

# STUDIUM PLASMATICKY NANÁŠENÝCH POVRCHOVÝCH VRSTEV

\*M. Anděl, Gymnázium Jeseník;  
\*\*T. Smejkal, gymnázium dr. Karla Polesného;  
\*\*\*V. Zobač, gymnázium Boskovice;

\*diablocz@seznam.cz  
\*\*tomas.smejkal@gymzn.cz  
\*\*\*ladazobac@tiscali.cz

## **Abstrakt:**

Seznámení se způsoby ochrany materiálů proti vnějším vlivům a zlepšení fyzikálních vlastností součástí. Plasmou nanášené povrchové vrstvy vykazují značné výhody oproti jiným způsobům aplikace ochranných materiálů. Objevují se mnohé užitečné způsoby využití.

## **1 Úvod**

Náš miniprojekt se zabývá způsoby ochrany materiálů proti vnějším vlivům a zlepšení fyzikálních vlastností součástí a výrobků. O ochranu proti korozi apod. se snažili lidé odedávna. První pokusy o nástřik Pb oxyacetylenovou lampou byly podniknuty již v 1882 prof. Schoopem. Později se tento způsob začal nazývat stříkání plamenem. V roce 1910 byl objeven proces stříkání pomocí el. oblouku. Vývoj pokračoval a přinesl detonační, HVOF a nakonec i plasmatickou metodu (Ta sice byla objevena již po roce 1930, ale teprve v 60. letech 20. století se stala prakticky využitelnou.).

## **2 Nanášení a vlastnosti žárových nástřiků**

### **Způsoby nanášení**

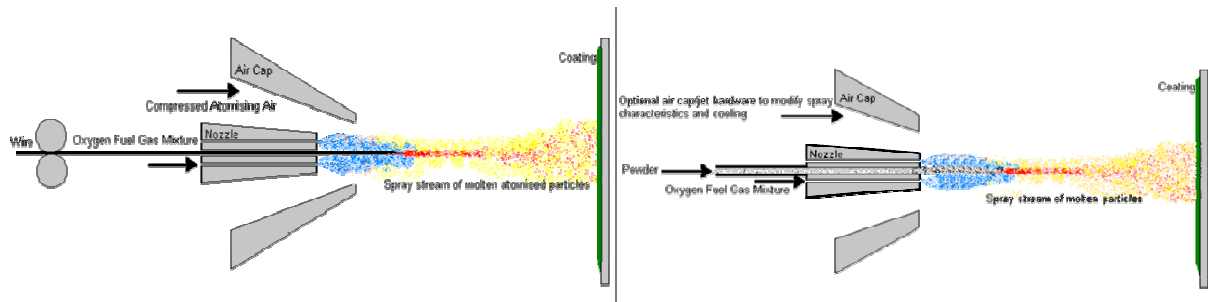
Souběžně s plasmatickým nástřikem se používají i další metody žárového stříkání. Obecně je účelem žárového nanášení vytvořit na substrátu vrstvu ochranné látky, jejíž vlastnosti jsou určeny použitou metodou, podmínkami nanášení a nanášeným materiálem.

Běžně se používají následující metody žárového stříkání:

- A. Stříkání plamenem – Hořák nataví drát a relativně nízkou rychlostí ho nanese na substrát.
- B. Plazmatické stříkání – Plyn ionizovaný el. obloukem roztaví a nanese stříkaný materiál na substrát.  $v = 900$  m/s
- C. Metoda HVOF (High-Velocity Oxy-fuel Spraying) – Vnitřní spalování směsi plynů (vodík, propan, kerosin) za zvýšeného tlaku. Směs je expandujícími plyny urychlena až na 1 000 m/s.
- D. Stříkání elektrickým obloukem. – Využívá tavení nanášeného materiálu el. obloukem. Proudem plynu je natavený materiál nanesen na substrát.  $v = (180-220)$  m/s
- E. Stříkání pomocí detonace – Směs acetylenu, kyslíku a nanášeného prášku vybuchuje s  $f = (5-8)$  Hz a roztavený prášek je tlakem nanášen na substrát.  $v = 760$  m/s

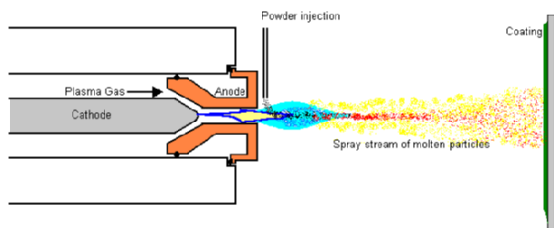
Tab. 1: Vlastnosti žárových nástříků. [2]

		<b>Stříkání plamenem (drát)</b>	<b>Stříkání plamenem (prášek)</b>	<b>Elektrický oblouk</b>	<b>Plazmatické nanášení</b>	<b>nanášení HVOF</b>
<b>Hustota vrstvy v % (100 % homogení tvářený materiál)</b>	žel. kovy	90	90	90	95	98+
	nežel. kovy	90	90	90	95	98+
	keramika	-	95	-	95+	-
	karbidy	-	90	-	95+	98+
<b>Tvrdość vrstvy HV</b>	žel. kovy	180-345	160-390	230-390	160-390	205-510
	nežel. kovy	80-400	30-250	45-150	180-400	100-650
	keramika	-	513-820	-	513-1004	-
	karbidy	-	313-697	-	313-697	392-820
<b>Tloušťka vrstvy [mm]</b>	žel. kovy	1.25-2.5	1.25-2.5	1.25-2.5	1.25-2.5	1.25-2.5
	nežel. kovy	1.25-5	1.25-5	1.25-5	1.25-5	2.5-5
	keramika	-	0.4	-	0.4	-
	karbidy	-	0.4	-	0.4	0.6
<b>Teplota hořáku [°C]</b>		2600-3100	2600-3100	2200-8300	2200-30000	2200-8300

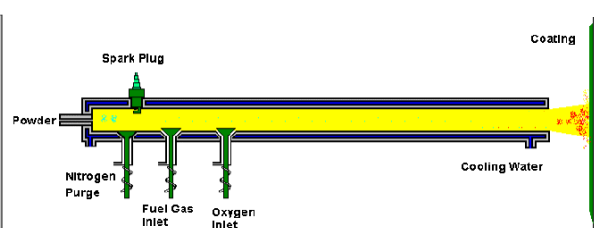


A stříkání plamenem (drát) [6]

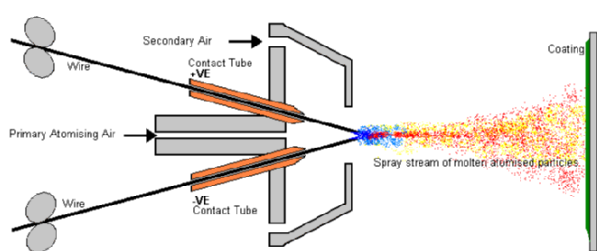
A stříkání plamenem (prášek) [6]



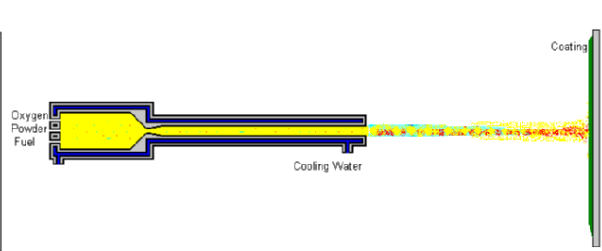
B plasmové stříkání [6]



C HVOF metoda [6]



D stříkání elektrickým obloukem [6]



E detonační metoda [6]

## Princip nanášení

Dopadající kapičky roztavené látky se na substrátu doslova rozplácnou na tzv. splaty (cákance). Plasmové hořáky udílejí částicím nanášeného materiálu rychlost až 900 m/s a pracují za teplot až 20 000 K (u ústí trysky), což zpravidla vede k dobré přilnavosti a soudržnosti vrstvy, pokud jsou dosaženy optimální podmínky stříkání (vhodná atmosféra, čistý a zdrsňený povrch, čistý zdrojový prášek, vhodná teplota substrátu a vhodná stříkací vzdálenost). Protože nejsou podmínky nikdy ideální, tak výsledné vrstvy i při nejpečlivějším nanesení obsahují poruchy: velké nepravidelné póry, menší kulovité dutinky, nedokonalé spojení mezi splaty (ve skutečnosti přiléhají splaty pouze 30% svého povrchu) a mikrotrhliny vytvořené při nerovnoměrně rychlém tuhnutí splatů (řádově stovky stupňů za sekundu). Aby nanášená vrstva lépe přilnula na substrát, provede se tryskání povrchu (pískem či korundem), jehož cílem je očištění a zdrsňení povrchu substrátu.

**Materiály** – Vysoká teplota plasmového hořáku umožňuje nanášet na substráty většinu běžných materiálů od kovových až po keramické. Výsledkem správně zvolené kombinace substrátu a nanášené vrstvy lze vylepšit výsledné vlastnosti součásti (Pružný materiál pokrytý křehkou tvrdou vrstvou vykazuje jak pružnost, tak požadovanou tvrdost povrchu).

## Vlastnosti těles s nástřiky

Cílem povrchových úprav součástí je zlepšit jejich fyzikální vlastnosti, (pevnost v tahu, pevnost v tlaku, odolnost proti otěru, ochrana proti mechanickým poškozením). Důležitou

vlastností je i únavová životnost těles s nástřiky. U cyklicky zatěžovaných těles vznikají v místech koncentrace napětí únavové trhliny. Správně zvolený povrchový nástřík zabrání jejich vzniku a šíření. Tím prodlouží životnost namáhané součásti.

Pro lepší pochopení způsobů porušování součástí žárovými nástřiky a pro zlepšení jejich vlastností jsou plasmaticky ošetřené materiály podrobovány únavovým zkouškám. Konkrétně na KMAT-FJFI se provádějí zkoušky v ohybu. Zkušební vzorek je pevně vetknut jedním koncem. Druhý konec je rozkmitáván magnetickým polem cívek. Po provedení zkoušky je vzorek zkoumán elektronovým mikroskopem, optickým mikroskopem, jsou měřena zbytková pnutí, hledány místa iniciace trhlin (v oblastech nejvyššího napětí), zkoumány způsoby šíření trhlin a vliv povrchových vrstev na jejich vliv a rozvoj. Například bylo zjištěno, že ve vrstvě dochází jak k lomu splatů, tak k jejich vzájemnému posuvu. Tímto mechanismem dochází k rozložení poškození na větší oblasti (a v důsledku ke zmenšení škod na materiálu). Při tuhnutí vrstvy a substrátu vznikají zbytková pnutí, která jsou jedním z faktorů ovlivňujících iniciaci a šíření trhlin. (Tahová pnutí ve vrstvě například působí proti otevírání trhlin v substrátu.) Výsledky měření umožňují dosahovat zlevňování výroby, zkvalitnění přípravy povrchu substrátu i technologii nanášení (vhodná teplota, tlak...)

## Užití

Pro jejich zajímavé vlastnosti a nízkou cenu nalézají žárové nástřiky širokou škálu užití v mnoha oborech. Příklady užití:

- Strojírenství – oprava únavově opotřebovaných součástek strojů, antikorozní úprava strojů vystavených nepříznivým vnějším vlivům (pozinkování lodního trupu), výroba trubek rovnoměrným nanesením materiálu na hladký naolejovaný válec a následným stáhnutím odlitku;
- Lékařství – výroba porézního, biokompatibilního povrchu kloubních protéz;

## 3 Shrnutí

Plasmatické stříkání má velkou budoucnost. Tato technologie prodělává rychlý vývoj, je levná a účinná. Z toho důvodu nachází stále nové možnosti uplatnění. Proto má zkoumání vlastností žárových nástřiků velký význam.

## Poděkování

Děkujeme všem sponzorům za finanční podporu a také našim supervisorům a pořadatelům akce za čas obětovaný našim miniprojektům.

## Reference:

- [1] PROCHÁZKA, Z. – SIEGL, J.: *Studium vlastností žárově stříkaných vrstev*, ČVUT – FJFI-KMAT 1998, 44
- [2] KOVÁŘÍK, O. : *Studium vlastností žárově stříkaných vrstev* ČVUT, 2002.
- [3] PROCHÁZKA, Z.: *Únavové charakteristiky žárově stříkaných materiálů* ČVUT, 2002, str č.: 39
- [4] IPP A.S. ČR: *Institute of Plasma Physics* <http://www.ipp.cas.cz>
- [5] MSS LTD: *Metal Spray Suppliers* <http://www.metal-spray.co.nz/work/fwp.html>
- [6] NTSC: *Nature of thermal spray coatings* <http://www.gordonengland.co.uk/xtsc.htm>