

# THE EVALUATION OF SHAPEABLE ATTRIBUTES OF ZINC COATINGS

## HODNOCENÍ TVÁRNÝCH VLASTNOSTÍ ZINKOVÝCH POVLAKŮ

**Pejšoch M., Chrást V.**

Ústav techniky a automobilové dopravy, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.

E-mail: [pejsoch@volny.cz](mailto:pejsoch@volny.cz), [chrast@mendelu.cz](mailto:chrast@mendelu.cz)

---

### ABSTRACT

The article describes the problems of the evaluation of shapeable attributes of zinc coatings. Nowadays, when covering the car bodies with zinc is a common standard, arises the need of dealing with mechanical attributes of the zinc coating by the flame sprayed zinc parts. The shapeable attributes stand out among the most important ones because during folding the material can't be damaged in a way which would mean that the anticorrosive protection of the basic material would be damaged as well. That is why there were two samples of galvanized sheet metals selected for testing of the nominated methodics of damage revelation. On both A and B samples were tested by the following tests: tear-off test of adhesiveness, test of adhesiveness by folding at 180°, metallographic analysis and the thickness of the coating was measured as well. The sample B showed a slightly bigger thickness of the zinc coating and during folding showed cracks in the form of a net at a width of about 25 µm. The metallographic analysis ascertained that the zinc layer is continuous with the well-apparent inhibitive layer between the transitional materials at a thickness of 0,5µm. On the other hand the sample A had a lesser thickness of the zinc coating and during folding showed cracks in the axis of the folding at a thickness of 125 µm. By using the metallographic analysis we learned about the outbursts in the zinc layer in several places extending into the surface. The outbursts evolve most likely when exceeding the ideal time after which the growth of the intermetallic compound comes up. Or their creation is initiated by a high reactivity of the basic material.

**Key words:** zinc coatings, shapeable attributes, coat defect.

## ÚVOD

V současné době, kdy zinkování karoserií, rámců a jednotlivých komponent motorových vozidel je běžným standardem, nastává nutnost zabývat se vlastnostmi žárově zinkovaných povlaků. V prostředí opravárenství jsou velice důležité vlastnosti mechanické a to zejména tvárnost zinkové vrstvy. Tvárnost povlaku je důležitým aspektem korozní odolnosti pozinkovaného prvku. Při výrobě dílů z již pozinkovaného materiálu totiž dochází k jejímu namáhání, zejména na tah, a není-li tomu vrstva dostatečně odolná, může dojít k poškození protikorozní ochrany daného dílu. Proto jsme se rozhodli podrobit testu dva různé materiály, které se právě pro tyto servisní a opravárenské činnosti používají.

## MATERIÁL A METODIKA

### Hodnoceny byly následující vzorky

vzorek A - obvyklý zinkový květ u materiálu, tloušťka vzorku 1,9 mm

vzorek B - malý květ u materiálu, tloušťka vzorku 2,1 mm

### Tloušťka zinkového povlaku

Měření provedeno přístrojem PERMASCOPE vždy po 20 měřeních od každého vzorku.

### Odtrhová zkouška přilnavosti

Tato zkouška podle ČSN EN ISO 4624 je určena pro testování přilnavosti nátěrových hmot. V tomto případě byla použita pouze jako orientační test. Přístrojem Elcometer F 106 bylo provedeno 6 měření u každého vzorku.

### Zkouška přilnavosti ohybem o 180°

Tato zkouška ČSN ISO 1519 spočívá v ohybu vzorku na válcovém trnu a průzkumu projevu poškození na vnější straně ohybu.

### Metalografická analýza

Ze zásobních plechů byly pákovými nůžkami odstřiženy obdélníky dlouhé cca 6cm a široké 22 mm. Kolmo ke stříhaným okrajům byly vedeny šetrné řezy ruční pilkou. Z takto získaných řezů byl připraven metalografický výbrus: vzorky byly za tepla zalisovány do bakelitu a byly broušeny (papír č. 320, 800 a 1200) a leštěny (diamantová pasta, velikost zrna 1 $\mu$ m). Struktura byla vyvolána 1% roztokem nital (HNO<sub>3</sub> v etanolu). Vzorky byly pozorovány na metalografickém mikroskopu Neophot 21.

## VÝSLEDKY

Tab.1 Tloušťka zinkového povlaku

Vzorek	Min. tloušťka povlaku [ $\mu\text{m}$ ]	Max. tloušťka povlaku [ $\mu\text{m}$ ]	Průměrná tloušťka povlaku [ $\mu\text{m}$ ]
A strana I	13	23	17,6
strana II	15	21	17,6
B strana I	20	25	23
strana II	18	24	21,9

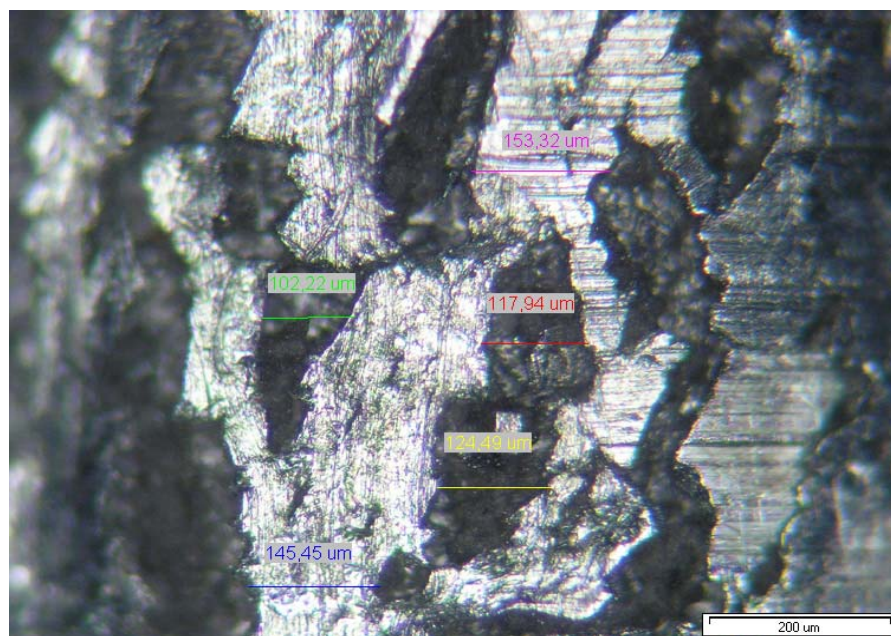
Z měření je patrné, že tloušťka povlaku vzorku A je nižší než u povlaku vzorku R.

### Odrhová zkouška přilnavosti

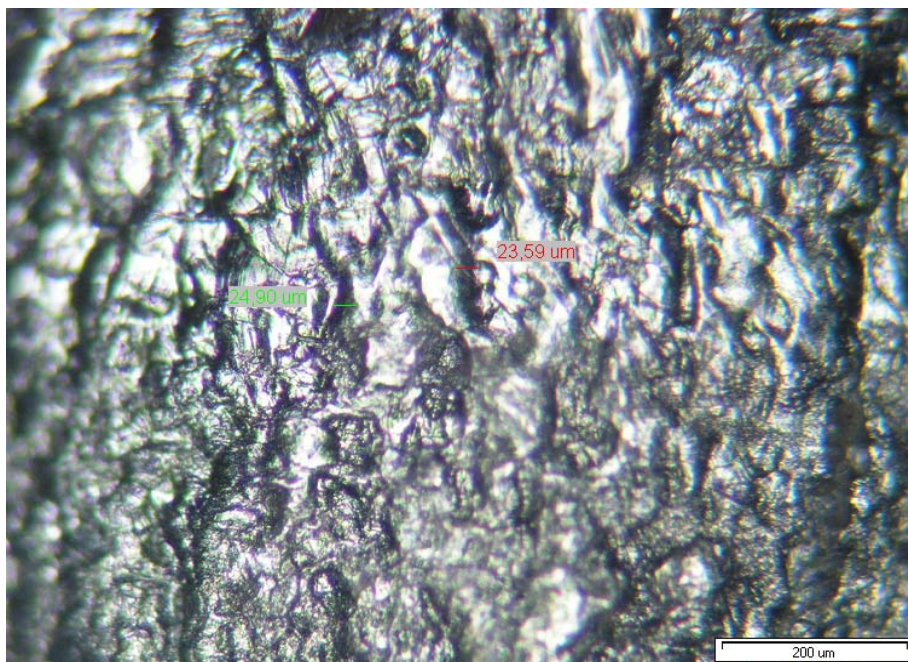
Odtahovou zkouškou bylo provedeno vždy 6 měření u každého z testovaných materiálů. Ani v jednom případě ovšem nedošlo k porušení zinkového povlaku.

### Zkouška ohybem o 180°

Výsledky této zkoušky dokumentují přiložené fotografie pořízené v místě ohybu. Vzorek A vykazuje značné trhliny šířky až cca 125  $\mu\text{m}$ . Druhý vzorek B vykazuje jemnější poškození – šířka do cca 25  $\mu\text{m}$ .



Obr.1 Vzorek A – vzorek po ohybu o 180°, zvětšeno 100x



Obr.2 Vzorek B – vzorek po ohybu o 180°, zvětšeno 100x

### Metalografická analýza

Tloušťka byla měřena na mikroskopu Neophot při zvětšení 1000x. Vzdálenost mezi měřenými místy činila cca 1 – 1,5mm, vrstva zinku byla měřena po obou stranách vzorku (řezu). V případě vzorku B byl pozorován jeden výbrus (33 měření), v případě vzorku A byly pozorovány tři výbrusy A1 – A3 (celkem 96 měření), získané z řezů plechu vzdálených od sebe 15mm. Výsledky jsou shrnuty v následujících tabulkách. Tloušťka povlaku (průměrná hodnota  $23 \pm 9\mu\text{m}$ ) vzorku A kolísá více než tloušťka povlaku B (průměrná hodnota  $24 \pm 6\mu\text{m}$ ).

Tab. 2 Měření tloušťky zinkového povlaku A

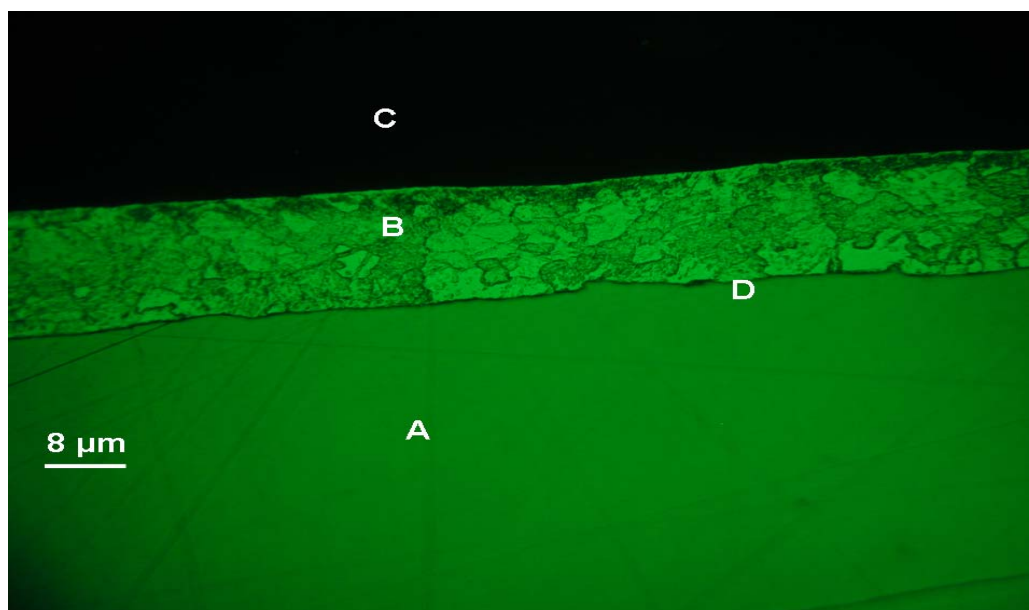
Vzorek	Počet měření	Průměrná hodnota [ $\mu\text{m}$ ]	Průměrná tloušťka povlaku [ $\mu\text{m}$ ]	Směrodatná odchylka [ $\mu\text{m}$ ]
A1 strana I	21	23,76	22,89	8,76
A1 strana II	15	15,67		
A2 strana I	15	18,20	<b>Výsledná hodnota</b>	
A2 strana II	15	27,20		
A3 strana I	15	24,00	<b><math>23 \pm 9 \mu\text{m}</math></b>	
A3 strana II	15	23,47		

Tab. 3 Měření tloušťky zinkového povlaku B

Vzorek	Počet měření	Průměrná hodnota [ $\mu\text{m}$ ]	Průměrná tloušťka povlaku [ $\mu\text{m}$ ]	Směrodatná odchylka [ $\mu\text{m}$ ]
B strana I	15	23,47	23,70	6,30
			<b>Výsledná hodnota</b>	
B strana II	18	23,94	<b>24 <math>\pm</math> 6 <math>\mu\text{m}</math></b>	

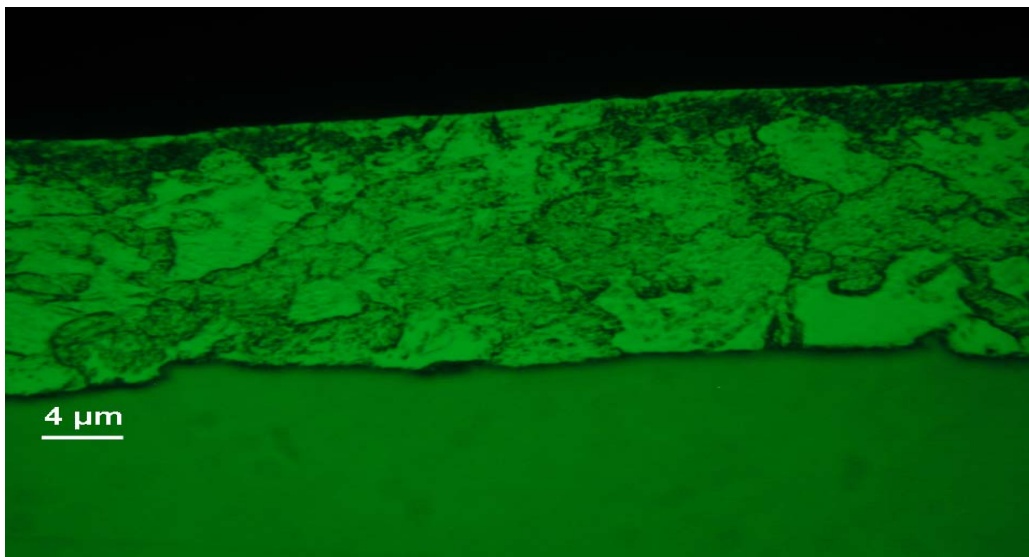
### Fázové složení povlaku B

Na následujících dvou fotografiích je zobrazen výbrusu a detail z výbrusu povlaku vzorku B při zvětšení 800x, pořízený imersním objektivem. Detail při zvětšení 1600x, tmavá linie o tloušťce cca 0,5 $\mu\text{m}$  je tvořena tzv. inhibiční vrstvou obsahující sloučeninu  $\text{Fe}_2\text{Al}_5$  a zinek. Inhibiční vrstva vzniká při přísadě cca 0,10 – 0,15 % hliníku do zinkové taveniny. První reakcí železa (oceli) s lázní je vytvoření této sloučeniny, která vytvoří submikronovou vrstvu. Tato vrstva brání reakci železa se zinkem a tím vytvoření křehkých intermetalických sloučenin Fe-Zn, které by zhoršovaly tvárnost povlaku. V případě, že je překročena určitá doba ponoru v zinkové lázni (řádově sekundy) se však tato vrstva může rozpadat a v místě jejich defektů narůstají intermetalika Fe-Zn. Zde (vzorek B) je však vrstva kompaktní. Samotný povlak je tvořen pouze zinkem.



Obr. 3 Metalografický výbrus povlaku zinku na vzorku B. Zvětšení 800x.

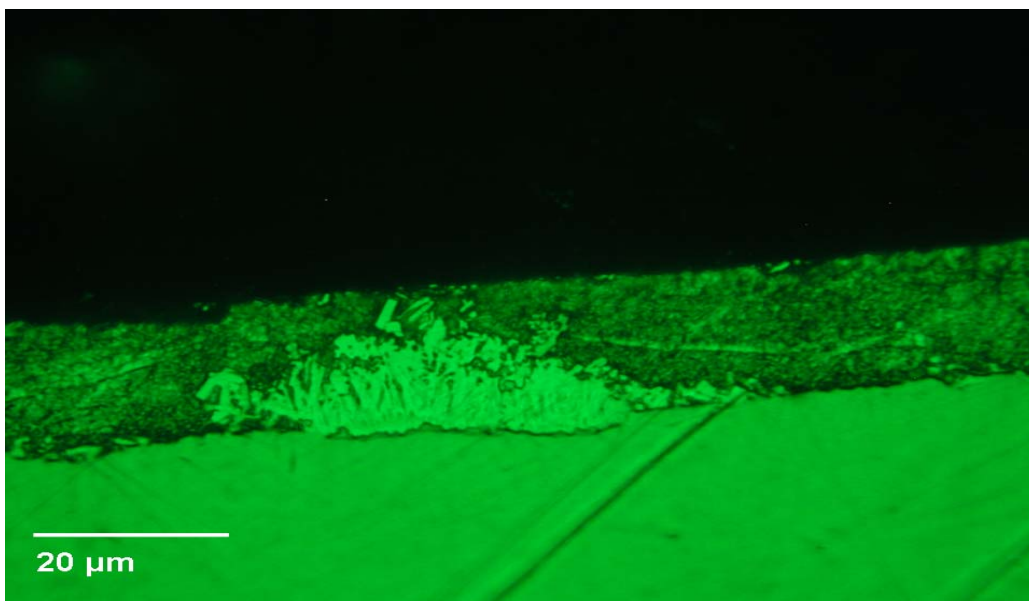
A – podkladová ocel, B – zinkový povlak, C – lisovací hmota, D – inhibiční vrstva.



Obr. 4 Detail výbrusu. Zvětšení 1600x.

### Fázové složení povlaku A

Při zinkování bylo patrně rovněž použito přísady hliníku, z neznámých důvodů (např. překročení kritické doby ponoru) však došlo k prolomení inhibiční vrstvy. Tato skutečnost se projevuje výskytem intermetalických fází Fe-Zn v povlaku, nejčastěji ve formě keříčkovitých kolonií (označovaných v literatuře jako outburst), vyrůstajících reakcí železa a zinku v místě průlomu inhibiční vrstvy. Jedna z těchto kolonií je zachycen na následující fotografii. Šířka kolonií se pohybuje přibližně v rozmezí 10 – 20 μm, výškou místy dosahují až k povrchu povlaku. Interval vzdálenosti mezi koloniemi na řezu je cca 400 μm, místy je však mnohem menší a na některých místech se kolonie dokonce spojují do souvislých pásů, dlouhých až 200 μm.



Obr. 5 Kolonie intermetalických fází na rozhraní podkladu a povlaku na výbrusu vzorku A. zv. 1600x, imersní objektiv.

## ZÁVĚR

Vzorek A vykazuje menší tloušťku zinkovaného povlaku oproti vzorku B. Rovněž při zkoušce ohybem došlo u testovaného vzorku A k radikálnějšímu poškození nanesené vrstvy zinku, vznik podélných trhlin o šířce až 125  $\mu\text{m}$  zatím co u vzorku B má poškození charakter sítě trhlin do tloušťky 25  $\mu\text{m}$ .

U vzorku A byla metalografickým měřením zjištěna průměrná tloušťka  $23 \pm 9\mu\text{m}$ , nejmenší naměřená hodnota byla 10 $\mu\text{m}$ , největší naměřená hodnota byla 60 $\mu\text{m}$ . Pro inhibici vzniku intermetalických fází bylo při zinkování použito hliníku, nicméně v povlaku byla pozorována řada kolonií, pásů a samostatných krystalů intermetalických fází. Tyto intermetalické fáze jsou křehké a způsobují odlupování povlaků při namáhání ohybem. Inhibiční vrstva tedy byla při zinkování prolomena, pravděpodobně z důvodu příliš dlouhého ponoru v roztaveném zinku, jiným vysvětlením je možná vyšší reaktivita podkladové oceli.

Tento článek byl vytvořen na základě grantu IGA číslo 2102IG270301

## LITERATURA

- [1] A.R. MARDER A.R.: *The metallurgy of zinc-coated steel*, Progress in materials science 45, 2000.
- [2] HERVELDT: *Hot dip galvanizing of Ti and Nb stabilized interstitial free high strength steels*, disertační práce, Universiteit Gent, 2000.
- [3] VERNER, P. *Odolnost kovových povlaků proti korozi*, disertační práce Brno: MZLU v Brně Agronomická fakulta, 2005. 216 s.