrzení povlaku[2].

Justování měřicího systému (adjustment; adjustment of a measuring systém): soubor činností pro vedených na měřicím systému tak, aby poskytoval předepsané indikace odpovídající daným hodnotám veličiny, která má být měřena[2].

Popis experimentální metody

Podstatou experimentu je systematické stanovení různých tloušťek povlaku na ocelovém podkladu magnetickou metodou podle [1] v závislosti na použitém standardu při justování použitého měřicího přístroje.

Ostatní činitele, ovlivňující přesnost měření (dle článku 5 [1]) byly eliminovány provedením a vlastního měření:

1. Pro justování přístroje byly využity standardy = kalibrační fólie – tloušťky fólií: 23,4 μm , 51,4 μm , 125,2 μm , 251,9 μm , 510 μm , 1034 μm – tloušťka fólie označena TF
2. Podklad = ocelová deska, bez povlaku, rozměry 200 x 200 x 5 mm
3. Podklad s povlakem = povlak na ocelové desce modelován kalibrační fólií; tím byl připraven podklad s povlakem přesně definované tloušťky; označen MPP (Modelový podklad s povlakem tloušťky TF)
4. Body 2. a 3. současně značně eliminují vliv elektrických vlastností podkladu a povlaku, geometrie podkladového kovu, zakřivení, drsnosti, drsnosti
5. Geometrické řešení měřicí sondy měřicího přístroje eliminuje vliv úhlu přiložení sondy a tlaku na sondu
6. Měření byla provedena při standardních podmínkách laboratoří ECL s.r.o., tím byl eliminován vliv prostředí.
7. Během stanovení byla kontrolována čistota podkladu, kalibračních fólií a sondy měřicího přístroje.

Justování měřicího přístroje bylo provedeno podle procedury dané návodem použití přístroje.

Justování bylo provedeno dvěma metodami – jednobodovou, dvoubodovou.

Byla sledována průměrná hodnota tloušťky povlaku na MPP v závislosti na procesu justování přístroje před stanovením tloušťky.

Pro stanovení tloušťky bylo provedeno standardně $n=10$ stanovení na stejném místě MPP, byl proveden standardní záznam hodnot průměrná tloušťka, maximální hodnota tloušťky (MAX), minimální hodnota tloušťky (MIN), směrodatná odchylka stanovení.

Při experimentu byly testovány dva různé měřicí přístroje.

Přístroje byly označeny přístroj A, Přístroj B, oba s měřicím rozsahem 0 – 1500 μm .

Rozsah výsledků vzhledem k množství použitých kalibračních fólií je značný, pro potřebu prezentace na konferenci „Konference pigmenty a pojiva 2025“ jsou základní data uvedena jen vzorově, detailně jsou uvedeny zpracované údaje a odpovídající diagramy.

Stanovení tloušťek povlaků na MPP závislosti na tloušťce justovací fólie, jednobodové justování

Přístroj A – justovací fólie 23,4 μm , 51,4 μm , 125,2 μm , 251,9 μm , 510 μm , 1034 μm

Při justování je využita fólie jedné tloušťky. Druhý bod obvykle tvoří bod 0.

Příklad naměřených základních dat, Přístroj A – jednobodová kalibrace, kalibrační fólie 251,9 µm, podklady s povlakem sestaveny z ocelové desky a odpovídající kalibrační fólie TF.

Tabulka 1 Přístroj A –stanovení tloušťky různých povlaků na ocelové desce, jednobodová kalibrace na kalibrační fólii 251,9 µm

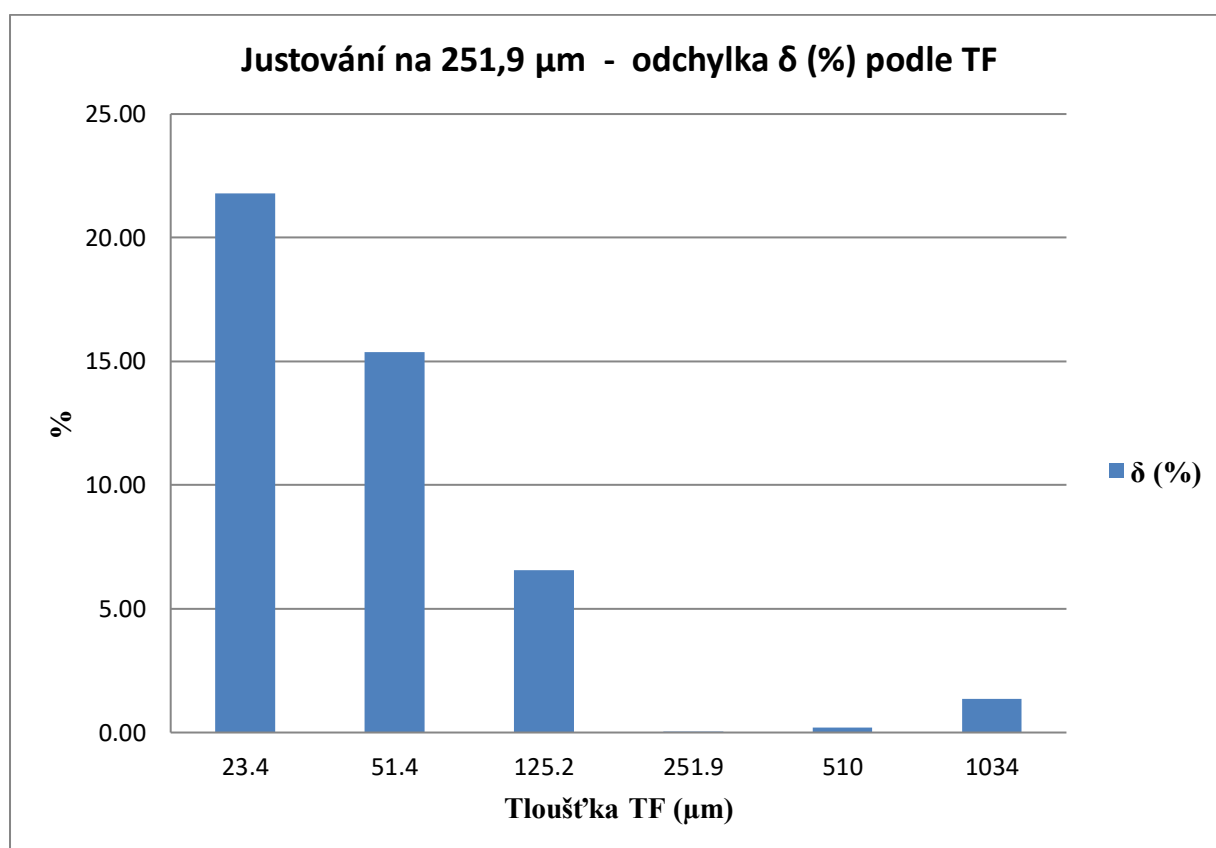
Justování přístroje na kalibrační fólii TF=251,9 µm					
MPP	Hodnoty stanovené tloušťky povlaku na MPP				Relativní odchylka δ (%)
	Průměrná tloušťka (µm)	MAX (µm)	MIN (µm)	Směrodatn á odchylka	
23,4 µm	18,3	19,1	17,5	0,53	21,79
51,4 µm	43,5	44,6	42,9	0,58	15,37
125,2 µm	117	118	116	0,7	6,55
251,9 µm	252	253	251	0,73	0,04
510 µm	509	510	508	0,73	0,20
1034 µm	1020	1021	1020	0,53	1,35

Příklad v tabulce vyznačen tučným písmem:

$$\delta = 100 \times \text{abs}(125,2 - 117) / 117 = 6,55$$

V Diagramu 1 je vyjádřena závislost velikosti odchylky v relativních % (δ) stanovené průměrné tloušťky povlaku na ocelové desce od její skutečné tloušťky dané tloušťkou použité kalibrační fólie; při definované tloušťce kalibrační fólie použité pro justování použitého měřicího přístroje.

Diagram 1 Závislost δ na MPP při justování na fólii 251,9 µm, přístroj A



Odpovídajícím způsobem byly provedeny testy pro ostatní kalibrační fólie a MPP.

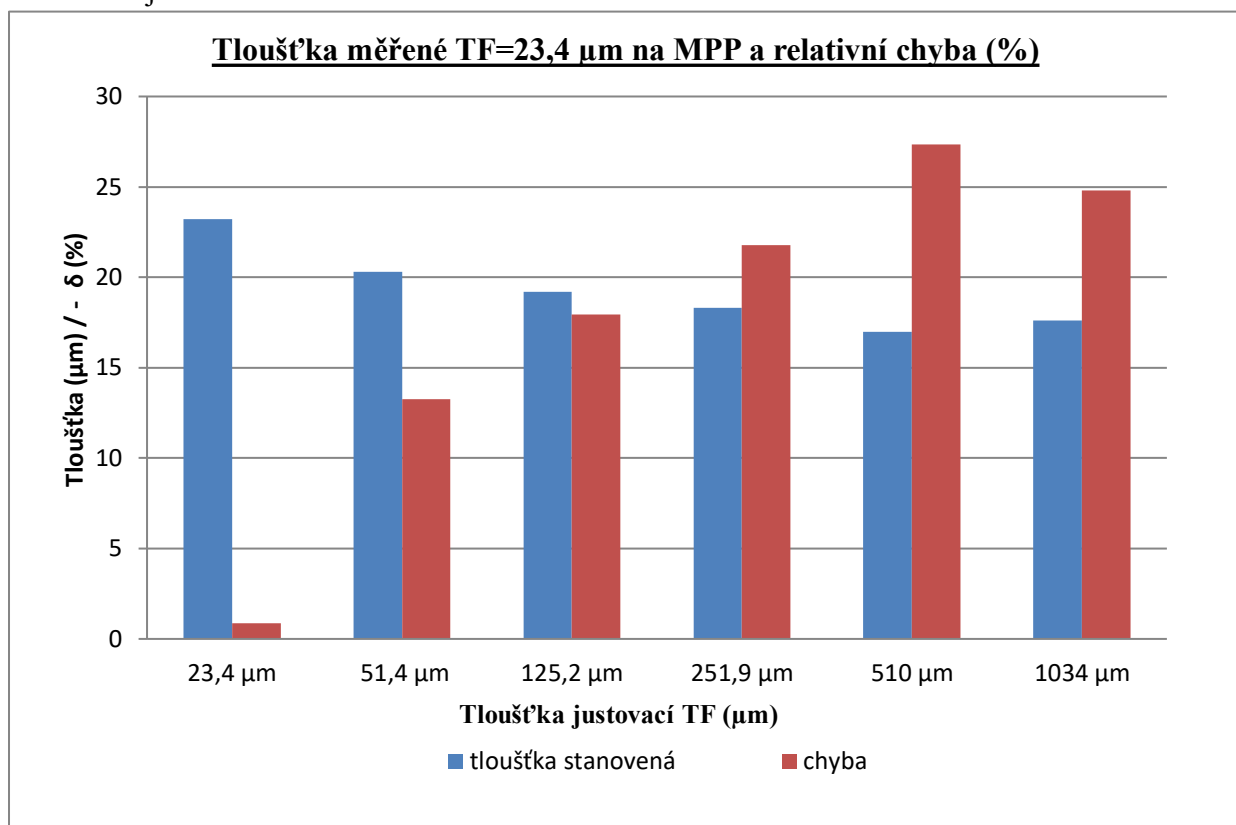
V Tabulce 2 jsou uvedeny hodnoty průměrných tloušťek jednotlivých MPP v závislosti na tloušťce kalibrační fólie použité k justování měřicího Přístroje A.

Tabulka 2 Přístroj A – průměrných tloušťek jednotlivých MPP v závislosti na tloušťce kalibrační fólie použité k justování

MPP	Hodnoty průměrné tloušťky povlaku na MPP					
	Tloušťka kalibrační fólie použité pro justování					
	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
23,4 μm	23,2	20,3	19,2	18,3	17,0	17,6
51,4 μm	57,7	50,9	46,8	43,5	43,2	41,9
125,2 μm	170	144	126	117	118	116
251,9 μm	393	321	272	252	252	250
510 μm	930	705	564	509	510	510
1034 μm	mimo rozsah přístroje		1193	1020	1032	1035

S ohledem na veliký rozsah naměřených dat jsou následně uvedeny dva diagramy (Diagram 2 a Diagram 3) - závislost velikosti odchylky δ (stanovené průměrné hodnoty tloušťky od tloušťky TF použité fólie na MPP) na hodnotě tloušťky justovací fólie. Uvedeny jsou extrémní případy – tedy případy, kdy k stanovení jsou použity fólie s nejmenší a největší tloušťkou (23,4 μm a 1034 μm).

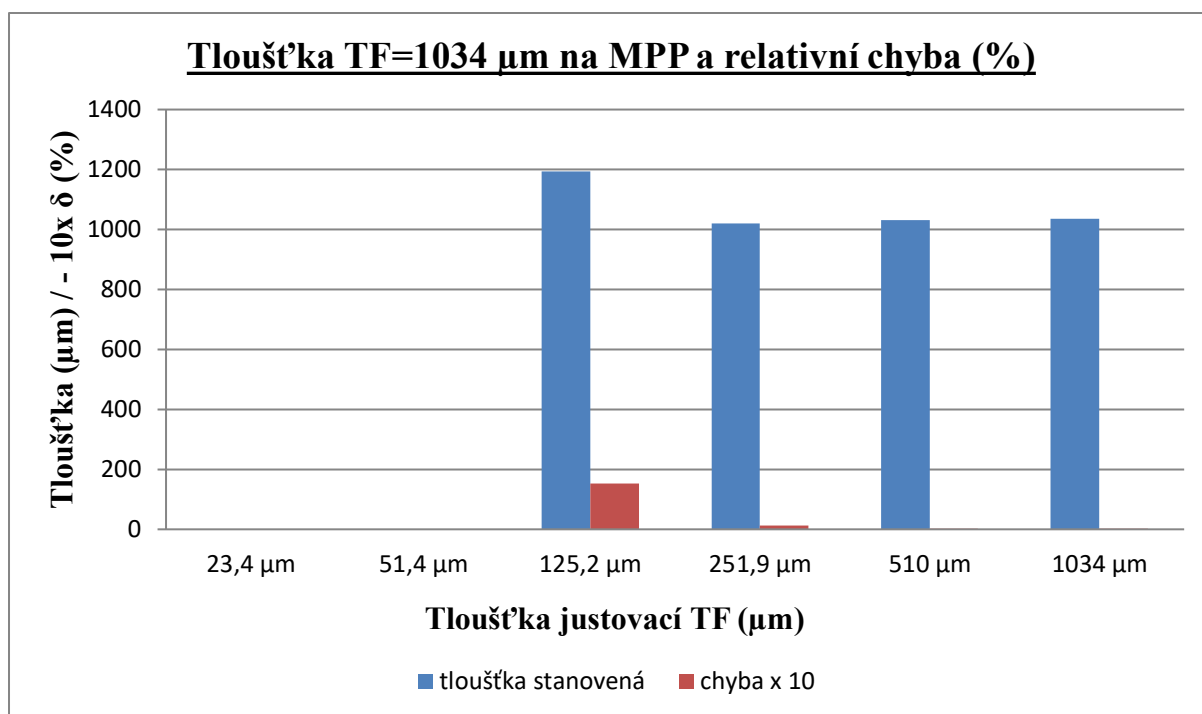
Diagram 2 Závislost stanovené tloušťky povlaku na MPP a chyby stanovení δ (povlak TF = 23,4 μm)
ne tloušťce justovací fólie



Tabulka 3 Data k diagramu č. 2

Data diagramu 2	Justování - použitý standard					
	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
TF = 23,4 μm						
tloušťka stanovená	23,2	20,3	19,2	18,3	17,0	17,6
Chyba δ	0,9	13,2	17,9	21,8	27,4	24,8

Diagram 3 Závislost stanovené tloušťky povlaku na MPP a chyby stanovení δ (povlak TF = 1034 μm)
ne tloušťce justovací fólie, přístroj A



Tabulka 4 Data k diagramu č. 3

Data diagramu 3	Justování - použitý standard					
fólie	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka stanovená	mimo rozsah přístroje		1193	1020	1032	1035
chyba δ (x 10 (%))			153,8	13,5	1,9	1,0

Stanovení tlouštěk povlaků na MPP závislosti na tloušťce justovací fólie, dvoubodové justování

Přístroj A – justovací fólie 23,4 μm, 51,4 μm, 125,2 μm, 251,9 μm, 510 μm, 1034 μm

Při justování jsou využity 2 fólie různých tlouštěk.

Sledování vlivu použitých justovacích fólií na přesnost stanovení tloušťky bylo vedeno ve dvou režimech:

R1: v tomto režimu jsou pro justování využity dvě justovací fólie, z nichž jedna současně plní funkci modelového povlaku na MPP.

R2: v tomto režimu jsou využity k justování pevně stanovené dvojice justovacích fólií bez ohledu na to, jaká je tloušťka TF fólie, použité jako modelový povlak na MPP. Tloušťky uvedeny v Tabulce 4.

Tabulky 5 Tloušťky užitých dvojic justovacích fólií – pro dvoubodové justování, R2

Použité justovací fólie	Interval justování – dáno rozsahem justovacích fólií				
	R2 - a	R2 - b	R2 - c	R2 - d	R2 - e
fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm
fólie 2	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm

V tabulce č. 6 jsou uvedeny naměřené hodnoty tlouštěk TF povlaků na MPP v závislosti na tloušťkách justovacích fólií, použitých k justování přístroje A, dvoubodovou metodou, v režimu R1.

Tabulka č.6 :Přehled dosažených výsledků testování tloušťky povlaků TF na MPP, v závislosti na použitých justovacích fóliích, přístroj A, režim R1:

Stanovení tloušťky TF=23,4 μm na MPP, režim testování R1					
justovací fólie 1	23,4 μm	23,4 μm	23,4 μm	23,4 μm	23,4 μm
justovací fólie 2	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=23,4 μm	22,4	22,6	23,3	23,5	24,1
chyba δ (%)	4,3	3,4	0,4	0,4	3,0
Stanovení tloušťky TF=51,4 μm na MPP, režim testování R1					
justovací fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	51,4 μm	51,4 μm	51,4 μm
justovací fólie 2	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=51,4 μm	51,4	51,5	51,7	50,9	51,6
chyba δ (%)	0,0	0,2	0,6	1,0	0,4
Stanovení tloušťky TF=125,2 μm na MPP, režim testování R1					
justovací fólie 1	51,4 μm	23,4 μm	125,2 μm	125,2 μm	125,2 μm
justovací fólie 2	125,2 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=125,2 μm	125	125	125	125	124
chyba δ (%)	0,2	0,2	0,2	0,2	1,0
Stanovení tloušťky TF=251,9 μm na MPP, režim testování R1					
justovací fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	251,9 μm
justovací fólie 2	251,9 μm	251,9 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=251,9 μm	252	251	252	252	252
chyba δ (%)	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
Stanovení tloušťky TF=510 μm na MPP, režim testování R1					
justovací fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm
justovací fólie 2	510 μm	510 μm	510 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=510 μm	512	510	509	510	510
chyba δ (%)	0,4	0,0	0,2	0,0	0,0
Stanovení tloušťky TF=1034 μm na MPP, režim testování R1					
justovací fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm
justovací fólie 2	1034 μm	1034 μm	1034 μm	1034 μm	1034 μm
tloušťka TF=1034 μm	1035	1035	1035	1035	1031
chyba δ (%)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3

V tabulce č.7 jsou uvedeny naměřené hodnoty tlouštěk TF povlaků na MPP v závislosti na tloušťkách justovacích fólií, použitých k justování přístroje A, dvoubodovou metodou, v režimu R2.

Tabulka č.7 :Přehled dosažených výsledků testování tloušťky povlaků TF na MPP, v závislosti na použitých justovacích fóliích, přístroj A, režim R2:

Stanovení tloušťky TF=23,4 μm na MPP, režim testování R2					
justovací fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm
justovací fólie 2	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=23,4 μm	22,4	25,1	25,1	24,2	18,1
chyba δ (%)	4,3	7,3	7,3	3,4	22,6
Stanovení tloušťky TF=51,4 μm na MPP, režim testování R2					

justovací fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm
justovací fólie 2	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=51,4 μm	51,4	51,5	52,6	43,6	43,4
chyba δ (%)	0,0	0,2	2,3	15,2	15,6
Stanovení tloušťky TF=125,2 μm na MPP, režim testování R2					
justovací fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm
justovací fólie 2	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=125,2 μm	138	125	125	117	117
chyba δ (%)	10,2	0,2	0,2	6,5	6,5
Stanovení tloušťky TF=251,9 μm na MPP, režim testování R2					
justovací fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm
justovací fólie 2	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=251,9 μm	296	253	252	252	251
chyba δ (%)	17,5	0,4	0,0	0,0	0,4
Stanovení tloušťky TF=510 μm na MPP, režim testování R2					
justovací fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm
justovací fólie 2	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=510 μm	617	487	482	510	510
chyba δ (%)	21,0	4,5	5,5	0,0	0,0
Stanovení tloušťky TF=1034 μm na MPP, režim testování R2					
justovací fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm
justovací fólie 2	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=1034 μm	1352	922	908	1034	1032
chyba δ (%)	30,8	10,8	12,2	0,0	0,2

Stanovení tlouštěk povlaků na MPP závislosti na tloušťce justovací fólie, jednobodové justování

Přístroj B – justovací fólie 23,4 μm, 51,4 μm, 125,2 μm, 251,9 μm, 510 μm, 1034 μm

Při justování je využita fólie jedné tloušťky. Druhý bod obvykle tvoří bod 0.

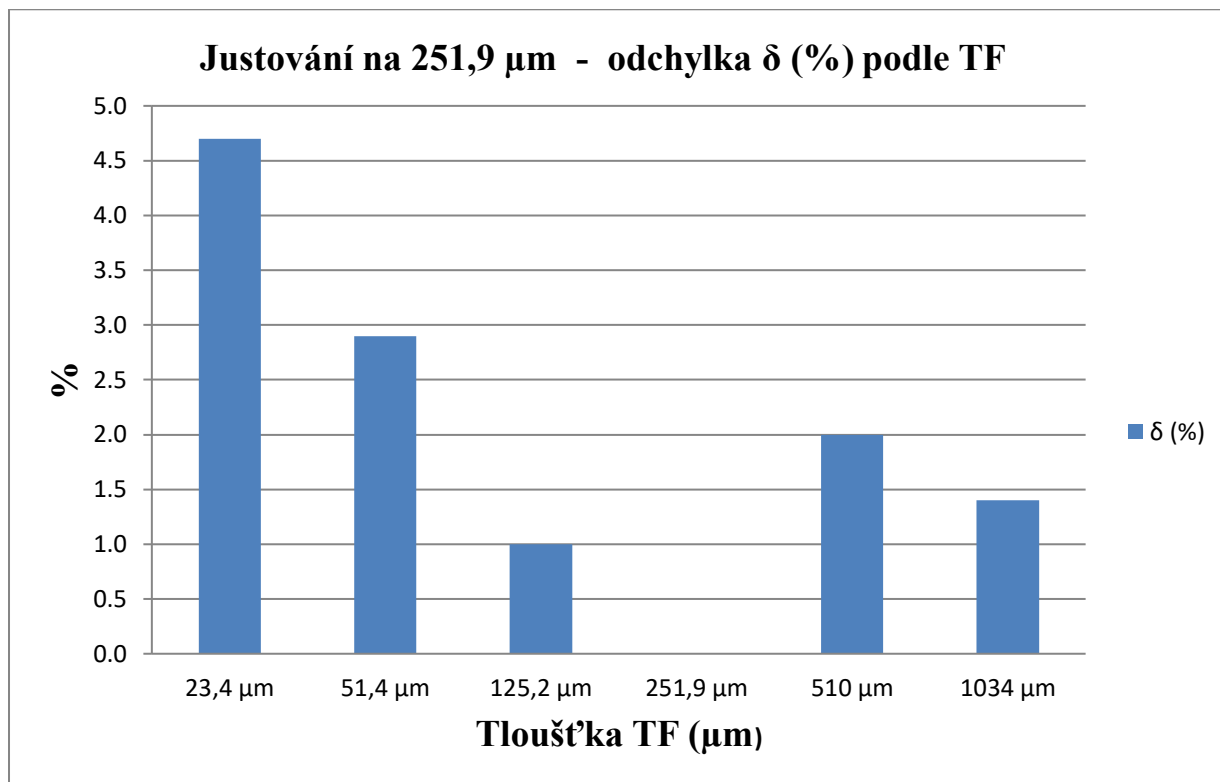
Příklad naměřených základních dat, Přístroj B – jednobodová kalibrace, kalibrační fólie 251,9 μm, podklady s povlakem sestaveny z ocelové desky a odpovídající kalibrační fólie TF.

Tabulka 8 Přístroj B – stanovení tloušťky různých povlaků na ocelové desce, jednobodová kalibrace na kalibrační fólii 251,9 μm

Justování přístroje na kalibrační fólii TF=251,9 μm					
MPP TF					Relativní odchylka δ (%)
	Průměrná tloušťka (μm)	MAX (μm)	MIN (μm)	Směrodatná odchylka	
23,4 μm	22,3	24,6	20,9	1,2	4,7
51,4 μm	49,9	51,6	48	1	2,9
125,2 μm	124	126	123	0,9	1,0
251,9 μm	251,8	253,3	251,1	0,7	0,0

510 μm	500	501	500	0,5	2,0
1034 μm	1020	1021	1018	1	1,4

Diagram 4 Závislost δ na MPP při justování na fólii 251,9 μm , přístroj B, dle Tabulky 8:



Odpovídajícím způsobem byly provedeny testy pro ostatní kalibrační fólie a MPP.

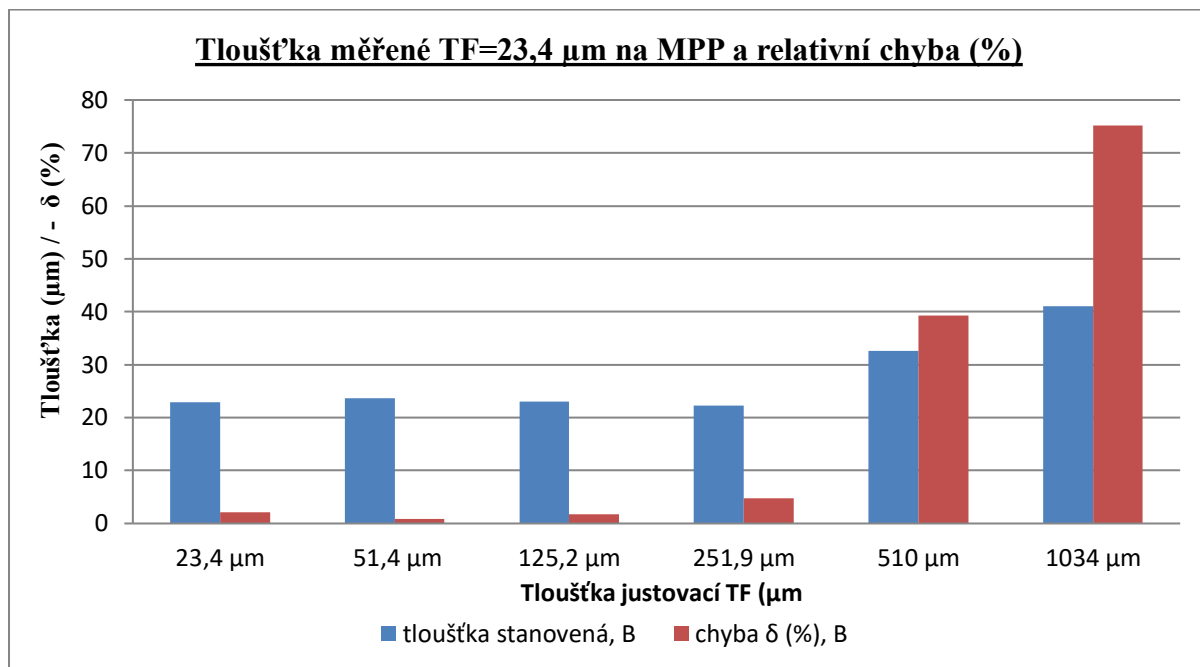
V Tabulce 9 jsou uvedeny hodnoty průměrných tloušťek jednotlivých MPP v závislosti na tloušťce kalibrační fólie použité k justování měřicího Přístroje B.

Tabulka 9 Přístroj B – průměrných tloušťek jednotlivých MPP v závislosti na tloušťce kalibrační fólie použité k justování

MPP	Hodnoty průměrné tloušťky povlaku na MPP					
	Tloušťka kalibrační fólie použité pro justování					
	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
23,4 μm	22,9	23,6	23,0	22,3	32,6	41,0
51,4 μm	51,2	50,6	51,0	49,9	60,6	69,2
125,2 μm	125,9	125,0	125,6	124,0	134,9	143,7
251,9 μm	253,2	252,4	253,0	251,8	262,0	270,0

510 μm	506,0	501,0	502,0	500,0	510,0	519,0
1034 μm	1026,0	1025,0	1023,0	1020,0	1021,0	1033,0

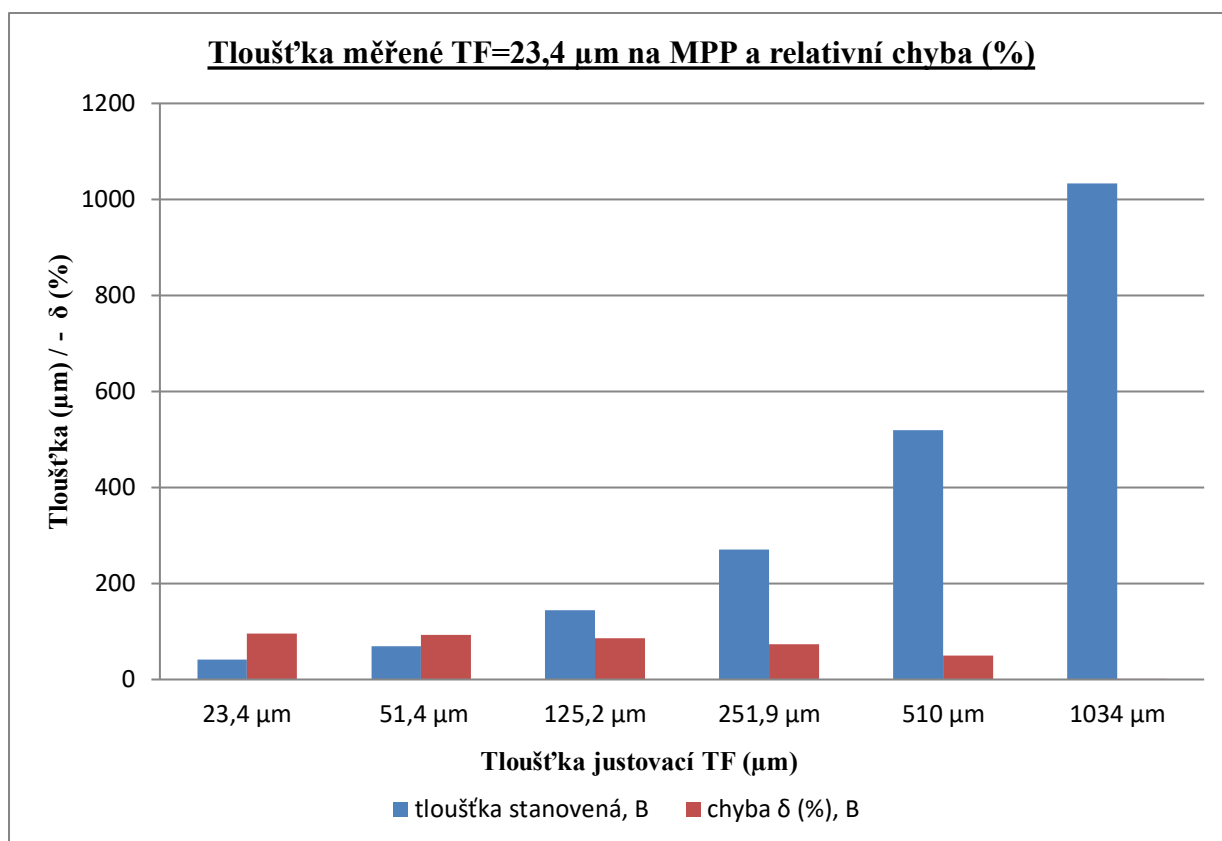
Diagram 5 Závislost stanovené tloušťky povlaku na MPP a chyby stanovení δ (povlak TF = 23,4 μm)
ne tloušťce justovací fólie, přístroj B



Tabulka 10 Data k diagramu č. 5

Data diagramu 5	Justování - použitý standard					
TF = 23,4 μm	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka stanovená, B	22,9	23,6	23	22,3	32,6	41
chyba δ (%), B	2,1	0,9	1,7	4,7	39,3	75,2

Diagram 6 Závislost stanovené tloušťky povlaku na MPP a chyby stanovení δ (povlak TF = 1034 μm)
ne tloušťce justovací fólie, přístroj B



Tabulka 11 data k diagramu č. 6

Data diagramu 6	Justování - použitý standard					
TF = 1034 μm	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka stanovená, B	41	69,2	143,7	270	519	1033
chyba δ (%), B	96,0	93,3	86,1	73,9	49,8	0,1

Stanovení tlouštěk povlaků na MPP závislosti na tloušťce justovací fólie, dvoubodové justování

Přístroj B – justovací fólie 23,4 μm, 51,4 μm, 125,2 μm, 251,9 μm, 510 μm, 1034 μm

Postup provedení stanovení tlouštěk je shodný jako v případě stanovení je shodný jako v případě prací s přístrojem A.

V Tabulce 12 jsou uvedeny naměřené hodnoty tlouštěk TF povlaků na MPP v závislosti na tloušťkách justovacích fólií, použitých k justování přístroje A, dvoubodovou metodou, v režimu R1.

Tabulka 12 :Přehled dosažených výsledků testování tloušťky povlaků TF na MPP, v závislosti na použitých justovacích fóliích, přístroj B, režim R1:

Stanovení tloušťky TF=23,4 μm na MPP, režim testování R1

justovací fólie 1	23,4 μm	23,4 μm	23,4 μm	23,4 μm	23,4 μm
justovací fólie 2	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=23,4 μm	23,2	23,4	22	24,8	23,9
chyba δ (%)	0,9	0,0	6,0	6,0	2,1
Stanovení tloušťky TF=51,4 μm na MPP, režim testování R1					
justovací fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	51,4 μm	51,4 μm	51,4 μm
justovací fólie 2	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=51,4 μm	49,5	50,5	50,6	50,2	50,2
chyba δ (%)	3,7	1,8	1,6	2,3	2,3
Stanovení tloušťky TF=125,2 μm na MPP, režim testování R1					
justovací fólie 1	51,4 μm	23,4 μm	125,2 μm	125,2 μm	125,2 μm
justovací fólie 2	125,2 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=125,2 μm	125,7	126,5	125,9	123,3	124,5
chyba δ (%)	0,4	1,0	0,6	1,5	0,6
Stanovení tloušťky TF=251,9 μm na MPP, režim testování R1					
justovací fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	251,9 μm
justovací fólie 2	251,9 μm	251,9 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=251,9 μm	252,3	252,3	252,5	252,2	251,8
chyba δ (%)	0,16	0,16	0,24	0,12	0,04
Stanovení tloušťky TF=510 μm na MPP, režim testování R1					
justovací fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm
justovací fólie 2	510 μm	510 μm	510 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=510 μm	515,5	510	509	510	510
chyba δ (%)	1,1	0,0	0,2	0,0	0,0
Stanovení tloušťky TF=1034 μm na MPP, režim testování R1					
justovací fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm
justovací fólie 2	1034 μm	1034 μm	1034 μm	1034 μm	1034 μm
tloušťka TF=1034 μm	1035	1035	1035	1035	1031
chyba δ (%)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3

V Tabulce 13 jsou uvedeny naměřené hodnoty tlouštěk TF povlaků na MPP v závislosti na tloušťkách justovacích fólií, použitých k justování přístroje A, dvoubodovou metodou, v režimu R2.

Tabulka 13 Přehled dosažených výsledků testování tloušťky povlaků TF na MPP, v závislosti na použitých justovacích fóliích, přístroj A, režim R2:

Stanovení tloušťky TF=23,4 μm na MPP, režim testování R2

justovací fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm
justovací fólie 2	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=23,4 μm	23,2	21,1	24,9	14,4	27,5
chyba δ (%)	0,9	9,8	6,4	38,5	17,5
Stanovení tloušťky TF=51,4 μm na MPP, režim testování R2					
justovací fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm
justovací fólie 2	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=51,4 μm	49,5	50,5	52,3	43,2	55,8
chyba δ (%)	3,7	1,8	1,8	16,0	8,6
Stanovení tloušťky TF=125,2 μm na MPP, režim testování R2					
justovací fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm
justovací fólie 2	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=125,2 μm	121,7	126,5	125,9	120,7	130,5
chyba δ (%)	2,8	1,0	0,6	3,6	4,2
Stanovení tloušťky TF=251,9 μm na MPP, režim testování R2					
justovací fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm
justovací fólie 2	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=251,9 μm	242,7	257,1	252,5	252,2	258,9
chyba δ (%)	3,7	2,1	0,2	0,1	2,8
Stanovení tloušťky TF=510 μm na MPP, režim testování R2					
justovací fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm
justovací fólie 2	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=510 μm	481	518	505	510	510
chyba δ (%)	5,7	1,6	1,0	0,0	0,0
Stanovení tloušťky TF=1034 μm na MPP, režim testování R2					
justovací fólie 1	23,4 μm	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm
justovací fólie 2	51,4 μm	125,2 μm	251,9 μm	510 μm	1034 μm
tloušťka TF=1034 μm	979	1048	1016	1050	1033
chyba δ (%)	5,3	1,4	1,7	1,5	0,1

Závěr

Výsledky testů a stanovení je možno shrnout do následujících bodů:

- Správná volba justovacích fólií přímo a zásadně ovlivňuje konečnou hodnotu stanovené tloušťky povlaku, v extrémním případě je může jednat až o desítky procent rozdílu
- Dvoubodové justování poskytuje větší jistotu při stanovení tloušťky povlaku nežli justování jednobodové; toto konstatování jistě neznamená, že by jednobodové justování nebylo vhodné, dostačující
- Je nanejvýš vhodné, nutné, aby v případě využití dvoubodového justování byly justovací fólie voleny tak, aby se stanovované tloušťky povlaků nalézaly v oblasti mezi tloušťkami použitých justovacích fólií
- V případě využití jednobodového justování je nutno zajistit, aby k justování byla využita justovací fólie, jejíž tloušťka je větší nebo srovnatelná s očekávanou či orientačně předem stanovenou tloušťkou testovaného povlaku

- Rozdíly mezi přístroji se mohou projevit zejména při stanovení extrémních hodnot tloušťek, a to především v oblasti malých tloušťek; poznámka: jistou roli zde hraje fakt, že možná chyba stanovení je s ohledem na malou hodnotu tloušťky povlaku významná

Seznam použité literatury:

- [1] ČSN EN ISO 2178 Nemagnetické povlaky na magnetických podkladech – Měření tloušťky povlaku – Magnetická metoda
- [2] ČSN EN ISO 2808 Nátěrové hmoty – Stanovení tloušťky nátěru