

## POZINKOVANÉ PLECHY V AUTOMOBILOVOM PRIEMYSLE A ICH HODNOTENIE

prof. Ing. Emil Spišák, CSc.  
Ing. Juraj Hudák, CSc.  
Ing. Jana Tkáčová, PhD.  
Ing. Ján Tkáč

Technická univerzita v Košiciach  
Strojnícka fakulta

Katedra technológií a materiálov

[emil.spisak@tuke.sk](mailto:emil.spisak@tuke.sk)

[juraj.hudak@tuke.sk](mailto:juraj.hudak@tuke.sk)

[jana.tkacova@tuke.sk](mailto:jana.tkacova@tuke.sk)

[jan.tkac.2@tuke.sk](mailto:jan.tkac.2@tuke.sk)

### Abstract

The presented paper is focused on evaluation of selected parameters of formability of deep-drawable and micro-alloyed hot-dip galvanized steel sheets intended for automotive industry. Testing methods for coated sheets are more complex, because next to the evaluation of substrate material the coating also should be assessed depending on its type, processing technology and final applications. To obtain reliable information it is necessary to carry out a wide range research to solve problems comprehensively. Based on the performed tests (tensile test, cup test, checking of part surface by grinding, adhesion test, roughness measurement) can be stated that the studied hot dip galvanized microalloyed and deep-drawable steel sheets produced on a continuous galvanizing line preserve formability properties with good adhesion to substrate material and are suitable for the stamping operations for automotive industry.

**Key words:** zinc hot-dip galvanized steel sheets, stamping, evaluation of coated steel sheets for automotive industry

### ÚVOD

Podľa "Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles" (OICA) v roku 2007 bolo vyrobených približne okolo 53 miliónov osobných automobilov a 20 miliónov úžitkových vozidiel. Automobilový priemysel je jedným z najdôležitejších užívateľov moderných technológií povrchových úprav [1].

Technológie povrchových úprav na jednej strane zlepšujú existujúce materiály a výrobky, na druhej strane sú nevyhnutné pre realizáciu inovatívnych produktov na základe konkrétnych vlastností vrstiev a povlakov.

Vrstvy a povlaky vytvorené „na mieru“ umožňujú optimalizáciu:

- mechanickú (opotrebenie),

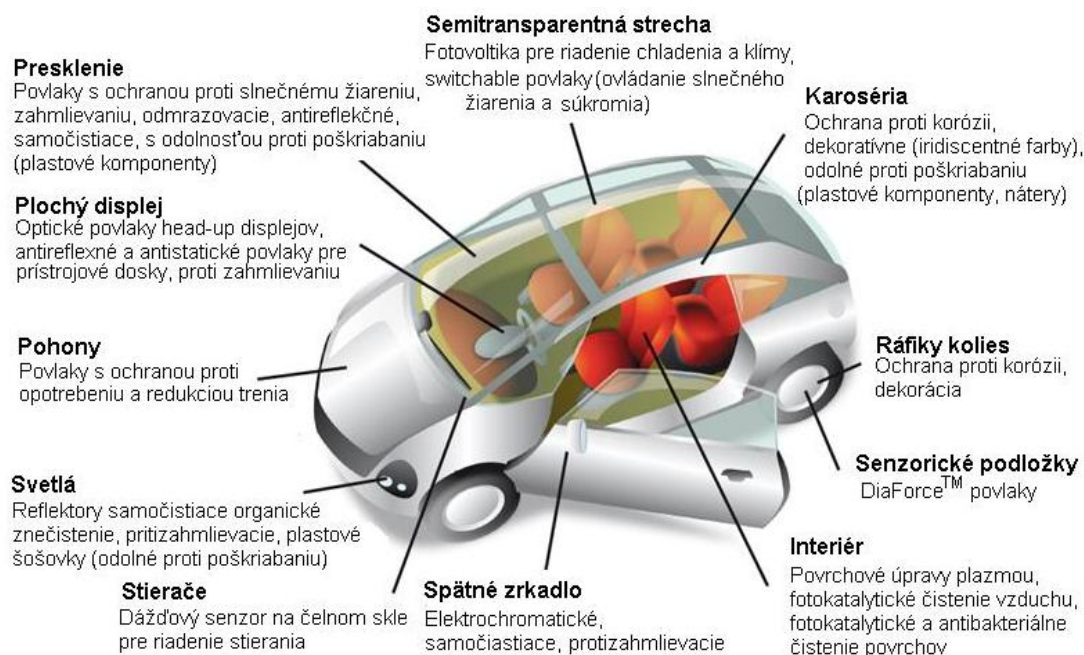
- chemickú (korózia, priepustnosť, teplotná izolácia),
- biokompatibilita, zmäčavosť;
- elektrickú (vodivosť);
- optickú (prenos, odraz, absorpcia, farba) vlastností povrchov.

Povrchové vrstvy modifikujú chemické zloženie, štruktúru alebo subštruktúru povrchu a podpovrchových vrstiev základného materiálu. Od povrchu do jadra materiálu sa vytvára gradient fyzikálno-mechanických a chemických vlastností bez náhlej zmeny. Zvyčajne preto nevzniká výrazné rozhranie medzi povrchovou vrstvou a jadrom, ktoré môže byť kritickým miestom pri prevádzkovom zaťažení.

Povlaky sa nanášajú na pôvodný povrch materiálu a obvykle majú odlišné chemické zloženie a štruktúru než základný materiál. Pritom vzniká rozhranie s výraznou zmenou fyzikálno-mechanických a chemických vlastností, čo môže vytvárať problémy ako pri vytváraní povlakov, tak aj pri ich aplikácii. Dochádza k superpozícií poľa napätia vytváraného zaťažovaním súčiastok a zvyškového napätia v oblasti rozhrania povlaku a podkladu [2].

Medzi najčastejšie aplikácie povrchových úprav v automobilovom priemysle patria, okrem lakovania za účelom dekorácie a dlhodobej ochrany proti korózii, tribologické povlaky na komponenty pohonov alebo rôzne funkčné povlaky aplikované na zasklení automobilov. Tenké tvrdé povlaky s nízkym koeficientom trenia sú efektívny spôsob ako znížiť opotrebenie a trenie. Povlaky na skle môžu znížiť rušivé odrazy alebo minimalizovať tepelné zaťaženie do priestoru pre cestujúcich. Tenké vrstvy tiež majú rozhodujúcu úlohu pre mnoho druhov nových senzorov ktoré sa podieľajú na zvýšení „inteligencie“ automobilov [1].

V automobilovom priemysle sa povrchové úpravy využívajú nielen priamo pri výrobe jednotlivých komponentov automobilu ale aj pre zvýšenie životnosti tvárniacich nástrojov, napr. pre dierovanie alebo hlboké ťahanie. Aktuálny vývoj v oblasti procesov tvárnenia je zameraný na použitie „ľahkých“ materiálov, ako je Ti, Al alebo Mg. Po mnoho rokov bolo známe, že nitrid chrómu CrN alebo povlaky na báze titanu ako nitrid titanu TiN, TiCN alebo TiB<sub>2</sub> deponované PVD alebo CVD technikami, môžu výrazne zvýšiť životnosť nástrojov [3],[4],[5]. Moderné povlakovacie systémy pre tvárniace nástroje vykazujú tendenciu k viacvrstvovým kompozitom. Tieto kompozity sa môžu skladať napr. z tvrdej základnej vrstvy na ktorej sú relatívne mäkké vrstvy s nízkym trením ako MoS<sub>2</sub> alebo amorfný uhlík [3].



Obr.1 Použitie povrchových úprav v modernom automobile [1]

Príkladom aplikácie povrchových úprav na komponenty automobilu je výroba žiarovo a elektrolyticky pozinkovaných plechov. Žiarové zinkovanie je proces, pri ktorom sú oceľové zvitky v kontinuálnom procese alebo kovové dielce (zinkovanie v dávkach) ponorené do kúpeľa roztaveného zinku, majúc za následok vytvorenie zliatinového povlaku zinok-ocel' s dobrou príľnavosťou, ktorý chráni oceľ proti korózii. Teplota roztaveného zinku je cca 460 °C a hrúbka vrstvy sa pohybuje od cca 8 µm pre povlakovanie zvitkov a 15-20 µm na povrchovú úpravu jednotlivých dielcov. Oba procesy, elektrolytické a žiarové pozinkovanie plechov využívané v automobilovom priemysle, sú dobre známe procesy aplikovateľné pre bežné ocele, ale nové typy oceli s vysokou pevnosťou, ako sú napr. TRIP ocele (transformáciou indukovaná plasticita) spôsobujú niektoré problémy. Určité legujúce kovy, ako Al alebo Mn pasivujú povrch tejto ocele a znižuje zmáčavosť pri procese žiarového zinkovania, ktorého výsledkom je nižšia adhézia [6]. Elektrolytické pozinkovanie na TRIP oceli znižuje dynamickú pevnosť v ťahu [6], [11], [12], [13], [14].

Podľa spôsobu výroby a druhu povlaku sa používajú v automobilovom priemysle v súčasnosti zvlášť tieto druhy:

- žiarovo pozinkované plechy – čistý zinok,
- elektrolyticky pozinkované plechy – čistý zinok,
- plechy pokované zliatinami na báze zinku (Zn-Fe, Zn-Al, Zn-Ni, Zn-Cr/Zn-Ni, Zn/Zn-Ni, Zn-Fe/Zn-Ni) [8].

Väčšia hrúbka žiarovo pozinkovaných plechov zhoršuje zvariteľnosť častí. Tiež morfológia povrchu, mikroštruktúra a mikrotvrdosť sú podstatne odlišné. Vzhľadom k vysokým cenám a tlakom na ceny povlakovaných plechov, spracovatelia kladú zvýšenú pozornosť na žiarovo pozinkované plechy a plechy difúzne žíhané (galvannealed) [10]. Za posledných pár rokov prešli pozinkované plechy pre autopriemysel značným vývojom. Kým v 90. rokoch 20. storočia v US Steel Košice boli sily sústredené na potlačenie zinkového kvetu, zavedením linky PZ3 v roku 2007 sa tento problém odstránil. Dovtedy sa pozinkované plechy z produkcie podniku U.S.Steel Košice používali na vnútorné diely karosérie, pre vonkajšie diely sa používali elektrolyticky pozinkované. Po zavedení PZ3 v súvislosti s automobilovým priemyslom, sa vyvinuli typy žiarovo pozinkovaných plechov, ktoré sú vhodné aj na povrchové diely automobilov.

V súčasnosti majú oceľové plechy s Fe-Zn povlakmi na trhu, predovšetkým pri výrobe automobilových karosérií, významné postavenie. Tento materiál sa tradične vyrába predovšetkým v Japonsku a USA, reagujúc tak na záujem zo strany tamajších automobiliek, pričom výrobcovia automobilov pôsobiaci v Európe dávali doteraz prednosť skôr oceľovým plechom s čistými zinkovými povlakmi. Povlaky obsahujúce namiesto čistého zinku zložky Fe-Zn sa získavajú žíhaním pozinkovaných oceľových plechov v žíhacej peci umiestnenej po výstupe z pozinkovacej vane pri teplote obvykle 500-565°C. Spôsob výroby týchto povlakov viedol k ich označeniu pojmom „galvanneal“ (GA) (kombinácia pojmov

„galvanizing“-pozinkovanie a „galvannealing“-žihanie).

Z konštrukčného hľadiska je snaha znížiť hrúbky plechov, zvýšiť ich pevnosť a dynamickú únosnosť. Vážne dopady na koncepciu ocelí majú požiadavky na koróznú odolnosť karosérií, zvariteľnosť a bezpečnosť zvarových spojov. Nie zanedbateľnou je požiadavka vhodnosti základného materiálu a možnosť bezproblémovej montáže. Z technologickej stránky (t.j. výroby výliskov a karosérií) sa zvyrazňujú požiadavky na veľmi vysokú plastičnosť čo je protichodná požiadavka ku konštruktárskej požiadavke na vysokú pevnosť. Pre moderné jednoúčelové linky sa vyžaduje plech presnej geometrie a stabilných vlastností [8]. S nárokmi na hĺbkotlačnosť plechov rastie aj význam skúšania a posudzovania ich hĺbkotlačnosti. Univerzálna metóda ktorá by spoľahlivo určila schopnosť materiálu pre určitý spôsob a postup hlbokého ťahania zatiaľ neexistuje. Skúšobné metódy pre plechy sú zložitejšie, pretože vedľa hodnotenia základného plechu sa pristupuje tiež k hodnoteniu povlaku v závislosti od jeho typu, technológie spracovania a konečnej aplikácie. Na základe uvedených údajov sa dá povedať, že pozinkovaný plech nemožno hodnotiť jednostranne. Pre získanie hodnoverných informácií o skúmanom plechu je potrebné previesť komplexný výskum, ktorý by vychádzal z požiadaviek, ktoré sú na tento plech kladené.

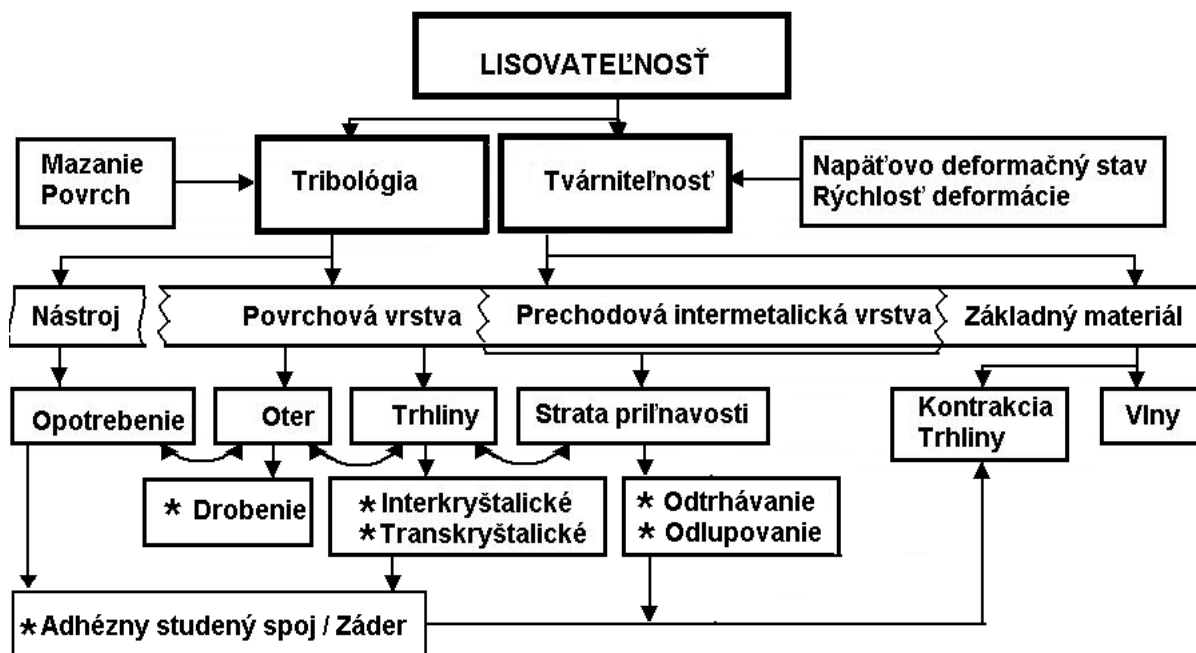
Faktory ovplyvňujúce lisovateľnosť povlakovaných plechov sú na obr. 2 [9].

## SKÚMANÉ MATERIÁLY A METODIKA

Experimenty sú zamerané na hodnotenie vybraných parametrov lisovateľnosti hĺbkotlačných a mikrolegovaných žiarovo pozinkovaných plechov pre automobilový priemysel z produkcie US Steel Košice ako aj odskúšanie zariadenia pre hodnotenie lisovateľnosti plechov ERICHSEN 145-60. Pre hodnotenie lisovateľnosti boli použité metódy:

- ťahová skúška,
- kalíškovacia skúška pre určenie modifikovaného prirodzeného stupňa hĺbkotlačnosti podľa Engelhardta  $T_{m=0,555}$
- kontrola povrchových dielov brúsením,
- skúška príľnavosti,
- meranie drsnosti.

Ťahová skúška bola realizovaná v súlade s normou STN EN 10002-1, STN 42 0435 (súčiniteľ normálovej anizotropie), STN 42 0436 (exponent deformačného spevnenia) a STN 42 0437 (súčiniteľ plošnej anizotropie). Engelhartová – kalíškovacia skúška nie je normalizovaná normou STN. Skúška príľnavosti je normalizovaná podľa normy STN ISO 2409, meranie drsnosti podľa normy STN EN ISO 4287. Kontrola povrchu brúsením kameňom (brúsnym papierom) nie je normalizovaná normou STN, používa sa na základe podnikových predpisov [10]. Pre experimentálne skúšky boli použité materiály (tab.1).



Obr.2 Faktory ovplyvňujúce lisovateľnosť povlakovaných plechov

Tab.1 Skúmané materiály

P. č.	Označenie vzoriek	Akosť a typ ocele	Popis
1.	A1-6	FE P05 ZNT/F hlbokotážná	Vyznačujú jemnou štruktúrou, zvýšenou tvárnosťou za studena. Používajú sa na dynamicky namáhané časti vozidiel.
2.	B1-6	DX56 hlbokotážná	Vyrábané z veľmi čistých ocelí, extrémne vysoké hodnoty hlbokotážnosti. Sú vhodné na lisovanie a hlboké ťahanie. Používajú sa pri výrobe častí automobilov, v stavebníctve a v strojárskom priemysle na výrobu profilov, vlnitých plechov, strešných krytín a pod.
3.	C1-6	HX420LAD + Z mikrolegovaná	Vysokopevné, výborná lisovateľnosť a ohýbateľnosť. Používajú sa na dynamicky namáhané časti vozidiel.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Ťahová skúška bola realizovaná na zariadení Zwick Z100 a TIRATEST 2300 (tab.2).

Tab.2 Výsledky z ťahovej skúšky na zariadení ZWICK Z100

Akosť	Hrúbka [mm]	Rp0,2 [MPa]	Rm [MPa]	A80 [%]	BH [MPa]	Rp0,2/Rm	n	r
FE P05 ZNT/F	1,00	169	302	45	78	0,56	0,220	2,10
HX420LAD + Z	1,00	439	516	23	-	0,850	0,160	1,45
DX56	0,75	149	288	44,5	-	0,51	0,250	2,50

Ťahová skúška potvrdila dobrú lisovateľnosť testovaných plechov a ich vhodnosť pre automobilový priemysel.

### Kalíškovacia skúška

Pre simuláciu napäťovo-deformačných stavov je vhodná kalíškovacia skúška ktorú možno spojiť so sledovaním zmien morfológie povrchu po hlbokom ťahaní. Praktické skúšky hlbokotážnosti sa realizovali na zariadení ERICHSEN 145-60 (obr.3).



Obr.3 Zariadenie ERICHSEN 145-60

Zariadenie disponuje elektronickou reguláciou pridržiavacej sily a rýchlosti ťahníka, maximálna ťažná sila je  $F_{max}=600kN$ .

Zariadenie ERICHSEN 145-60 umožňuje realizovať:

- skúšku hĺbením podľa Erichsena podľa noriem ISO, EURONORM, DIN, BS, GOST;

- kalíškovaciu skúšku (cup test) pre prvú a ďalšie operácie;
- určovanie FLC kriviek podľa ISO 12004;

- kalíškovaciu skúšku pre určenie modifikovaného prirodzeného stupňa hlbokotážnosti podľa Engelhardta  $T_{m=0,555}$ .

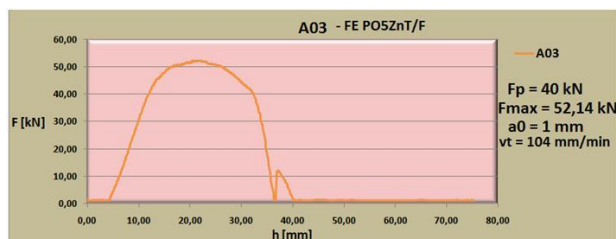
Kalíškovacia skúška pre určenie modifikovaného prirodzeného stupňa hlbokotážnosti podľa Engelhardta  $T_{m=0,555}$  bola vykonaná tak, že zmenou veľkosti pridržiavacej sily sa zabránilo vŕhovaniu prírubovitej časti prístrihu do ťažnice a tým sa vyvolalo porušenie výťazku na polomere zaoblenia pri dne (Obr. 4). Na zariadení ERICHSEN 145-60 sa ťahalo 6 vzoriek z každej akosti, pričom jedna vzorka sa ťahala až do utrhnutia dna. Parametre skúšky boli nasledovné: priemer východiskového prístrihu  $D_0=90mm$ , priemer ťahníka  $d_p=50mm$ , priemer ťažnice  $d_t=52mm$ , zaoblenie ťahníka  $r_p=5mm$ , zaoblenie ťažnice  $r_t=6mm$ , súčiniteľ ťahania  $m=0,555$ . Plechy potvrdili výbornú hlbokotážnosť.



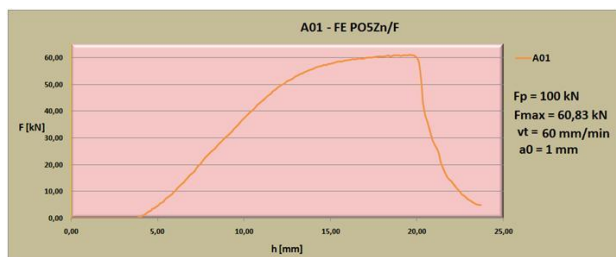
Obr.4 Kalíškovacia skúška - výťazky



Na obr.5 je znázornený priebeh ťažnej sily na vytvorenie štandardného kalíška plechu akosti FEP05 ZNT/F hrúbky 1mm, na obr. 6 je priebeh sily na odtrhnutie dna. Pri plechu tejto akosti sa cípy tvorili v smere 0° a 90° na smer valcovania.



Obr.5 Priebeh ťažnej sily v závislosti na dráhe – výťažok bez porušenia - vzorka A03



Obr.6 Priebeh ťažnej sily v závislosti na dráhe pri porušení - vzorka A01

Z nameraných hodnôt ťažných síl a síl na porušenie vypočítame (tab.3): modifikovaný prirodzený stupeň hlbokotážnosti podľa Engelhardta  $T_{m=0,555}$ :

$$T_{m=0,555} = \frac{F_{ab} - F_z}{F_{ab}} \cdot 100 \text{ [%]}$$

kde:  $F_{ab}$  - sila potrebná na porušenie dna  
 $F_z$  - maximálna ťažná sila pre vytvorenie kalíška bez porušenia

Tab.3 Vypočítané hodnoty  $T_{m=0,555}$

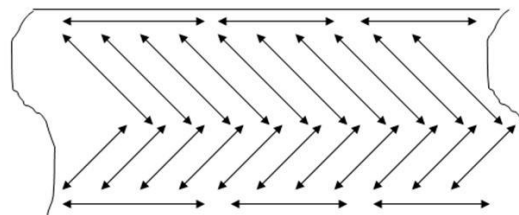
Materiál	FEP05 ZnT/F	DX 56	HX420 LAD+Z
Sila			
$F_{ab}$ [kN]	60,83	45,69	88,37 kN
$F_z$ [kN]	51,07	35,65	70,02
$T_{m=0,555}$ [%]	16,04	21,97	20,76

Najvyššiu hodnotu hlbokotážnosti  $T_{m=0,555}$  vykazoval plech DX 56 a to 21,97 %, najnižšiu mal plech FEP05 ZnT/F 16,04 %. Plech HX420 LAD+Z dosahoval hlbokotážnosť 20,76 %. V prípade mikrolegovaného plechu cípy vznikali v smere 45° vzhľadom na smer valcovania.

### Kontrola povrchu brúsením kameňom

Kontrola povrchových dielov brúsením kameňom (so zrnitosťou 240 pre GA a jemnejšou pre GI) sa aplikuje pri stojacej linke a napnutom páse po celej šírke, brúsením pásu rovnomerným ľahkým tlakom, nad horizontálnym kontrolným stolom. Pred začiatkom prebrusovania sa prekontroluje vizuálne kvalita povrchu pásu a

drsnosť. Viditeľné chyby sa naskenujú aby sa dali po prebrúsení označiť. Ak je povrch pásu bez viditeľných defektov môže sa prebrúsiť povrch podľa obr.7. Pre povrchové diely automobilky kde zákazník vyžaduje C kvalitu (povrch najvyššej kvality) na oboch stranách je potrebné prebrúsiť a posúdiť vrchnú i spodnú stranu pásu. Je dôležité obrúsiť 5 m pásu, aby sa identifikoval valec veľkého priemeru (t.j. po celej šírke pásu) ako príčina ľahkých vtlačení, vpichov alebo opakujúcich sa otlakov. Brúsenie zvýrazní akékoľvek ľahké a stredné defekty, ktoré nie sú ľahko viditeľné.



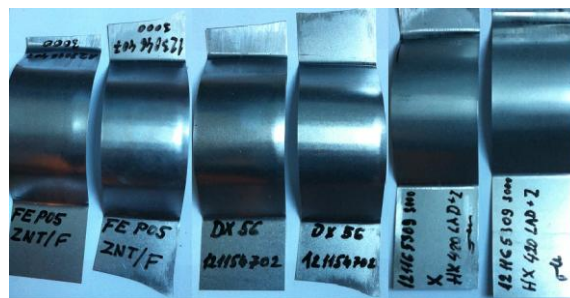
Obr. 7 Spôsob brúsenia pásu

Po brúsení sa skontroluje povrch pásu po celej kontrolovanej dĺžke a šírke. Pri zistení defektu určí druh chyby, opakovanosť výskytu, opakovaciu dĺžku (ak je chyba periodická), poloha chyby vzhľadom na okraj a stred, či chyba/defekt už existovala alebo bola spôsobená linkou, či sú postihnuté obidve strany pásu.

Dôraz kontroly sa kladie na zistenie defektov spôsobených linkou (hrubé, opakované, nepretržité a náhodné) tak, aby sa zistila ich príčina a chyby boli odstránené.

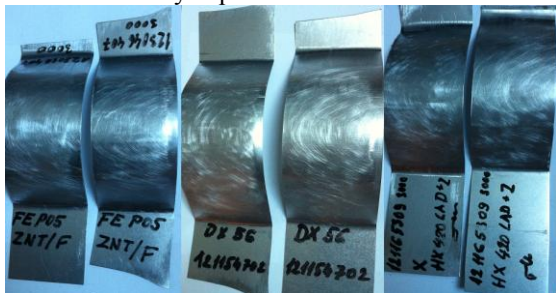
Medzi typy chýb ktoré sa odhaľujú touto kontrolou patrí: a) zachytená troska, b) otlak z valcovania, c) zachytená nečistota, d) zinková "šmuha".

Následná skúška brúsenia na vylisovanom povrchu (obr.8, obr.9) sa robí, z dôvodu aby sa odkryli defekty vo vnútri materiálu, ktoré nie sú ešte viditeľné pri brúsení na nelisovanom plechu ako napríklad tvrdý zinok sa otláči po lisovaní a vytvorí sa akoby otlak. Na brúsenie sa používa buď brúsny kameň alebo brúsny papier o zrnitosti 240 a viacej. Skúška brúsením sa robí z dôvodu zvýraznenia defektov, jedná sa hlavne o otlaky, ktoré nie sú viditeľné pred brúsením.



Obr.8 Testované plechy po lisovaní

Skúška brúsenia povrchu po lisovaní, neodhalila žiadne chyby pozinkovaného materiálu. Neodkryla ani žiadne skryté chyby vo vnútri materiálu, ktoré by neboli viditeľné pred lisovaním a následným brúsením. Skúška len potvrdila vysokú kvalitu testovaných plechov.



Obr.9 Testované plechy po lisovaní a prebrúsení

### Meranie drsnosti

Automobilový priemysel má vysoké nároky na drsnosť povrchu plechov, pričom často sú kladené rôzne požiadavky pre obe strany povrchu plechu, sleduje sa počet, tvar a ostrosť výstupkov. Trecie vlastnosti sú tým lepšie, čím vyššia je drsnosť a vhodný profil výstupkov a prehĺbenín. Naopak nízka drsnosť znamená dobrý lesk po lakovaní. U plechov používaných pre karosérie je z pohľadu drsnosti výhodná izotropná štruktúra. Z hľadiska mikrogeometrie povrchu sa plechy vyrábajú s povrchom hladkým, matovaným a zdrsneným. Hladký povrch je do  $Ra \leq 0,63\mu\text{m}$ , matovaný s  $Ra = 0,63\mu\text{m}$  až  $2,0\mu\text{m}$  a zdrsnený ak  $Ra \geq 2,0\mu\text{m}$ .

Meranie drsnosti bolo realizované drsnomerom Mitutoyo SJ402 s meracím rozsahom do  $800\mu\text{m}$ . Merala sa drsnosť spodnej a vrchnej vrstvy ( $Ra_{SD}$ ,  $Ra_{SH}$ ) a takisto počet vrcholkov na spodnej a vrchnej strane ( $RPc_{SD}$ ,  $RPc_{SH}$ ) - tab.4.

Tab.4 Hodnoty drsnosti

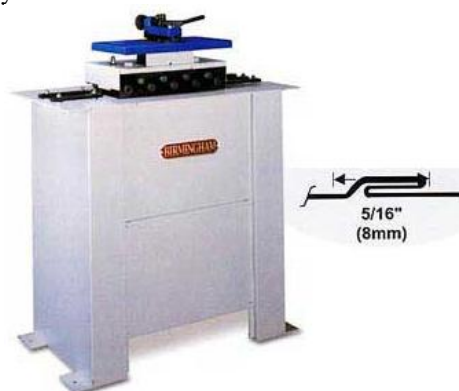
Drsnosť	$Ra_{SD}$	$Ra_{SH}$	$RPc_{SD}$	$RPc_{SH}$
Materiál	[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{m}$ ]
FE P05				
ZNT/F	1,4	1,2	69	58
DX56	1,1	1,1	88	80

Získané hodnoty drsnosti spĺňajú vnútorné normy a predpisy podniku, ako z pohľadu drsnosti  $Ra$  tak aj z pohľadu počtu vrcholkov  $RPc$ , kde hodnota  $Ra$  nám určuje strednú aritmetickú odchýlku profilu a  $RPc$  určuje normovaný počet vrcholkov [10].

### Skúška príľnavosti zinkovej vrstvy

Pri skúške príľnavosti zinkovej vrstvy (Lockformer alebo V-ohybový test) pre automobilový priemysel sa posudzuje stav povrchu na miestach ohybu. Skúška príľnavosti zinkovej vrstvy bola realizovaná na zariadení Lock-Former, ktoré umožňuje ohýbať (skladať) plech do rôznych

tvarov. Podľa vnútorných noriem a predpisov firmy U.S.Steel Košice sa využíva skladanie do tvaru zobrazenom na obr.10. Skúška Lockformerom sa robí pre pozinkovaný povrch (tab.5) a skúška V-ohybom sa robí pre železo-zinkový teda GA povrch. Skúška na  $60^\circ$ -ohyb sa robí pre ocele do  $Rm$  590 MPa. Skúška na  $90^\circ$ -ohyb sa robí pre ocele nad  $Rm$  590 MPa. Účelom skúšky je kontrola príľnavosti Zn povlaku pre dosiahnutie požadovanej kvality výstupného materiálu. Sleduje sa odlupovanie zinkového povlaku. Z pásu po pozinkovaní sa vystrihne vzorka po šírke pásu. Odstrihnuté vzorky padajú do zásobníka vzoriek o rozmere 500 mm x šírka. Na každú vzorku sa nalepí evidenčný štítok, vyznačí smer valcovania a označí či je vzorka zo začiatku materského jedinca "Z" resp. z konca materského zvitka "K". Ak je príľnavosť po skúške na Lockformeri alebo V-ohybom vyhodnotená ako nevyhovujúca daný zvitok je obsluhou holdovaný a preklasifikovaný do výmetu. V prípade nevyhovujúcich výsledkov obsluha linky skontroluje a upraví parametre PZ linky.



Obr.10 Prístroj pre skúšku príľnavosti Lock-Former a spôsob ohýbania plechu

Tab.5 Príľnavosť zinkovej vrstvy

Príľnavosť	Dolná vrstva	Horná vrstva
Materiál	PRILN_ZN_D	PRILN_ZN_H
FE P05		
ZNT/F	0	0
DX56	0	0

Hodnotenie povrchu: 0-hladký, 1-praskanie, 2- miestne odlupovanie, 3- výrazné odlupovanie  
 Stupeň 0 a 1: materiál je uvoľnený pre zákazku  
 Stupeň 2 a 3: chyba odlupovania Zn povlaku

Všetky hodnoty ako pri spodnej tak aj pri vrchnej vrstve majú hodnotu **0**, čo znamená že povrch je hladký a vhodný na expedíciu. Na testovaných vzorkách nebolo pozorované žiadne odlupovanie zinkovej vrstvy.

### ZÁVER

V práci sú študované hlbokotážné a mikrolegované pozinkované plechy pre automobilový priemysel ako aj odskúšané

zariadenie pre hodnotenie lisovateľnosti plechov ERICHSEN 145-60.

- Z ťahovej skúšky sa potvrdila dobrá lisovateľnosť testovaných plechov a ich vhodnosť pre automobilový priemysel. Testované plechy majú vysokú odolnosť voči stenčovaniu. Meranie drsnosti spodnej a vrchnej vrstvy a takisto počtu vrcholkov ako aj ich tvar zodpovedá predpísaným vnútropodnikovým normám.
- Kalíškovacou skúškou podľa Engelharta na zariadení ERICHSEN 145-60 sa získali hodnoty maximálnej ťažnej sily na utrhnutie dna Fab a sily na vytvorenie štandardného kalíška Fz, z ktorých bola vypočítaná modifikovaný stupeň hĺbokotlačnosti  $T_{m=0,555}$ . Vypočítaný bol súčiniteľ ťahania m.
- Pri skúške priľnavosti ohybom na zariadení LockFormer nebolo pozorované žiadne odlupovanie pozinkovanej vrstvy na vzorkách.
- Cieľom skúšky brúsením na lisovanom materiáli je odhaliť skryté defekty základného materiálu pozorovateľné po lisovaní a následnom prebrúsení povrchu. Na skúšaných vzorkách neboli pozorované žiadne chyby, čo svedčí, že testované pozinkované plechy sú kvalitné a odpovedajú parametrom pre automobilový priemysel.

Na základe uskutočnených skúšok možno konštatovať, že študované žiarovo pozinkované hĺbokotlačné a mikrolegované plechy vyrábané na kontinuálnej pozinkovacej linke si zachovávajú tvárne vlastnosti s dobrou priľnavosťou k základnému materiálu a sú vhodné pre operácie lisovania so zameraním na automobilový priemysel.

## Literatúra

- [1] Bewilogua, K., Brauer, G., Dietz, A., Gabler, J., Goch, G., Karpuschewski, D., Szyszk, B.: Surface technology for automotive engineering. CIRP Annals - Manufacturing Technology 58 (2009) 608–627 <http://ees.elsevier.com/cirp/default.asp>
- [2] Zdravecká, E., Ondáč, M.: Tribológia povrchových vrstiev. Košice: Technická univerzita v Košiciach 2012. 25 s. il. ISBN 978-80-553-0885-2
- [3] Hogmark, S., Jacobson, S., Larsson, M., Wiklund U, (2001) Mechanical and Tribological Requirements and Evaluation of Coating Composites. Bhushan B, (Ed.) Modern Tribology Handbook, vol. 2. CRC Press, Boca Raton. p. 948.
- [4] Holmberg K, Matthews A. (1994) in Dowson D, (Ed.) Coatings Tribology Tribology Series, vol. 28. Elsevier, Amsterdam. p. 371.
- [5] Zdravecká, E., Leško, R., Fecsu, Š., Ondáč, M., Tkáčová, J.: Možnosti zvyšovania životnosti nástrojov pre tvárnenie za studena. 2010. In: Kovárenství. No. 38 (2010), p. 101-104. - ISSN 1213-9289
- [6] Bellhouse EM, Mertens AIM, McDermid JR (2007) Materials Science and Engineering A 463:47–156.
- [7] Xi-Cheng W, Fu RY, Li L (2007) Surface and Coatings Technology 201:6922–6927.
- [8] Tkáčová, J.: Hodnotenie vybraných parametrov tváriteľnosti pozinkovaných plechov. (Dizertačná práca), TU SJF KTaM Košice, 2000
- [9] Šimčák, F., Billý, J., Štefan, B.: Hodnotenie vybraných charakteristík pozinkovaných hĺbokotlačných plechov. Hutnícké listy č. 12/1995, s 11-18.
- [10] Grutka, M.: Povlakované plechy v automobilovom priemysle a ich hodnotenie. TU Košice, p.72, 2012
- [11] Tomáš, M., Hudák, J.: Experimental research of power parameters in deep-drawing process. In: Zborník konferencie „CO-MAT-TECH 2004“. MtF STU Bratislava so sídlom v Trnave, Trnava 2004, s. 1371-1376. ISBN 80-227-2117-4
- [12] Spišák, E, Hudák, J., Tomáš, M.: Process Formability of Steels Used in Automotive Industry. In: Modern Machinery (MM) Science Journal. No. december (2010), p. 218-221. ISSN 1803-1269 Spôsob prístupu: [www.mmscience.eu/archives/MM\\_Science\\_201019.pdf](http://www.mmscience.eu/archives/MM_Science_201019.pdf)...
- [13] Hudák, J., Tomáš, M.: Hodnotenie hĺbokotlačnosti ocele s vyššou pevnosťou pre automobilový priemysel. In: Transfer inovácií. Č. 10 (2007), s. 136-139. ISBN 9788080738327 Spôsob prístupu: <http://web.tuke.sk/sjficav/stranky/transfer/10-2007/PDF/136-139.pdf>...
- [14] Spišák, E., et. al.: Dizajn moderne koncipovaných ocelí na základe charakteristík lisovateľnosti. APVV-0629-06.

**Príspevok bol vypracovaný v rámci výskumných projektov VEGA MŠ SR 1/0264/11, APVV-0629-06 a APVV-0682-11.**