Hodnotenie koróznej odolnosti práškových povlakov po rôznej chemickej predúprave povrchu

Evaluation of corrosion resistance of powder coatings after various surface chemical pre-treatment

Draganovská D., Brezinová J.

Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra strojárskych technológií a materiálov

E-mail: dagmar.draganovska@tuke.sk

Povrchová úprava práškovým povlakom je jednou z progresívnych technológií. Takéto povlaky sú odolné proti korózii a proti mechanickému namáhaniu. Kvalitu povrchovej ochrany ovplyvňujú najmä predúprava podkladu, typ povrchovej úpravy, voľba náterového systému, spôsob a kvalita aplikácie. Z celého radu spôsobov predúpravy povrchu substrátu vstupuje do popredia chemická predúprava. Jednou z ciest je predúprava pomocou konverzného povlaku, ktorý bol vyvinutý na báze nanotechnológie - BONDRITE NT. Táto bezfosfátová chemická predúprava sa používa pri teplote okolia. Vytvára nanokeramickú ochrannú vrstvu na oceľových, zinkových a hliníkových povrchoch, vďaka čomu má náter mimoriadnu príľnavosť. V tomto príspevku sú prezentované možnosti zlepšenia koróznej odolnosti práškových povlakov využitím predmetného konverzného povlaku za súčasnej pasivácie povrchu.

The surface treatment by a powder coating is one of the progressive technologies. Such coatings are resistant to corrosion and mechanical wearing. The quality of surface protection is affected primarily by a layer pre-treatment, the type of surface treatment, the system selection and the method and quality of application. Taking into account all the surface pre-treatment methods, the chemical pre-modification is a leading method. One of the methods is pre-treatment using a conversion coating which was developed on the nanotechnology basis - BONDRITE NT. That non-phosphate chemical pre-treatment is utilized at a surrounding temperature. It creates nano-ceramic protective layer on steel, zinc and aluminium surfaces, and as the result the coating has a significant adhesion. In the paper, the possibilities for the improvement of corrosion resistance of powder coatings using the subject conversion coating are presented at the current passivation of respective surface.

ÚVOD

Práškové náterové hmoty sa do širokej pozornosti dostali po objavení procesu fluidizácie začiatkom 50. rokov 20. storočia a počas krátkeho obdobia zaznamenali výrazný vývoj. Komerčne dostupné sa práškové nátery stali už v polovici 60. rokov 20. storočia. Od tohto obdobia sú jedna z najekologickejších metód povrchovej úpravy. Nárast záujmu o práškové náterové hmoty je možné pripísať ich výborným fyzikálno-chemickým vlastnostiam, ktoré sa prinajmenšom vyrovnávajú klasickým náterovým systémom s obsahom rozpúšťadiel (tzv. mokrým náterom), pričom sú splnené najvyššie kritéria kladené na protikoróziu odolnosť i estetické vlastnosti výsledného povrchu [1-2].

Povlaky z práškových plastov sa používajú väčšinou v kombinácii s kovovým výrobkami. Ako materiál povlakov sa používajú plasty radu polymérov (polyvinylchlorid, polyvinylfluorid, polyetylén, teflon, polyamid, nylon a pod.), alebo plasty z prírodných

produktov (nitrocelulóza, acetylcelulóza) v stave kvapalnom alebo pevnom (prášky, fólie) s vlastnosťami plastomérov aj duromérov. Ochranné vlastnosti povlakov z práškových plastov sú závislé na chemickom charaktere použitej látky a jej odolnosti voči agresívnym zložkám prostredia. Z hľadiska ochrany je rozhodujúca difúzia korózneho prostredia do povlaku, zmena štruktúry povlaku, vyvolaná absorbnými a difúznymi procesmi a hrúbka povlaku. Podobne ako u iných náterov je, aj v tomto prípade, účinnosť ich ochrany závislá na kvalite povrchu základného materiálu, ktorá musí zabezpečiť jeho dobrú ochranu pred koróziou [3-7].

Existuje široká škála práškových farieb, ktoré sa líšia svojimi konkrétnymi vlastnosťami a oblasťou použitia. Pre každé konkrétne použitie musíme zvoliť vhodný typ práškovej farby pre dosiahnutie požadovaného účelu. U ochranného povlaku je to predovšetkým odolnosť proti elektrochemickej či chemickej korózii, u dekoratívneho povlaku kvalita a stálosť vzhľadu, u povlakov určených pre potravinárstvo splnenie daných noriem a pod [1,2,9].

Práškové povlaky majú nesporné ekologické výhody – neobsahujú rozpúšťadlá, ich pigmenty sú bez nebezpečných ťažkých kovov, pri ich nanášaní sa dosahuje minimum odpadového materiálu (prakticky bezodpadová technológia), je tu vysoká možnosť recyklácie a iné.

Väčšina náterových hmôt je zmesou živice (napr. polyester, epoxid), vytvrdzovacieho činidla, činidla pre reguláciu rozlivu, katalyzátora, pigmentov, plnív a iných, pričom živica tvorí bázu, v ktorej sú všetky ostatné látky dispergované. Práškové náterové hmoty neobsahujú žiadne rozpúšťadlá, čo umožňuje ich okamžitú aplikáciu bez vedľajších činností, ako je tomu u mokrých náterov, napr. riedenie, premiešanie, určenie viskozity a pod. Na rozdiel od mokrých náterov, kde je pomer sušiny k rozpúšťadlu vo väčšine prípadov cca 50:50 je u práškových farieb prakticky 100% podielu sušiny. Keďže práškové farby sú pomerne hygroskopické, už pri jej výrobe dochádza k zachytu molekúl vody z okolitého ovzdušia a preto je reálny podiel sušiny cca 99,5%. Z hľadiska životného prostredia významnú úlohu pri výrobe a použití práškových náterov hrá značná redukcia výparov prchavých organických látok (VOC) a ostatných nebezpečných škodlivín do ovzdušia [8-9].

Okrem zrejmých technických, fyzikálnych a ekologických výhod sú práškové náterové hmoty zaujímavé aj z ekonomického hľadiska. Medzi podstatné výhody práškovania patrí úspora energie, využitie materiálu na viac ako 95% ako aj možnosť automatizácie.

Práškové náterové hmoty sú vyrábané vo forme veľmi jemného prachu s priemernou veľkosťou zrna 40-50 μm . Jednou z ich najdôležitejších vlastností a to najmä u termosetových práškov je, že počas ich tavenia prebieha aj samotné vytvrdzovanie, t.j. nastáva zmena štruktúry molekúl. Výsledkom je zosietený polymér, ktorý sa pri opätovnom zahrievaní netaví. U termosetových práškov je veľmi dôležité, aby spojivový systém mal relatívne vysoký bod topenia (nad 100°C) a aby priebeh viskóznej krivky bol nad bodom topenia. Bod topenia je dôležitý aj z hľadiska skladovania práškových náterov. Počet väzbových činidiel, vhodných pre termosetové práškové náterové hmoty, je z vyššie uvedeného hľadiska obmedzený. Z tohto dôvodu je možné prakticky využiť iba tri typy živíc.

Epoxid prvý zo systémov bol vytvrdzovaný s di-kyandiamidom, ktorý má dostatočne pomalý vytvrdzovací priebeh, cca. 30 min. pri 200 °C. Pri malej hrúbke filmu je možné pozorovať, v dôsledku zastúpenia prakticky všetkých veľkostí molekúl v živici, plynulú zmenu vlastností práškových náterov. Počiatkom roku 1960 odštartovala firma Shell vývoj epoxidovej živice určenej pre práškové nátery. V krátkom čase vstúpil na trh nový produkt s takými vlastnosťami ako nižšia taviaca viskozita, lepšie definovaný bod topenia, vyššia reaktivita a vylepšená zmäčavosť pigmentov. Táto etapa vývoja, ktorá prebiehala od roku priniesla prakticky niekoľkonásobné zvýšenie spotreby epoxidových termo-

setových práškových náterov. Vývoj epoxidových živíc však stále pokračuje a orientuje sa k takým vlastnostiam ako nižšia taviaca viskozita, vyššia reaktivita, dokonalejšia pigmentácia, pričom veľká pozornosť sa venuje novým tvrdidlám.

Polyester najväčšou nevýhodou epoxidových práškových farieb je náchylnosť ku kriedovaniu a žltnutiu po expozícii UV-žiarenia a vplyvom vysokej teploty. Uvedený problém má však iba estetický charakter, ktorý neovplyvňuje ochranné vlastnosti vytvoreného filmu. Po roku 1973 boli vyvinuté polyesterové živice pre práškové nátery, ktoré vykazujú výbornú odolnosť proti žltnutiu a kriedovateniu. Najbežnejšie používaným tvrdidlom v polyesterových práškových náteroch je triglycidylisocyanurát (TGIC) a takto vytvrdený polyester nadobúda veľmi husté chemické zosietenie, čo je príčinou veľmi dobrých mechanických a chemických vlastností polyesterových práškových náterov.

Hybrid (epoxid/polyester) epoxidové skupiny v bežnej epoxidovej živici sú schopné obdobne ako epoxidové skupiny v TGIC reagovať s rovnakými kyselinotvornými skupinami. Za účelom využitia najlepších vlastností tak polyesterov ako aj epoxidov boli tieto navzájom zmiešané za vytvorenia hybridného materiálu, avšak odolnosť oproti UV-žiareniu sa výrazne nezvýšila. Boli však deklarované nové, vyhovujúce vlastnosti ako napr. nižšie žltnutie pri prepálení a zlepšenie aplikačných vlastností pri elektrostatických aplikáciách [9].

Ďalšími druhmi používaných práškových náterových hmôt sú nasledujúce. Akrylové laky poskytujú vďaka svojej trvanlivosti a vynikajúcej chemickej odolnosti výbornú prilnavosť a kryciu schopnosť pre exteriérové použitie. Vyznačujú sa farebnou trvanlivosťou a dostatočne silnou odolnosťou voči poškrabaniu, pričom si ponechávajú lesklý vzhľad. Využitie našli hlavne v automobilovom priemysle.

Nylonové práškové hmoty vhodné sú pre aplikáciu na kovové i nekovové povrchy ako základný lak s veľmi dlhou životnosťou. Používajú sa napr. pre lakovanie častí nákladných automobilov, tlačiarne valce, nemocničné vybavenie, letecké smerovky, lodné kormidlá i iné.

Polyvinylchloridové práškové hmoty sú lesklé a pružné, vysokoodolné proti nárazu a poveternostným vplyvom. Využívajú sa ako povrchová úprava v automobilovom priemysle.

Polyuretánové práškové hmoty najstabilnejšie práškové náterové hmoty aplikované na miestach, kde je vyžadovaná odolnosť proti chemikáliám, rozpúšťadlám a UV-žiareniu. Používajú sa hlavne v doprave (vlaky, nákladné automobily).

Spôsoby chemickej predúpravy pre práškovacie linky

Pred aplikáciou práškových náterových hmôt je potrebné realizovať príslušnú chemickú predúpravu povlakovaného povrchu tak, aby bol zabezpečený povrch

s požadovanou čistotou. Po aplikácii na predupravený podklad je nevyhnutné nanosený povlak vypáliť v peci pri teplotách 180-200 °C po dobu cca 10-15 minút, pričom existujú aj náterové systémy s teplotou vypaľovania okolo 120 °C.

Jednou z možností chemickej predúpravy je predúprava fosfátovaním. Povlakovanie práškovými náterovými hmotami využíva pre predúpravu povrchu železných kovov technológiu železnatého fosfátovania. Tá zaisťuje dobrú príľnavosť nanosennej vrstvy a zvýšenú koróznú odolnosť celého systému. Použitím kombinácie železnatého fosfátovania a následnej pasivácie alebo konzervácie sa zvyšuje účinnosť medzioperačnej protikoróznej ochrany.

Štandardným procesom chemickej predúpravy povlakovaného povrchu je obvykle železnaté fosfátovanie. Široké použitie technológie železnatého fosfátovania predurčilo vznik celej škály koncentrátov pre nasadenie pracovných kúpeľov ako sú práškové alebo kvapalné koncentráty, prípravky pre združenú operáciu odmastenia a fosfátovania s obsahom povrchovo aktívnych látok alebo naopak s prípravkami bez organických tenzidov. Vyčleňujú sa špecializované prípravky pre ponor, postrek, vysokotlakový postrek ako aj prípravky s nízkou penivosťou alebo naopak prípravky silne peniace pre aplikáciu vo forme peny. Štandardným typom kúpeľa je v súčasnosti jednozložkový kvapalný univerzálny prípravok združenej operácie železnatého fosfátovania a odmastenia. Aplikuje sa ponorom alebo častejšie postrekom. Vo svojom zložení kombinuje anorganické zložky dihydrogenfosforečnanov alkalických kovov a urýchľovača, ktorý je najčastejšie na báze molybdénu, s organickými, povrchovo aktívnymi látkami, zaisťujúcimi odmasťovaciu schopnosť kúpeľa. Prípravok vytvorí amorfnú vrstvičku fosforečnanu železnatého, ktorá je veľmi tenká a kompaktná, jej hmotnosť sa obvykle pohybuje od 0,2 do 0,8 g m⁻². [10]

Okrem tejto tradičnej povrchovej predúpravy sa v súčasnosti využíva aj moderný spôsob ošetrovania povrchu a to konverznou vrstvou, ktorá bola vyvinutá na báze nanotechnológie. Táto nová technológia poskytuje výhody ako napr. nie je potrebné vyhrievanie kúpe-

ľov, aplikácia je možná pri izbovej teplote a priebežný čas potrebný na ponor dielov je približne len 20 sekúnd. Pri nanášaní sa vytvára nanoštruktúrna vrstva na povrchu materiálov, čím dochádza súčasne aj k pasivácii a odpadá celá jedna procesová operácia, čo znamená úsporu nákladov. Nová technológia je pozoruhodná aj z ekologického hľadiska. Popri malej spotrebe energií sa produkt vyznačuje aj tým, že neobsahuje vôbec žiadne organické komponenty.

Konverzná vrstva na báze nanotechnológie v porovnaní s konvenčným fosfátovaním taktiež zväčšuje plochu povrchu a poskytuje teda väčšiu nosnú plochu na ukotvenie následne nanášaného povlaku, čím dochádza k zlepšeniu jeho príľnavosti (Obr. 1). Vzhľad konverznej vrstvy na báze nanotechnológie a fosfátovej vrstvy sú dokumentované na Obr. 2 [10].

Obr. 1. Zväčšenie veľkosti povrchu konverznou vrstvou [10]
Fig. 1. Increasing the size of the surface by conversion layer

Obr. 2. Vzhľad konverznej vrstvy na báze nanotechnológie (a) a fosfátovej vrstvy (b) [10]

Fig. 2. The appearance of conversion layer based on nano technology (a) and phosphate layer (b) [10]

METODIKA A VYHODNOTENIE EXPERIMENTOV

V experimentálnej časti bol použitý oceľový plech S235JRG1 hrúbky 2 mm. Rozmery skúšobných vzoriek boli 100×50×2 mm. Chemická predúprava povrchu,

kontrolovaná prístrojom pH/Cond 340i/SET, Germany, bola realizovaná odmasťením dvoma spôsobmi:

- pomocou Bonderitu NT pri parametroch procesu: koncentrácia 20 %, tlak 0,4 bar, pH 0,09/0,12.
- bez použitia Bonderitu NT, a to v odmasťovacom roztoku Ridoline 1372 pri parametroch procesu: koncentrácia 1 %, tlak 0,4 bar, teplota kúpeľa 45-65 °C, pH 6,5.

Boli použité 2 typy a to Žltá stiga Pulverit 2020/3691 a Chróm silber Interpon MW031D. Žltá stiga je prášková náterová hmota, ktorej základ tvorí kombinácia epoxidovej živice a polyesteru, merná hmotnosť 1,678 g/cm³, vypaľovacia doba 15 minút pri 200 °C. Chróm silber Interpon MW031D je prášková náterová hmota, ktorej základ tvorí zmes polyesterových živíc s prímiesou chrómových častíc, merná hmotnosť 1,7 g/cm³, vypaľovacia doba 15 minút pri 200 °C. [10-11]

Nanášanie práškových náterových hmôt bolo realizované elektrostatickým práškovým nanášacím systémom GEMA PG 2, pozostávajúcím z manipulátora, práškovej kabíny, monocyklónu, jemného filtra a práškového modulu. Vytvrdzovanie povlakov bolo realizované vo vypaľovacej peci pri teplotách doporučených výrobcom – u obidvoch povlakov to bolo 15 minút pri 200 °C.

Na experimentálnych vzorkách bolo hodnotené:

- hrúbka povlakov v zmysle normy STN EN ISO 2808, magneticky, pomocou prístroja Elcometer 456. Pred realizáciou experimentu v kondenzačnej komore boli odmerané hrúbky náterov na jednotlivých vzorkách. Na každej vzorke bolo urobených 10 meraní hrúbky náterov a vypočítaný ich aritmetický priemer
- zrkadlový lesk povlakov s využitím reflexnej geometrie v zmysle normy STN EN ISO 2813, prístrojom Leskomer Pusch messtechnik, typ Gloss 3. Na každej vzorke bolo realizovaných 10 meraní lesku povlaku v priečnom a pozdĺžnom smere.
- priľnavosť povlakov mriežkovou metódou v zmysle normy STN EN ISO 2409 prístrojom Elcometer 1542. Rezným nástrojom bol realizovaný na vzorkách krížový rez mriežky. Na takto pripravenú mriežku bola nalepená priesvitná páska rovnobežne s jedným zväzkom rezov a pod uhlom 60° stiahnutá. Výsledok bol klasifikovaný stupňom 0 až 5 v zmysle predmetnej normy. Mriežkovou metódou bola hodnotená priľnavosť jednotlivých práškových náterových hmôt pred expozíciou v kondenzačnej komore a po expozícii, doba expozície vzoriek v kondenzačnej komore bola 384 hod.
- korózna odolnosť v kondenzačnej komore podľa normy STN EN ISO 3231. Vzorky boli pred expozíciou v kondenzačnej komore na jednej strane narezané krížovým rezom až po základný materiál z dôvodu zabezpečenia prístupu korózneho prostredia

k základnému materiálu a overenia odolnosti povlakov proti podkorodovaniu.

Na základe realizovaných experimentov boli dosiahnuté nasledujúce výsledky, ktoré sú vyhodnotené v poradí vyplývajúcom v nadväznosti skúmaných problémov:

- 1) U vzoriek s povlakom Žltá stiga s použitím aj bez použitia Bonderitu NT bola dosiahnutá priemerná hrúbka povlaku ($68,5 \pm 0,1$) mm a u povlaku Chróm silber Interpon MW031D ($80,5 \pm 0,1$) mm. Dosiahnuté hrúbky zodpovedajú hrúbkam doporučené výrobcom.
- 2) Priemerné hodnoty zrkadlového lesku testovaných druhov povlakov sú uvedené v Tab. 1. Na základe merania je možné konštatovať, že najnižšiu hodnotu dosiahol povlak Žltá stiga s použitím Bonderitu NT a najvyššiu povlak Chróm silber Interpon MW031D bez použitia Bonderitu NT a to v oboch meraných smeroch.

Tab. 1. Hodnoty lesku povlakov / The gloss values coating

Typ povlaku	Hodnota lesku pri uhle 60°	
	Priečny smer	Pozdĺžny smer
Žltá stiga s použitím Bonderitu NT	$89,4 \pm 0,1$	$88,3 \pm 0,1$
Žltá stiga bez použitia Bonderitu NT	$90,1 \pm 0,1$	$89,4 \pm 0,1$
Chróm silber Interpon MW031D s použitím Bonderitu NT	$99,0 \pm 0,1$	$98,3 \pm 0,1$
Chróm silber Interpon MW031D bez použitia Bonderitu NT	$101,2 \pm 0,1$	$100,1 \pm 0,1$

- 3) Na základe realizovaného experimentu je možné konštatovať, že priľnavosť oboch typov práškových náterových systémov u vzoriek s použitím Bonderite NT po expozícii v kondenzačnej komore bola vyhodnotená stupňom 0, čo znamená, že v miestach rezov nedošlo k poškodeniu adhézie medzi povlakom a základom, resp. v náterovom systéme ani k podkorodovaniu povlakov. U vzoriek s povlakmi bez použitia Bonderite NT sa expozíciou v kondenzačnej komore priľnavosť znížila, u náterového systému Žltá stiga dosiahla stupeň kohézneho poškodenia 2 a u náterového systému Chróm silber Interpon MW031D dosiahol stupeň kohézneho poškodenia 3.
- 4) Ochranná účinnosť náterového systému bola vyhodnocovaná simulovanou skúškou s umelým narušením celistvosti systému krížovým rezom. Toto porušenie umožňujúce prístup atmosféry k povrchu základného substrátu, bolo zvolené z dôvodu prípadnej možnosti vyskytnutia sa póru v povlaku. V zmysle normy STN

EN ISO 4628 sa hodnotilo prekorodovanie a podkorodovanie v okolí skúšobného rezu a intenzita defektov a zmien povlaku. Hodnotená plocha vzorky bola 100 mm².

Výsledky hodnotenia (Obr. 3) potvrdzujú skutočnosť, že povlaky s použitím Bonderite NT vykazujú nižšiu koróznú degradáciu. Povlak Žltá stiga s Bonderite NT vykazoval po skúške stupeň 2 avšak bez použitia

Obr. 3. Hodnotenie ochrannej účinnosti povlakov

Fig. 3. Evaluation of the effectiveness of protective coatings

bonderite NT stupeň 3. Povlak Chróm silber Interpon MW031D s Bonderite NT vykazoval po skúške stupeň 2, bez použitia Bonderite NT stupeň 3.

ZÁVER

Vplyv chemickej predúpravy na vybrané vlastnosti povlakov z práškových náterových hmôt bol zisťovaný stanovením lesku, príľnavosti povlakov pomocou mriežkového rezu ako aj skúškou koróznej odolnosti v kondenzačnej komore urýchlenu koróznou skúškou. Hodnotenú boli povlaky Žltá stiga a Chróm silber Interpon MW031D, nanesené na materiál predupravený pomocou Bonderite NT alebo odmastený Ridolinom.

Na základe realizovaných experimentov je možné konštatovať, že:

- pri meraní lesku nebol preukázaný vplyv použitia konverznej vrstvy vytvorenej na báze nanotechnológie – Bonderite NT,
- príľnavosť práškových náterových hmôt s použitím Bonderite NT ostáva nezmenená aj po expozícii v kondenzačnej komore, u povlakov bez použitia Bonderite NT sa expozíciou v kondenzačnej komore príľnavosť znížila,
- ochranná účinnosť náterových systémov, hodnotených simulovanou skúškou s umelým narušením celistvosti krížovým rezom, preukázala pozitívny vplyv použitia Bonderite NT na koróznou odolnosť testovaných povlakov.

Výsledky realizovaných experimentálnych prác umožňujú formulovať záver, že použitie Bonderite NT ako spôsobu predúpravy pri následnom nanášaní práškových povlakov nespôsobuje zmenu hodnôt lesku, ako jednej z vizuálnych vlastností povlakov, avšak pozitívne vplýva na ich príľnavosť, ako aj koróznou odolnosť.

PodĎakovanie

Príspevok je riešený v rámci grantového projektu VEGA č. 1/0424/17 a KEGA 059 TUKE-4/2016.

LITERATÚRA

1. Bhadu M. K. et al. Corrosion study of power-coated galvanised steel, ISRN Corrosion 2013, Article ID 4647140.
2. Bajat J. B. et al. The influence of aluminium surface pretreatment on the corrosion stability and adhesion of powder polyester coating, *Progress in Organic Coatings* **2010**, 4, 316–321.
3. Cervová J., Hagarová M. Vplyv inhibítorov korózie na účinnosť ochrany kovových materiálov, *Koroze a ochrana materiálu* **2013**, 57, 56–60.
4. Vilček I., Kováč J., Janeková J. Laboratory experiment of new cutting materials in milling processes, *Applied Mechanics and Materials* **2014**, 611, 467–471.
5. Kalendová A. et al. Anticorrosion efficiency of zinc-filled epoxy coatings containing conducting polymers and pigments. *Progress in Organic Coatings* **2015**, 78, 1–20.
6. Brezinová J., Guzanová A., Draganovská D. Abrasive Blast Cleaning and Its Application. 1st ed. 2015. 107 p. ISBN 978-3-03835-995-1.
7. Draganovská D., Jankura D. Study of the coatings life made up of powdered paintcoat substances. In: KNH 2012: 43. mezinárodní konference o nátěrových hmotách: sborník příspěvků, Univerzita Pardubice, Pardubice Česká republika, 2012. ISBN 978-80-7395-490-1.
8. Yohannes Y. Práškové náterové hmoty. In: III. medzinárodná konferencia pre PÚ, Trenčín, 1999, pp. 159–165.
9. <http://www.amcor.sk>. (Accessed 10 Feb 2017)
10. <http://na.henkel-adhesives.com/>. (Accessed 10 Feb 2017)
11. Malatin J. Hodnotenie vytypovaných vlastností povlakov z práškových hmôt, TU v Košiciach, Košice, 2009.