



PREDNOSTI I POSTUPAK DEPONOVANJA MATERIJALA PLAZMA SPREJ TEHNOLOGIJOM

Dušan GAJIĆ, "E4", Beograd, SCG
Nenad JOVANOVIĆ, "JAT", Beograd, SCG

Summary

Successful use of the high energy levels in a plasma flame has placed plasma spraying in a leading position with other spraying technologies. In general, all materials as powders can be deposited as coatings under certain conditions onto a great variety of substrate. The results of coatings investigation, which were produced by plasma spraying technology, applied as a thermal barrier for combustion chamber, JT8-D, are also represented in this paper.

Rezime

U radu su prezentovane prednosti velike toplotne i kinetičke energije plazma plamena u odnosu na druge tehnologije brizganja. Plazma sprej tehnologijom, pod određenim uslovima, mogu se deponovati svi materijali koji su u obliku praha na veliku raznovrsnost supstratnih materijala.

U radu su takođe prikazani rezultati ispitivanja prevlaka, koje su primenjene kao termalna barijera na komori sagorevanja JT8-D.

1. UVOD

Plazma sprej tehnologija se primenjuje u industriji punih 40. godina. Najčešća polja primene plazma sprej tehnologije su prevlake protiv habanja, antiabrazivne prevlake, antikorozijske prevlake, termalne barijere, prevlake sa kontrolisanim koeficijentom trenja (čak i bez maziva), i za reparaciju istrošenih površina ili odbačenih delova.

2. POSTUPAK DEPONOVANJA MATERIJALA

Glavni deo opreme plazma brizganja je gorionik (slika 1) On je povezan sa komandnim pultom koji upravlja izvorom napajanja (20), vodenim hladnjakom (H₂O), distributivnim centrom za gasove i dodavačem praha. Električni luk (12) se uspostavlja u plazma gorioniku između elektrode (Katode-10) i Brizgaljke (Anode-11) korišćenjem visoko-frekventnog startera. U najprostijem slučaju Argon teče oko katode i kroz unutrašnjost anode,

prolazi kroz električni luk, jonizuje se i stvara plazmu.

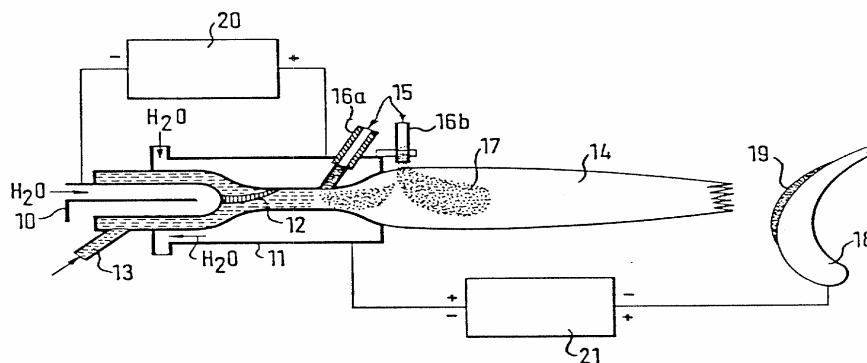
Prema izboru plazma gasova (Ar, H₂, He, N₂) dobija se različita velika energija i brzina plazma plamena (14). Sadržaj toplote plazma gasa (13) je u biti dat kombinacijom energije jonizacije i disocijacije. Monoatomi gas daje linearni odnos u zavisnosti od temperature dok se ne izvrši jonizacija pri visokim temperaturama. Za diatomske gasove s druge strane sadržaj toplote se brzo povećava sa temperaturom za vreme procesa disocijacije (slika 2). U praksi čist argon ili azot se koristi kao primarni plazma gas zajedno sa dodacima 5%-25% sekundarnog gasa (H₂, He).

Brzina mlaza može biti do dva mah-a i temperatura do 30000 K može se dobiti na najtoplijim delovima plazme.

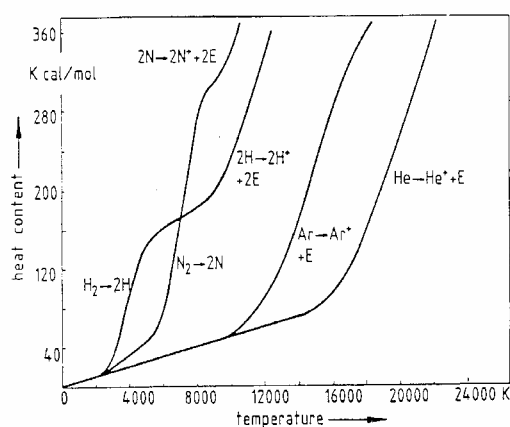
Prema Vardelle-u plazma mlaz može biti podeljen na tri oblasti: oblast jezgra u kome je temperatura plazme relativno konstantna 12000-12500 K, oblast se pruža na oko 10-12 mm od

mlaznice gorionika. Za njim ide tranzitna oblast u kojoj temperatura plazme brzo opada na manje od 3000 K na 100 mm od izlaza mlaznice. U

poslednjoj oblasti temperatura pada postepeno kada se gas meša sa unesenim vazduhom sredine.



Slika 1



Slika 2

Ovo predstavlja temperaturu nekoliko puta višu od tački topljenja ili tački isparavanja teško topljenih sprej materijala u tekućoj primeni

Plazma se fokusira korišćenjem specijalno formirane mlaznice i teče kroz prsten za distribuciju gasa, kao visoko fokusirana laminarna plazma.

Sprej prah (17) se ubrizgava u plazmu kratko što napušta gorionik (16b) ili u njegovu unutrašnjost (16a), pri čemu dolazi do transvera brzine i toplote na čestice. Dovodenjem praha u unutrašnjost gorionika može se bolje kontrolisati transver toplote, rastapanje praha a i gubici praha su znatno manji. Pogodnim izborom parametara veliki deo injektovanih prah čestica bude zagrajan do istopljenog stanja pre nego udare na substart (18) ili prethodno nanešena čestice (19).

Osim da su u istopljenom stanju čestice takode treba da imaju dovoljnu brzinu da se rasprostru i naležu na neravnine predhodno nanešenog sloja. Brzina praha u plazmi je između 300-600 m/s približno.

Istopljeni i ubrzani prah udara o površinu velikom silom i za nju se veze delimično egzo-

termičkom reakcijom, a većim delom je pod uticajem mehanickog spajanja i nekih kompleksnih fizickih procesa.

Treba da se formira jaka veza medju česticama ili izmedju čestica i substrata. Kvalitet prevlake zavisi od interakcije čestica praha sa plazmom, substratom i sredinom. Nabrizgani sloj se gradi nagomilavanjem čestice po česticu, koje se vrlo brzo hlade nakon pristizanja na substrat, čime se postiže da se osnovni materijal suviše ne pregreva (60-200°C), pa se osobine osnovnog materijala praktično ne menjaju.

Nedeponovane čestice praha se preko uređaja za otprašivanje izvlače iz kabine. Uređaj za otprašivanje sa vodenom zavesom ili mokrim otprašivačima sprečava čestice da izadju u atmosferu

Korišćenjem sistema za manipulaciju, eliminiše se uticaj operatera na kvalitet prevlake. Uz pomoć robota mogu se zaštititi veoma komplikovani oblici i kod delova koji slobodno stoje.

Proces nanošenja čestica praha radi se sa parametrima koji se definišu na osnovu fizičko hemijskih svojstava i morfologije površine praha. Parametri deponovanja (primarni gas, sekundarni gas, noseći gas, struja, doziranje praha...) homologuju se preko ispitnih epruveta za tvrdoću, mikro-tvrdoću, čvrstoću spoja i procenu strukture prevlake.

U zavisnosti od tvrdoće substrata i tvrdoće prevlake koristi se podsloj kao vezna prevlaka na bazi legura NiAl, NiCr, NiCrAl, NiCrAlY, NiCoCrAlY....

Na veznu prevlaku može se naneti širok spektar prevlaka: mekih zaptivača, čistih metala, mešavina, legura, karbida, keramike, kermeta...

Većina prevlaka zahteva "hladnu" masinsku obradu pošto kvalitet dobijene površine ne zado-

voljava u eksploataciji, a izbor metode mašinske obrade zavisi od fizičko hemijskih i mehaničkih svojstava deponovane prevlake.

3. EKSPERIMENT

Predmet istraživanja

Deo istraživanja je bila komora sagorevanja JT8-D zaštićena sa troslojnom prevlakom u cilju zaštite komore od Termalnih šokova i oštećenja

usled visokih temperatura. Komora za sagorevanje je zaštićena u JAT-u na 9MB Metco plazma sprej uređaju i dostavljena kompaniju SULZER METCO na ispitivanje. Za istraživanje su uzeta tri uzorka, sa vrha, sredine i dna komore kao relevantni pokazatelji stanja komore za sagorevanje. Odgovarajuće specifikacije koje su validne za sistem prevlaka termalne barijere dati su u tabeli 1.

Tabela 1.

Prevlaka	Materijal	Sastav	Specifikacija
Vezna prevlaka	Metco 43VF-NS	Ni 20Cr	PWA 253-1 / PWA53-17
Prelazna prevlaka	Metco 303 NS	MgZrO ₃ 35NiCr	PWA 253-1
Završna prevlaka	Metco 210 NS	ZrO ₂ 24MgO	PWA 253-1 / PWA53-33

Tabela 2.

	Makro- tvrdoća (HR 15N)	Mikro- tvrdoća (HVO0.3/ HVO0.1)	Debljina prevlake (μ m)	Hrapavost (μ m)	Neisto- pljene čestice (%)	Poroz- nost (%)	Medju spoj
Uzorak br . 1 Vezna prevlaka (BC) Metco 43VF- NS Mikrosekcija br 8644	----	HV 0.1 223±22.95 (191-244)	57-127	---	2-3	1	Medjuspojna ontaminacija ≈5%
Specifikacija br.: PWA253-1 (Vezna prevlaka)			76-127		≤ 10 %	≤ 10 %	Medjuspojna kontaminacija ≤40%
Specifikacija br.: PWA53-17			76-127		≤ 5 %	Max. prečnik 12.7 μ m ≤ 3 %	Medjuspojna ontaminacija ≤35%
Uzorak br . 1 Prelazna prevlaka (IC) Metco 303 NS Mikrosekcija br 8644	----	HV 0.3 295±29.96 (269-345)	65-160	---	1-2	1-2	Medjuspojna kontaminacija ≈3%
Specifikacija br.: PWA253-1 Prelazna prevlaka			102-152		≤ 10 %	≤ 15 %	Medjuspojna ontaminacija ≤40%
Uzorak br . 1 Završna prevlaka (TC) Metco 210 NS Mikrosekcija br 8644	----	HV 0.3 480±32.01 (438-523)	190-250	Ra=8.02 Rm=55.94 Rz=43.68	1-2	7	Medjuspojna kontaminacija ≈3%
Specifikacija br.: PWA253-1 (Vezna prevlaka)			76-254		≤ 10 %	≤ 15 %	Medjuspojna kontaminacija ≤40%
Specifikacija br.: PWA53-17			76-508		≤ 5 %	≤ 15 %	Medjuspojna ontaminacija ≤35%

Metode ispitivanja

Uzorci su ispitivani na površini merenjem Hrapavosti (Ra, Rz, Rm korišćenjem "Hommel Tester T 1000") i makrotvrdoće (HR15N sa "Wilson 4TT" meračem tvrdoće).

Poprečni presek prevlake je napravljen i ispitivan. Struktura prevlake i veza sa osnovnim materijalom je vizuelno prikazana na mikroskopu ("Zeiss Auflichtmikroskop ICM 405")

Mikrotvrdoća HV0.3 / HV0.1 je merena na popreč-nom preseku prevlake korišćenjem "HVM 2000" merač tvrdoće firme "Shimadzu"

Debljina prevlake je merena pomoću mikroskopa ("Zeiss Auflichtmikroskop ICM 405").

Poroznost prevlake je određena uz pomoć kompjuterske analize koriscenjem "ImageC" softvera (Intronic, Berlin)

Dobijeni rezultati su poredjeni sa propisanim PWA standardima.

4. REZULTATI I DISKUSIJA

Karakteristike prevlake metalografskim metodama su poredjene sa specifikovanim vrednostima i prikazane u tabeli 2.

Mikrostrukture prevlaka koje su ispitivane, (vezna, prelazna i završna prevlaka) slažu se sa zahtevanim vrednostima, ako ih uporedimo sa fotografijama pomenutim u propisanim specifikacijama.

Svojstva vezne prevlaka odgovaraju PWA53-17 Spec. sa izuzetkom debljine prevlake. Debljina prevlake je toliko mala da dolazi na minimum.

Završna prevlaka pokazuju velika slaganja sa propisanim specifikacijama. Na osnovu ovih ispitivanja a specijalno dobijenih vrednosti na završnoj prevlaci moze se zaključiti da prevlaka u potpunosti ispunjava postavljene zahteve (specifikovane vrednosti) koje je dao proizvođač motora Pratt & Whitney.

Prilog: Originalni snimak mikrostrukture uradjen u kompaniji "SULZER METCO" (slika 3).

5. ZAKLJUČAK

Prednosti proizilaze na osnovu velikog energetskog nivoa plazma plamena u poredjenju sa drugim tehnologijama brizganja (gasnim sa žicom i prahom, elektrolučnim...).

Velika temperatura plazma plamena omogućavaju široku primenu različitih materijala po svojim fizičko hemijskim svojstvima: metala (Vezna Ni 20Cr) kermeta (prelazna MgZrO₃ 35NiCr) i keramike (završna ZrO₂ 24MgO)...

Velika toplotna i kinetička energija plazma plamena omogućava poboljšanje u kvalitetu prevlake. Dobija se bolja gustina pakovanja i veća čvrstoća spoja.

Mogućnost deponovanja prevlaka u različitim debljinama.

Široki stepen primene u odnosu na vrste podloge na koju se deponuje prevlaka (metal-keramika-metal, kombinacija je moguća).

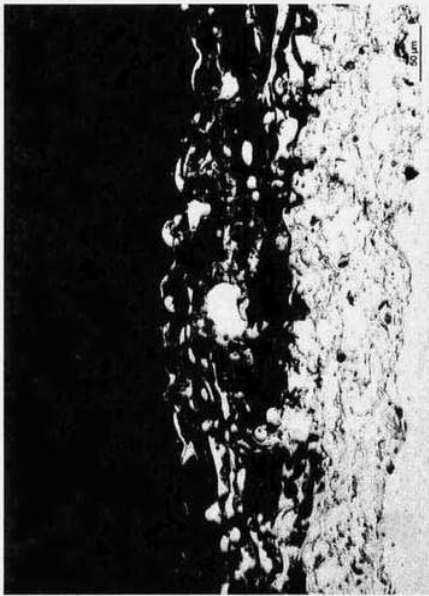
Mogućnost deponovanja u zaštitnoj atmosferi na nižim pritiscima (Vakuum plazma sprej tehnologija) gde gustina pakovanja prelazi 99% i osobine prevlaka približavaju svojstvima osnovnog materijala (praha).

LITERATURA

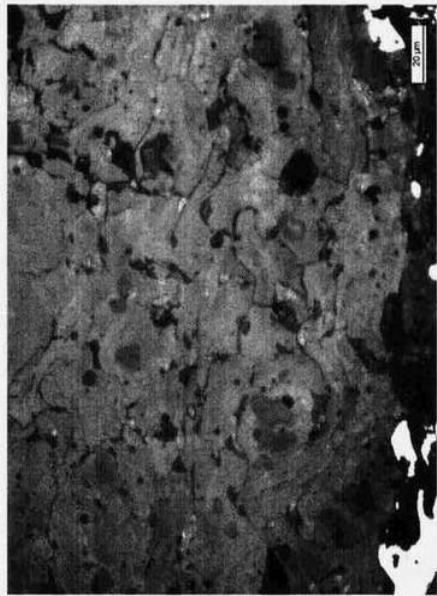
- [1] "Turbojet engine - practices manual", Part No 585005, Pratt-Whitney.
- [2] "Properties of metal alloy coatings deposited by plasma spraying", D. Gajic, M. Mrdak, T. Gredic. 18th SPIG, Kotor 1996
- [3] "Metallographic Investigation of a combustion chamber coated by J.A.T.", U. Eming, Hattershaim 2000
- [4] "Component processing: Overhaul; Repair Processes and procedures", A. Nicoll, Plasma Technic Symposium, Vohlen 1987
- [5] "Plasma Spray Coating by P. Fauchais", Labaratoire de termodinamique Univerzitet de Limoges, Limoges, Franse

SULZER METCO

Sample no. 1
BC (Metco 43VF-NS)
 Microhardness: (HV 0.1)
 223 ± 22.95
 (191 – 244)
 Coating thickness: (µm)
 57 – 127
 Porosity: (%)
 1
 Globular Particles: (%)
 2 – 3
IC (Metco 303NS)
 Microhardness: (HV 0.3)
 295 ± 29.96
 (269 – 345)
 Coating thickness: (µm)
 65 – 160
 Porosity: (%)
 1 – 2
 Globular Particles: (%)
 1 – 2
TC (Metco 210NS)
 Microhardness: (HV 0.3)
 480 ± 32.01
 (438 – 523)
 Macrohardness: (HR15N*)
 71.0 ± 1.6
 (69.0 – 73.0)
 Coating thickness: (µm)
 190 – 250
 Porosity: (%)
 7
 Globular Particles: (%)
 1 – 2
 Roughness: (µm)
 Ra: 7.24
 Rm: 45.70
 Rz: 37.08
 Microsection: 8642/1



00h1_1248 IC, BC, Sample no. 1, unetched



00h1_1251 TC, Sample no. 1, unetched



00h1_1247 Overview, Sample no. 1, unetched



00h1_1249 BC, Sample no. 1, unetched

Slika 3.