

MONITOROVANIE ZMIEN HRúbKY VRSTVY LAKU NANÁŠANEJ NA ČLENITOM POVRCHU

MONITORING OF CHANGES IN THE THICKNESS OF THE LAYER APPLIED ON A RUGGED SURFACE

Ing. Gerhard Mital', PhD.

Technická univerzita v Košiciach

Strojnícka fakulta

Katedra technológií, materiálov a počítačovej

podpory výroby

Mäsiarska 74, 040 01 Košice

e-mail: gerhard.mital@tuke.sk

Abstract

This study deals with the issue of powder coating in order to monitor the quality of the applied layer depending on the complexity of the product and the type of material. Describes the methods and materials used in the various types of coating. One specific method was selected from these methods, which is described in detail in the research part of the Diploma Thesis. Based on this selection, an experiment was carried out, which expresses the quality and thickness of the paint applied to the diagnosed sample and offers a comparison of the measured values of the samples of the used powder coating protective material. From these values, tables and graphs were compiled, which show the thickness and quality of the applied layer at different places in the sample. It explains the methods and principles of compared measurements, their advantages and disadvantages in economic or qualitative terms.

ÚVOD

Pri použití týchto výrobkov dochádza k ich vzájomnému styku aj k interakcii s okolitým prostredím a tým aj k ich povrchovej degradácii vplyvom opotrebovania, korózie a ďalších vplyvov. Povrchové úpravy sa teda vzájomne podieľajú na výslednej kvalite technického zariadenia. Ovplyvňujú jeho životnosť, chodovú spoľahlivosť a tým aj využiteľnosť, pohotovosť, nároky na údržbu. Nedostatočná resp. nevyhovujúca povrchová ochrana môže znehodnotiť aj vynikajúce technické dielo [1].

Povrchová ochrana ovplyvňuje a podmieňuje nielen funkčnosť strojárskych výrobkov, ale aj ich vzhľad. Aj keď vzhľadovo narušené zariadenie je ešte funkčne využiteľné, klesá ich predaja schopnosť a stúpa možnosť znehodnotenia okolitého prostredia [2].

MATERIÁL A METÓDY

Diagnostikovaná vzorka (Obr.1) je vyrobená z ušľachtilej nízkolegovanej ocele. Pri výrobe rôznych druhov ocelí sa používajú rôzne legovacie prvky (legúry), ktoré sa pridávajú do

taveniny za účelom úpravy vlastností ocele. Legúry sa pridávajú priamo vhođením do železnej taveniny. Obsah legujúcich prvkov po odpočítaní obsahu uhlíka je nižší ako 6%. Táto oceľ má podobné vlastnosti ako nelegovaná oceľ, ale je vhodnejšia pre tepelné spracovanie. Tepelným spracovaním je u nich možné ovplyvniť mechanické vlastnosti. So stúpajúcim obsahom uhlíka stúpa aj tvrdosť po kalení. A to až do obsahu 0,75 hm. % C. S vyšším obsahom uhlíka sa kalením už tvrdosť ďalej nezvyšuje. Samotný obsah uhlíka má však tiež vplyv na pevnosť ocele, čím vyšší obsah, tým je oceľ pevnejšia a súčasne aj krehkejšia [3].



Obr. 1 Diagnostikovaná vzorka z ušľachtilej nízkolegovanej ocele 15 217 (EN 10027-2)

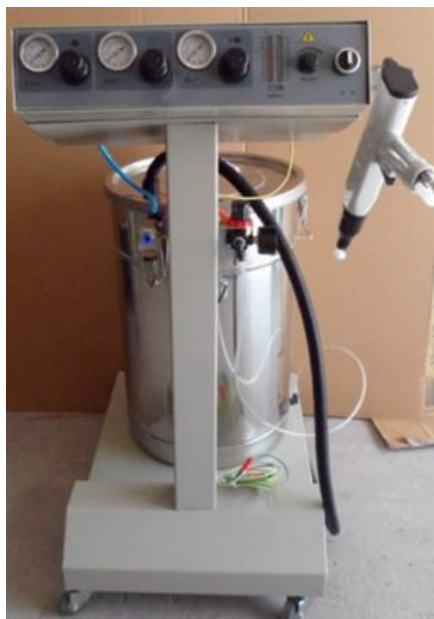
Výber metódy nanášania práškoveho laku

Pomocou elektrostatiky existujú dva spôsoby nanášania prášku:

- Korona (statika)
- Tribo (elektrokinetické nanášanie)

Pri oboch metódach je prášok umiestnený v násypke (Obr. 2), kde je fluidizovaný (prášok je miešaný so vzduchom) a následne je vzduchom tlačенý do pištoľa. Metódy sa líšia len v spôsobe nabíjania častíc prášku. Nabíty prášok tlačенý vzduchom sa elektrostaticky prichytáva na uzemnený obrobok [4].

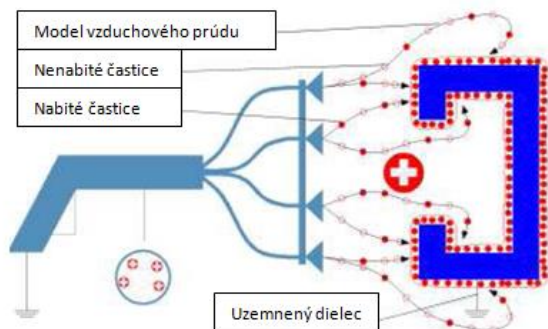
Fluidizácia uľahčuje pumpovanie prášku a tiež jeho postup potrubím až do pištoľa. Vzduch používaný k fluidizácii, musí byť suchý, čistý bez masťnôt a olejov, inak by nečistoty mohli znečistiť prášok a upchať sitá a membrány v násypke alebo celom systéme. V našom experimente sme si zvolili metódu tribo [5].



Obr. 1 Násipka

Metóda nanášania práškovej farby – tribo

Hlavnou časťou tribo pištole je výstupná trubica. Vnútrotná vrstva trubice je z materiálu, ktorý dobre priťahuje elektróny (napr. Teflon resp. PTFE). Pištoľou prechádza zmes prášku a vzduchu, trením o stenu trubice sa z častíc prášku oddeľujú elektróny a tak prášok získava kladný náboj. Pištoľ je uzemnená a záporný náboj prechádza do zeme. Prášokovaný dielec je tiež uzemnený a prichytáva častice prášku (Obr.3).



Obr. 3 Schéma metódy tribo

Metóda tribo nemá také problémy so spätnou ionizáciou ako metóda korona, pretože pomocou trenia sa nedá dosiahnuť rovnaká sila elektrického poľa. Nie je teda problém nanášať prášok vo viacerých vrstvách [6].

Negatívne deje pri elektrostatickom nanášaní

Faradayova klietka - je efekt vznikajúci u zložitejších tvarov súčiastok. Elektrostatické siločiar sa koncentrujú na hranách, než v ohyboch. Tiež prúdici vzduch cirkuluje v ohybe a odnáša

prášok preč. Faradayova oblasť sa nachádza práve v ohybe.

Spätná ionizácia - je dej, ktorý nastáva, pokiaľ sa hrúbka vrstvy povlaku prášku začne zväčšovať. Začne sa zväčšovať sila elektrického poľa medzi vrstvami prášku a povrchom materiálu. Vznikajú kladné a záporné ióny. Kladné ióny sa začnú pohybovať smerom k záporne nabitým elektróde na pištoľi, vystreľujú a spôsobujú porušenia vrstvy prášku. Vznikajú malé krátery, ktoré sa nazývajú „starring“ a tiež k „orange peel“.

Vypaľovanie

Po nanesení laku sú dielce privedené do vytvrdzovacích pecí. Prášok sa zahrievaním roztaví, teda nastane chemická reakcia dôsledkom čoho je celistvá tvrdá vrstva. Chemická reakcia spôsobuje zosieťovanie polymérov, čo poskytuje povrchu odolnosť voči porušeniu.

Pri experimente bola pre vypaľovanie použitá konvenčná teplovzdušná pec. V teplovzdušnej peci sa k ohrevu väčšinou používa zemný plyn. Ohriaty vzduch cirkuluje za pomoci vetrákov. Teplota vo vytvrdzovacej peci sa pohybuje v rozsahu cca 140 – 220°C. Napráškovaný dielec najprv dosiahne teplotu okolitého prostredia v peci a potom začne viesť teplo do práškov a spôsobí ich tavenie. Vypaľovacia teplota závisí na druhu prášku. Doba vypaľovania sa pohybuje od 10 – 30 minút. Ak by požadované parametre neboli dosiahnuté, lak by nemusel mať potrebnú príľnavosť a mohlo by nastať odlupovanie materiálu.



Obr. 4 Striekacia kabínka

Po vychladnutí je možné takto spracované diely poslať na montáž alebo ďalej k expedícii. Povrch takto tepelne spracovanej súčiastky sa už aj pri zahrievaní neroztaví a neroztečie.

Popis práškovej náterovej hmoty

Názov farby: Teodur AP ARCHITECTURAL.

Názov produktu a finálny odtieň: RAL 9006 JET BLACK Matt Smoth.

Stav vytvrdzovania: 15 minút pri 180°C.

Lesk: 30 +/- 5.

Kód produktu podľa ktorého sa určujú finálne vlastnosti farby: AE30014900520:

AE – Chémia kvality – Polyesterové architekturálne primid,

3 – Lesk/65° - 30-40,

0 - Hladký povrch,

0 – Bez efektu,

1 – Žiadne vlastnosti,

4 – Farebná skupina je čierna,

9006 – číslo farby.

Prístroj na meranie nanesej hrúbky laku

Meranie hrúbky obrobeného povrchu bolo uskutočnené prístrojom PHYNIX Surfix Verzia F 2,2 Basic (Obr. 5), ktorý je Nemeckej výroby. Tento prístroj je najrozšírenejším prístrojom na meranie hrúbky vrstiev. Je ideálny pre lakovne, galvaniku, do výroby a aj pre prijímaciu alebo vystupnú kontrolu.

Prístroj obsahuje sondu, ktorá je s ním pevne spojená a je prepojená aj s dátovým úložiskom, štatistickým vyhodnotením a infra červeným portom. Meracia sonda je typu F 2,2. Kalibrácia je dvojdobá. Rozsah merania: 0 – 1500 µm



Obr. 5 Merací prístroj PHYNIX so sondou typu F 2,2

Merania boli zamerané na:

- Získanie väčšieho počtu hodnôt za účelom skvalitnenia profilovania hrúbky nanesej vrstvy.
- Meranie zložitých tvarov aj rovných plôch kvôli vyhodnocovaniu prúdenia a priľnutia náterovej hmoty počas nanášania.
- Zistenie kvality nanesej vrstvy ochrannnej hmoty.
- Monitorovanie kvality elektrostatického nanášania práškovej hmoty.

Meranie diagnostikovaného objektu sa uskutočnilo na katedre technológií, materiálov a počítačovej podpory výroby (KTMaPPV) v priestoroch trbologického laboratória a laboratória mechanických skúšok. V prvom rade bolo potrebné určiť body merania na diagnostikovanom objekte. Pri určovaní bodov bol zohľadňovaný v prvom rade tvar vzorky a teda boli vybraté miesta na hranách otvorov a v okolí otvorov pri tvarovo náročnejších plochách. No výber týchto bodov bol závislý aj na polohe disku pri samotnom nanášaní ochrannnej hmoty.

Nasledovala druhá fáza pred samotným meraním a to kalibrácia prístroja na meranie hrúbky nanesej.

NAMERANÉ HODNOTY

V prvej fáze procesu bolo potrebné oceľový disk očistiť a odmastiť. Na to sa použili tri druhy oplachov, ktoré sa vykonávali v prvej časti technologickej linky a to kabínky na predpovrchovú úpravu (Obr. 6).



Obr. 6 Kabínka na predpovrchovú úpravu

Prvý oplach bol urobený železitým fosfátovaním:

- o koncentrácia: 10-15 g/l
- o teplota: 30-50 °C
- o tlak: 1,0-1,5 bar
- o pH: 4,0-5,0
- o Expozícia (odkvapkanie): 3,0 min.

Nasledoval druhý oplach pomocou úžitkovej vody pri tlaku: 1,0-1,5 bar, vodivosti: vstup+400 µS a expozícií teda odkvapkanie po dobu 3,0 min. .

Posledný oplach bol totožný s druhým okrem vodivosti, ktorá bola vstup+100 µS. Počas operácií v kabínke na predúpravu bola v kabínke nastavená teplota 45°C.

Nasledovala operácia sušenie kedy bol očistený a opláchnutý disk pomocou manipulátorov technologickej linky dopravený do sušiacej pece, kde sa sušil 15 minút pri teplote 180°C.

V prvom rade je potrebné definovať hodnotu, ktorá pre nás bude slúžiť ako etalon hrúbky nanesej vrstvy farby. Táto hodnota bola získaná aritmetickým priemerom nameraných hodnôt v bodoch, ktoré boli merané na rovných plochách výrobku pretože rovné plochy vykazovali rovnakú vrstvu hrúbky nanesej vrstvy farby len s malými rozdielmi. Odporúčaná hrúbka nanesej vrstvy farby pre bežné použitie je daná materiálovým listom výrobku na hodnotu 40 - 65µm. Keďže testovaná vzorka sa používa v neabrazívnych podmienkach, kde je potrebná vyššia odolnosť, ktorá si vyžaduje väčšiu hrúbku na minimálne dvojnásobok odporúčanej hodnoty, preto sme ako referenčnú hodnotu určili hrúbku 171 µm, ktorá je priemerom súbor nameraných hodnôt.

Prvá séria meraní sa uskutočnila na vnútornej strane disku (Obr.7). Boli urobené 4

merania v každom po 12 bodov. Merania prebiehali stále na rovnakých bodoch povrchu. Merania boli voči sebe posunuté o 90° (Obr.7) a realizovali sa z ľavej strany do pravej.

Ideálnym stavom by bola rovnaká hrúbka po celej ploche súčiastky, ale vzhľadom k tvarovej náročnosti a vzniknutému turbulentnému prúdeniu pri nanášaní ochrannnej hmoty to nie je možné. Predpokladáme teda, že hrúbka povlaku na miestach s tvarovou náročnosťou bude výrazne klesať pri hranatých zakončeníach vzorky a stúpať na miestach s tvarom dutiny (rohy). Výnimkou sú zakrivené miesta alebo miesta orientované v horizontálnych smeroch v ktorých je iné prúdenie nanášanej hmoty ako pri zložitých tvaroch čo sa odrazí na nerovnomernosti hrúbky zatečenej nanesej hmoty.



Obr. 7 Body merania vnútorných plôch vzorky

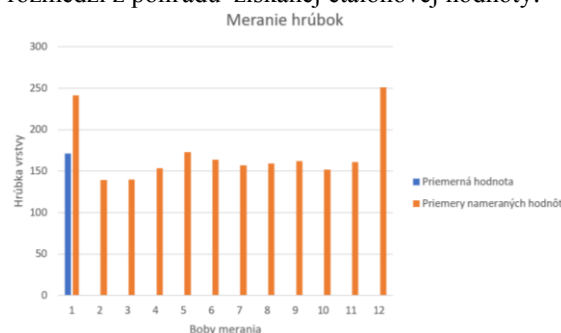
Tabulka 1. Namerané hodnoty série meraní

Body merania	Meranie				
	1	2	3	4	priemer
1	226,5	238,5	246	256	241,75
2	139,8	151,6	124	142	139,35
3	155,8	160,8	122	122	140,15
4	160	122,8	168	164	153,7
5	144,6	143,2	181,4	223	173,05
6	169,2	165,8	176	145	164
7	150,8	185,3	162	131	157,275
8	128,2	193	184	132	159,3
9	128	183	186	152,6	162,4
10	173	121,8	141	173,2	152,25
11	130,8	165,6	161	187	161,1
12	268	249,6	222	265	251,15

Priemerná hodnota hrúbky nanesej vrstvy laku: 171,29 μm .

Z grafu (Obr.8) a z priemerov hodnôt (Tab.1 stĺpec priemer), ktoré boli vytvorené spriemerovaním nameraných hodnôt vyplýva, že priemerná nameraná hodnota v bode 1 je 241,15 μm a teda je o 70,9 % väčšia ako etalónová hodnota a v bode 12 je hrúbka vrstvy 268 μm a teda o 63,8% väčšia v porovnaní s referenčnou hodnotou hrúbky

farby čo spôsobila skutočnosť, že bod 1 a bod 12 sú na miestach, ktoré majú tvar lému (falcu), kde sa zachytilo viac náteru. S týchto dvoch bodov jednoznačne vyplýva, že hrúbka nanesej vrstvy je závislá na zložitosti tvaru nanášaného povrchu čo je zrejme aj z hodnôt zaznamenaných graficky. V grafe 8 je čiernou farbou znázornená krivka priemeru nameraných hodnôt. K tomuto priemeru by sa mali namerané hodnoty blížiť s tolerovanou odchýlkou. Výraznejšie zmeny hrúbky boli v spomínaných bodoch 1, 12 a taktiež v bodoch 5 a 9 čo sú zaoblenia. Ostatné body sú v tolerovanom rozmedzí a taktiež sa pohybujú v tolerančnom rozmedzí z pohľadu získanej etalónovej hodnoty.



Obr. 8 Graf porovnania hodnôt hrúbky vrstiev jednotlivých plôch (oranžová farba) s požadovanou hrúbkou vrstvy

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Vplyv zložitosti tvaru výrobku na hrúbku nanesej vrstvy je najviac viditeľný v grafických znázorneniach a nameraných a hodnotách hrúbok a to v bodoch:

Hrúbka nanesej vrstvy v jednotlivých bodoch bola určená na hodnotu hrúbky 171 μm avšak rozdiely hrúbok v meraných bodoch v porovnaní s referenčnou hodnotou boli: Bod 1 – 70 μm hrubšie; bod 4 – 18 μm tenšia; bod 5 – 2 μm hrubšia; bod 8 – 12 μm tenšia; bod 12 – 80 μm hrubšia, kde body 1 a 12 nie sú v tolerančných medziach.

ZÁVERY

Jedným z moderných výrobných postupov povrchových úprav je technológia vytvárania povlakov z práškových náterových hmôt. Práškové farby sa do širšieho povedomia dostali na počiatku 50. rokov 20. Storočia po objavení procesu fluidizácie s pevným dnom. Táto metóda slúžila pre spracovanie duroplastických práškových farieb a v máji 1953 si ju nemecký vedec Dr. Erwin Gemmer nechal patentovať. Komerčné využitie práškoveho lakovania sa stále rozširuje a už v polovici 60 rokov bola európska ročná produkcia týchto materiálov cca 20 ton [7], [8].

Výhody práškoveho lakovaniaŠetrná technológia z environmentálneho hľadiska, 100%

tuhá forma farieb, technológia, ktorá nepoužíva rozpúšťadlá a rôzne iné chemikálie, vďaka recyklácii takmer bezodpadové využitie prášku, ekonomické hľadisko tlačí výrobcov práškov k znižovaniu vypaľovacích teplôt a času potrebného k vypaľovaciemu procesu prášku, výsledné vlastnosti povrchov ako je pevnosť, odolnosť voči teplotám, chemickým látkam a ďalšie špecifické vlastnosti špeciálnych práškov, automatické spracovanie je jednoduché a má nízke náklady na aplikáciu, bezpečnosť celého procesu je veľmi vysoká a riziko požiaru je nízke.

Literatúra

- [1] Experimental and numerical thickness analysis of trip steel under various degrees of deformation in bulge test / Emil Spišák ... [et al.] Spôsob prístup: <http://dx.doi.org/10.3390/ma15062299...> - 2022. In: Materials. - Bazilej (Švajčiarsko) : Multidisciplinary Digital Publishing Institute Roč. 15, č. 6 (2022), s. [1-16] [online]. - ISSN 1996-1944 (online) [SPIŠÁK, Emil - MAJERNÍKOVÁ, Janka - KAŠČÁK, Ľuboš - MULIDRÁN, Peter - ROHAL, Vladimír - BIDULSKÝ, Róbert - BIDULSKÝ, Róbert]
- [2] Influence of plastic deformation inhomogeneity on corrosion resistance of tin plates / Emil Spišák ... [et al.] - 2021. In: Metalurgija = Metallurgy. - Záhreb (Chorvátsko) : Hrvatsko metalurško društvo Roč. 60, č. 1-2 (2021), s. 67-70 [print]. - ISSN 0543-5846
- [3] [SPIŠÁK, Emil - MAJERNÍKOVÁ, Janka - KAŠČÁK, Ľuboš - SLOTA, Ján]
- [4] Geometric inaccuracy of the machined surface after WEDM / Ľuboslav Straka, Anton Panda, Patrik Kuchta - 2021. In: Studia i Materiały. Roč. 41, č. 6 (2021), s. 26-31 [print]. - ISSN 0860-7761, [STRAKA, Ľuboslav - PANDA, Anton - KUČHTA, Patrik]
- [5] A study on the effect of cerium on the corrosion resistance and mechanical performance of the low alloy steel / Anton Panda, Konstantin Dyadyura, Oleksandr Bibikov - 2021. In: Physico – chemical phenomenon in technological processes : monograph. - Poznań (Poľsko) : PAS, IRSE s. 53-62 [print]. - ISBN 978-83-66246-34-8, [PANDA, Anton - DYADYURA, Konstantin - BIBIKOV, Oleksandr]
- [6] Evaluation of Limit Drawing Ratio of Selected Types of Steel Sheets / Janka Majerníková ... [et al.] - 2021. In: The International Journal of Engineering and Science. Roč. 10, č. 11 (2021), s. 36-41 . - ISSN 2319-1813, [MAJERNÍKOVÁ, Janka - SPIŠÁK, Emil - VILKOVSKÝ, Samuel - MULIDRÁN, Peter - MITAL, Gerhard]
- [7] Contactless measurement and evaluation machined surface roughness using laser profilometry / Gerhard Mital - 2021. In: Transfer inovácií : internetový časopis o inováciách v priemysle. - Košice (Slovensko) : Technická univerzita v Košiciach č. 43 (2021), s. 19-24 [online]. - ISSN 1337-7094 (online), [MITAL, Gerhard]
- [8] Korózna odolnosť al zliatiny EN AW-6082 / Erik Janoško, Anna Guzanová Spôsob prístup: <https://www.sjf.tuke.sk/transfereinovaci/pages/archiv/vtransfer/44-2021/pdf/064-068.pdf...> - 2021. In: Transfer inovácií : internetový časopis o inováciách v priemysle. - Košice (Slovensko) : Technická univerzita v Košiciach č. 44 (2021), s. 64-68 [online]. - ISSN 1337-7094 (online), [JANOŠKO, Erik - GUZANOVÁ, Anna]
- [9] Možnosti výroby kompozitných materiálov, ich trendy a inovácie / Mária Šebestová, Matej Hrabčák, Tomáš Coranič - 2018. In: Management of Manufacturing Systems 2018 : zborník vybraných vedeckých prác. - Košice (Slovensko) : Technická univerzita v Košiciach, 2018 s. 137-141 [print]. - ISBN 978-80-553-3246-8, [ŠEBESTOVÁ, Mária - HRABČÁK, Matej - CORANIČ, Tomáš]
- [10] Metódy anodickej oxidácie hliníka a jeho zliatin / Tomáš Coranič ... [et al.] - 2018. In: Management of Manufacturing Systems 2018 : zborník vybraných vedeckých prác. - Košice (Slovensko) : Technická univerzita v Košiciach, 2018 s. 27-31 [print]. - ISBN 978-80-553-3246-8, [CORANIČ, Tomáš - GAŠPÁR, Štefan - KUNDRÁTOVÁ, Miriama - HRABČÁK, Matej - ŠEBESTOVÁ, Mária]

**Príspevok bol vypracovaný
s podporou grantového projektu VEGA
1/0384/20 „Optimalizácia podmienok strihania
elektroplechov za účelom zníženia strát
elektrických motorov (pohonov)“**