

PRÍPRAVA A ANALÝZA TERMICKÝCH NÁSTREKOV Z ČADIČA

PREPARATION AND ANALYSIS OF THE THERMAL SPRAYINGS BASED ON BASALT

Lýdia TRNKOVÁ, Róbert RIEDLMAJER

*Autori: Ing. Lýdia Trnková¹⁾, Ing. Róbert Riedlmajer, PhD.²⁾
Pracovisko: ¹⁾Katedra materiálového inžinierstva, MtF STU, ²⁾Katedra fyziky, MtF STU
Adresa: Paulínska 16, 917 24 Trnava
Tel.: ¹⁾00421 33 5521 119, ²⁾ 00421 33 5511 243
e-mail: trnkova@mtf.stuba.sk, e-mail: riedl@mtf.stuba.sk*

Abstract

V príspevku je analyzovaný termický nástrek vytvorený plameňo-práškovým nanášaním mletého čadičového prášku na ocelový substrát. Nanášanie bolo uskutočnené striekacou pištoľou CASTODYN DS 8000. Analýzy boli vykonané pomocou svetelnej mikroskopie.

In the paper, thermal deposits of the ground basalt designed by the powder flame deposition on the steel substrate powder is analyzed. Deposition process was carried out using the spraying gun CASTODYN DS 8000. Analyses were performed by light microscopy.

Key words

termický nástrek, čadičový prášok, svetelná mikroskopia

thermal spraying, basalt powder, light microscopy

Úvod

Termické nanášanie povlakov sa využíva na povrchovú úpravu nových výrobkov, renováciu súčiastok za účelom zvýšenia ich životnosti, oteruvzdornosti, elektrickej a tepelnej izolácie a odolnosti voči korózii v rozličných prostrediach. Technológia termického nástreku umožňuje nástrek širokej škály materiálov. Jedná sa o materiály na báze železa, materiály z neželezných kovov a ich zliatin, keramické materiály a ich zmesi [1-5]. Na tieto materiály sú kladené vysoké požiadavky, no musia byť aj cenovo dostupné. Čadič je prírodný materiál a jeho úžitkové vlastnosti, ako aj ľahká dostupnosť a finančná nenáročnosť ho potenciálne predurčujú na aplikácie, v ktorých by mohol nahradiť drahé kovové aj keramické materiály.

Žiarové striekanie je proces nanášania povrchových vrstiev na základný materiál pomocou vysokoteplotného prúdu plynov, obsahujúceho natavené častice prášku. Ohriate častice pohybujúce sa veľkou rýchlosťou sa pri náraze na substrát deformujú a vytvárajú špecifickú vrstvu, zloženú z navzájom spojených mikročastíc [6 - 9]. Pôvodné diskkrétne častice prášku, sa v termickom nástreku líšia svojou morfológiou a mikroštruktúrou, ktorá závisí najmä od

teploty (resp. skupenstva) dopadajúcich častíc prášku a ich rýchlosti pri dopade na substrát [10].

Cieľom experimentu bolo overiť možnosť použitia čadičového prášku pre technológiu plameňo-práškového nanášania a mikroskopicky analyzovať základné charakteristiky čadičového nástreku naneseného na oceľový substrát.

Analyzovaný materiál a metodika experimentu

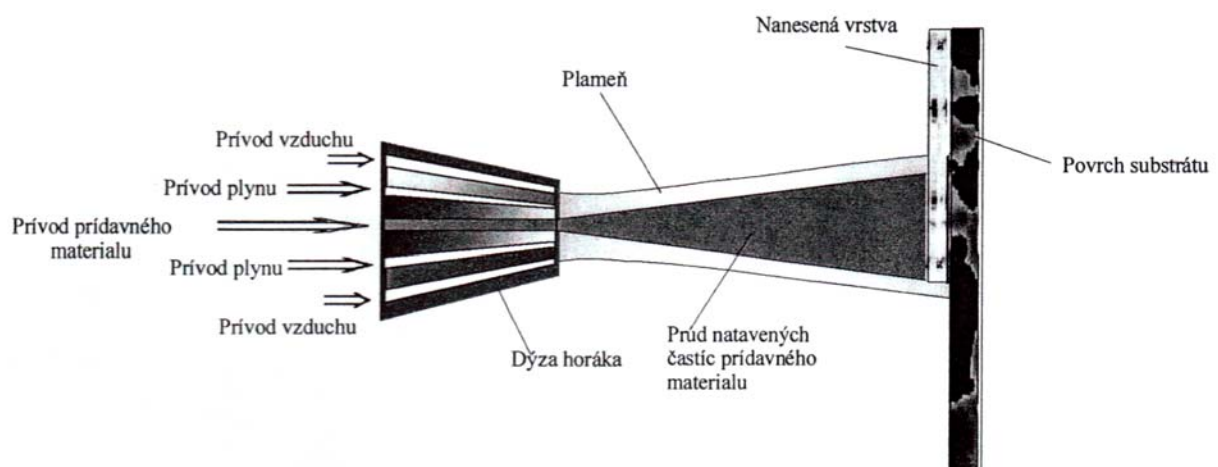
Charakteristika čadiča

Prírodný čadič je vulkanická hornina. Vznikol vyvretím magmy, ktorá dlho chladla za pôsobenia vysokého tlaku zemskej kôry a vodnej pary. Je to kremičitan a obsah SiO_2 v čadiči sa pohybuje od 36 do 50 %. Obsah Al_2O_3 sa pohybuje od 7 do 18 %. S klesajúcim obsahom SiO_2 pribúda Fe_2O_3 a jeho zastúpenie sa pohybuje od 9 do 17 %. Čadič ďalej obsahuje MgO v zastúpení 8 až 22 % a CaO v množstve 10 až 20 %. Z alkalických zlúčenín prevláda v čadiči Na_2O s obsahom 2 až 13 % a K_2O s obsahom 1 až 2 %. Z uvedených údajov je vidieť, že chemické zloženie čadičov je rôznorodé. Jednotlivé zlúčeniny majú široké koncentračné intervaly ich obsahu v čadiči. Čadič vykazuje dobrú odolnosť voči oteru, má pomerne vysokú tvrdosť, dobrú teplotnú a chemickú stálosť [11, 12]. Na Slovensku sa prírodný čadič vyskytuje najmä v ložiskách Nová Baňa, Dobrá Niva, Krupina a Bulhary [13, 14].

Plameňo – práškové nanášanie

Termické striekanie je proces nanášania vrstiev na povrch súčiastok, pri ktorom je nanášaný materiál ohriaty zdrojom tepelnej energie do plastického alebo tekutého stavu. Nanášaný materiál sa zohreje vo vnútri, alebo mimo horáka striekacej pištole a následne je vrhaný veľkou kinetickou energiou na vopred pripravený povrch substrátu (polotovar, súčiastka). Charakteristické je, že materiál substrátu ostáva v procese nanášania nenatavený.

Princíp plameňo-práškového nanášania je schematicky zobrazený na obr. 1. Nanášaný materiál sa prechodom cez plameň nataví, alebo ohreje do plastického stavu a za pomoci dynamického účinku plameňa a prídavného tlaku stlačeného vzduchu je mu dodaná dostatočná kinetická energia, ktorou je vymrštený smerom k substrátu [2].



Obr. 1. Princíp plameňo-práškového nanášania [2]

Štruktúra nanesej vrstvy je daná zvláštnosťou samotného procesu nanášania. Je tvorená vrstvami deformovaných častíc prídavného materiálu, ktorých tepelná a kinetická energia sa po náraze na povrch substrátu menia na tepelnú a deformačnú energiu. Pri dotyku s podložkou sa teplo častice odovzdá lokálnej časti povrchu a častice sa rýchlo ochladzujú a tuhnu.

Experimentálny materiál a podmienky experimentu

Pre experimentálny výskum bol použitý prírodný čadič z ložiska Nová Baňa. Čadič bol dodaný vo forme prášku, ktorý vznikol mechanickým drvením prírodného čadiča. Práškový čadič bol pri sitovej analýze roztriedený do štyroch granulometrických frakcií. Jednotlivé frakcie a ich percentuálny obsah v drvenom prášku sú uvedené v tabuľke 1.

GRANULOMETRICKÉ ZLOŽENIE
ČADIČOVÉHO PRÁŠKU Tabuľka 1

Veľkosť častíc [μm]	Obsah frakcií [%]
nad 125	59,64
80 až 125	16,61
50 až 80	10,34
pod 50	13,41

Termické nástreky z práškoveho čadiča technológiou plameňo-práškoveho nanášania boli vytvorené v spoločnosti ZŤS MATEC a. s. v Dubnici nad Váhom striekacou pištoľou CASTODYN DS 8000. Technologické parametre nanášania boli nasledovné:

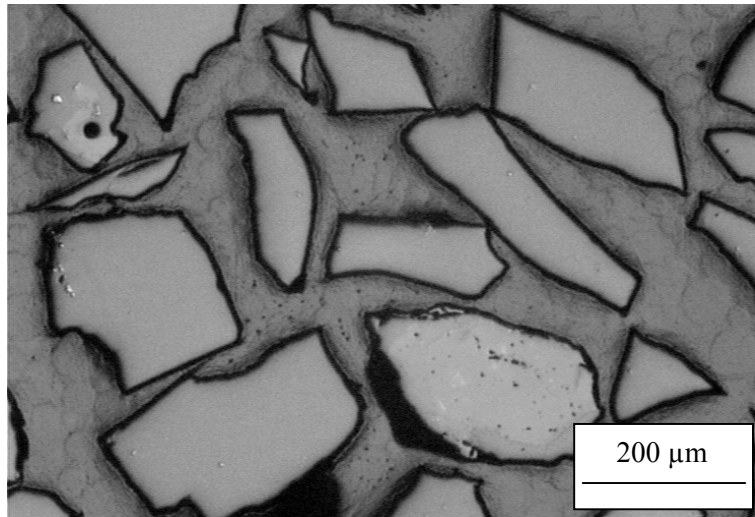
- tryska typu Modul 30,
- použité plyny a pracovné tlaky - kyslík 400 kPa
- acetylén 70 kPa,
- striekanie s prítomnosťou vzduchu s tlakom 300 kPa,
- vzdialenosť horáka od základného materiálu 200 mm.

Na plameňo-práškové nanášanie bol použitý čadičový prášok z troch granulometrických frakcií a to s veľkosťou častíc pod 50 μm, 50 až 80 μm a s veľkosťou častíc 80 až 120 μm. Prášok z granulometrickej frakcie nad 125 μm nebol nanášaný vzhľadom na to, že odporúčaná frakcia pre nanášanie plameňom je 45 až 125 μm [15]. Čadičový prášok bol nanášaný na oceľové rúrky s priemerom 30 mm, ktorých povrch bol predupravený otryskaním mletým korundom a predohriaty na teplotu 110 °C. Počas nanášania rúrky vykonávali rotačný pohyb pri otáčkach 35 ot./min. Z nástrekov boli mechanicky odobraté vzorky kolmo na nastriekanú vrstvu, zaliate duracrylovou živicom a metalograficky pripravené štandardnými postupmi. Analyzované boli nástreky čadičového prášku z granulometrickej frakcie pod 50 μm a 50 až 80 μm pomocou svetelného mikroskopu Neophot 30 v stave po mechanickom leštení. Pórovitosť analyzovaných vrstiev bola zisťovaná metódou obrazovej analýzy s využitím obrazového analyzátora MINI BVS. Nanesená vrstva z granulometrickej frakcie 80 až 125 μm mala nízku adhéziu k povrchu základného materiálu, v dôsledku čoho sa odlúpila v procese odoberania vzoriek. Táto vrstva mala v porovnaní s ostatnými nanesenými

vrstvami drsnejší povrch. Z dôvodu nedostatočnej adhézie na substrát tento nástrek nebol metalograficky analyzovaný.

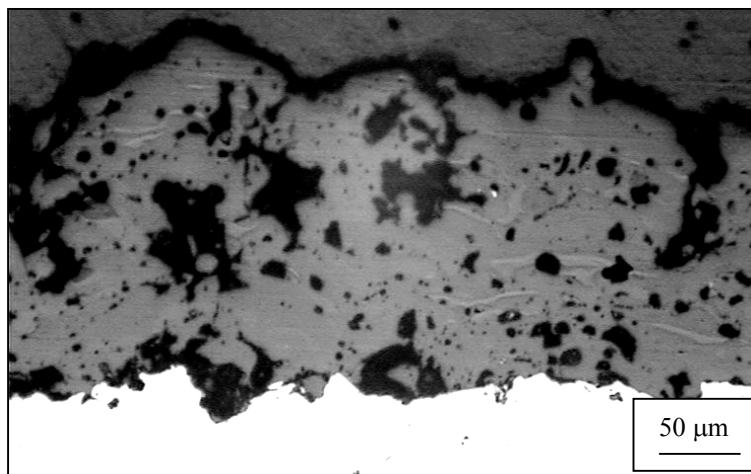
Dosiahnuté výsledky

Dodaný čadičový prášok pozostával z diskretných častíc, ktoré mali nepravidelný a ostrohranný tvar. Na obr. 2 môžeme pozorovať charakteristickú morfológiu častíc čadičového prášku.



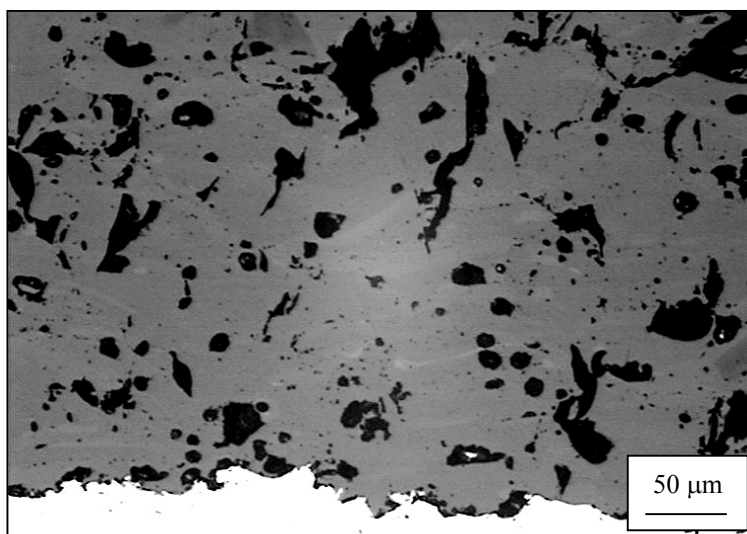
Obr. 2. Morfológia častíc čadičového prášku

Obr. 3 dokumentuje vrstvu termického nástreku z čadiča po plameňo-práškovom nanášaní prášku z granulometrickej frakcie pod 50 μm. Na obrázku je možné sledovať prepojenie vrstvy so základným materiálom (spodná časť fotografie), ktoré je súvislé a bez porušenia. Nástrek je tvorený deformovanými časticami čadičového prášku. Ďalej na obrázku je možné pozorovať pórovitosť a nehomogenitu nanesej vrstvy. Základný materiál sa javí ako svetlý z dôvodu, že nástrek je dokumentovaný v stave po mechanickom leštení.



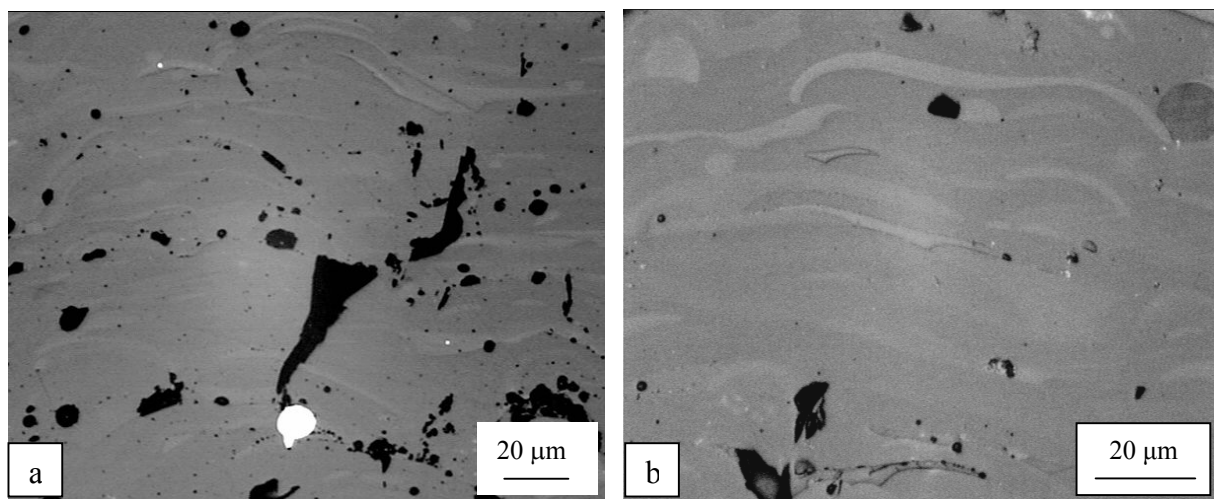
Obr. 3. Nástrek z čadičového prášku z granulometrickej frakcie pod 50 μm

Ďalšie obrázky dokumentujú nástrek z čadičového prášku s veľkosťou častíc 50 – 80 μm . Na obr. 4 môžeme sledovať dobré ukotvenie častíc čadičového prášku v povrchových nerovnostiach základného materiálu.



Obr. 4. Nástrek z čadičového prášku z granulometrickej frakcie 50 - 80 μm

Na obr. 5 môžeme sledovať pórovitosť nástreku a reálne vrstvenie mikročastíc v nástreku čadičového prášku v stave po mechanickom leštení. Väčšina častíc je výrazne deformovaná a má charakter vločiek. Zároveň je možné pozorovať pórovitosť vrstvy, ktorá je rozdielna v závislosti od analyzovaného miesta, ako je to vidieť z porovnania obr. 5a a 5b.



Obr. 5. Mikroštruktúra nástreku z čadičového prášku z granulometrickej frakcie 50 – 80

Pórovitosť analyzovaných vrstiev bola zisťovaná metódou obrazovej analýzy. Pomocou programu IMAGE - C MATAN boli póry vytieňované červenou farbou na náhodne vybraných 10 miestach. V prípade vrstvy z granulometrickej frakcie pod 50 μm sa pórovitosť pohybovala od 15 do 24 % a priemerná hodnota pórovitosti dosahovala hodnotu 20 %

z celkovej pozorovanej plochy nástreku. Priemerná hodnota nástreku z granulometrickej frakcie 50 – 80 μm tvorila 17 % z analyzovanej plochy.

Diskusia

Analýzou nástreku z čadičového prášku z veľkostnej frakcie pod 50 μm bolo pozorované dobré prepojenie nanesej vrstvy so základným materiálom a nástrek vykazoval dostatočnú adhéziu k povrchu ocelového substrátu. Avšak v procese plameňo-práškového nanášania prášok pri prechode zo zásobníka striekacej pištole do horáku neprechádzal samovoľne vlastnou hmotnosťou, čo je nutná technologická podmienka nanášania a počas striekania bolo potrebné po zásobníku poklepať. Z tohto dôvodu sa usúdilo, že drvený čadičový prášok z veľkostnej frakcie pod 50 μm nie je vhodný pre technológiu žiarového striekania.

Čadičový prášok z frakcie 50 až 80 μm sa technologicky ukázal ako najvhodnejší pre plameňo-práškové nanášanie. Použitá frakcia sa nachádza v rozmedzí od 45 do 125 μm , čo je odporúčaná veľkostná frakcia práškov určených pre termické nástreky. Prášok prešiel vlastnou hmotnosťou zo zásobníka do horáku a vrstva bola rovnomerne nanesená. Taktiež vykazovala dobrú adhéziu k základnému materiálu a ani pri príprave vzoriek, keď bola pri rezaní nastriekaná časť uchytená vo zveráku, nedošlo k jej odlúpnutiu. Analyzovaná vrstva vykazuje lamelárnu štruktúru, tvorenú výrazne deformovanými časticami v tvare vločiek, čo svedčí o dostatočnom prehriatí diskretných častíc prášku v procese nanášania.

V analyzovaných nástrekoch bola pozorovaná pórovitosť, ktorá vykazovala heterogenitu vzhľadom na jednotlivé pozorované miesta nanesej vrstvy. Pórovitosť vrstvy z granulometrickej frakcie 50 - 80 μm dosahovala v priemere 17 % a bola nižšia ako pórovitosť vrstvy z granulometrickej frakcie pod 50 μm , ktorej priemerná hodnota dosahovala hodnotu 20 %. Z dôvodu zníženiu pórovitosti nanesených vrstiev je potrebné zintenzívniť technologické parametre plameňo-práškového nanášania.

Záver

Na základe uskutočnených experimentov možno skonštatovať, že čadičový drvený prášok je možné použiť na vytváranie povrchových vrstiev technológiou plameňo-práškového nanášania.

Z vyššie uvedených technologických experimentov a mikroskopických analýz vyplýva, že ako najvhodnejšia granulometrická frakcia čadičového prášku pre danú technológiu sa javí veľkostná frakcia 50 – 80 μm . Vrstva z tejto granulometrickej frakcie bola relatívne rovnomerne nanesená a vykazovala dobrú adhéziu so základným materiálom. Vrstva vytvorená z veľkostnej frakcie prášku pod 50 μm vykazovala dostatočné prepojenie so základným materiálom, ale prášok v procese nanášania nemal vhodné sypané vlastnosti a z toho dôvodu sa nejaví ako vhodný pre plameňo-práškové nanášanie. Nástrek z granulometrickej frakcie 80 – 120 μm sa oddeľoval od základného materiálu v dôsledku nedostatočného ukotvenia častíc prášku na jeho povrchu.

Pre posúdenie vhodnosti čadičového prášku pre konkrétne praktické aplikácie je potrebné pokračovať v experimentálnych prácach, pričom je potrebné intenzifikovať proces žiarového striekania a optimalizovať granulometrické zloženie prášku.

Práca bola vytvorená s grantovou podporou VEGA MŠ a SAV v rámci riešenia projektu 1/0305/03. Autori ďakujú pracovníkom ZŤS Matec Dubnica nad Váhom za zhotovenie termických nástrekov.

Zoznam bibliografických odkazov:

- [1] *HS Technik: Ochranné povlaky* [cit. 2005-02-02]. Dostupné na internete <http://www.hstechnik.sk/>.
- [2] AMBROŽ, O., KAŠPAR, J. *Žárové nástřiky a jejich průmyslové využití*. Praha: STNL, 1990.
- [3] AMBROŽ, O. Vytváření povlaků metodami žárového nástřiku a jejich využití v prvovýrobe a renovacích. In *Zváranie*, 1993, č.7, s. 152.
- [4] WU, J.B.C., REDMAN, J.E. In *Welding Journal*, 1994, č. 9, s. 63.
- [5] UZÍK, L. Sortiment a vlastnosti práškových prídavných materiálov pre plameňopráškové naváranie. In *Zaškolenie na plameňovo – práškové nanášanie*. Žilina: Dom techniky, ČSVTS, 1987, s. 17.
- [6] PÁLKA, V., POŠTRKOVÁ, E., KOLENČIAK, V. In *Kovové materiály*, 1996, č. 6, s. 367.
- [7] YULE, A., DUNKLEY, J.J. *Atomization of melts for powder production and spray deposition*. Oxford: Clarendon press, 1994.
- [8] BLAŠKOVIČ, P., ČOMAJ, M. *Renovácia naváraním a žiarovým striekaním*. Žilina: DT ZSVTS, 1991.
- [9] MATEJKA, D., BENKO, B. *Plazmové striekanie kovových a keramických práškov*. Bratislava: ALFA, 1988.
- [10] TRNKOVÁ, L. In *Zborník vedeckých prác MtF STU*, zv. 9. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2000, s. 105.
- [11] BOREC, T. *Tavené horniny. Tavený kremeň*. Bratislava: ALFA, 1975.
- [12] HLAVÁČ, J. *Základy technológie silikátú*. Praha: STNL, 1988.
- [13] DUDEK, A., MALKOVSKÝ, M., SUK, M. *Atlas hornín*. Praha: ACADEMIA, 1984.
- [14] ZÁRUBA, Q., MENCL, V. *Inžinierska geológia*. Praha: ČSAV, 1957.
- [15] Prospekt Kovové prášky. Bratislava: Výskumný ústav zvaračský, 2000, s. 2.