

ALTERNATIVE TVRDOM KROMIRANJU – HVOF (HIGH VELOCITY OXY FUEL SPRAYING)

Visokobrzinsko plameno naštrcavanje - HVOF (High velocity oxy fuel), predstavlja noviji postupak dobivanja prevlaka sa visokom čvrstoćom prijanjanja, niskom poroznošću, malim sadržajem oksida, niskim izgaranjem legiranih elemenata i razmjerno dobrim očuvanjem faza, pri čemu je postao industrijski standard za područja gdje se traži visoka otpornost na trošenje i dobra klizna svojstva. Za razliku od ostalih varijanti postupaka toplinskog naštrcavanja, kod HVOF postupka ne dolazi do potpunog taljenja čestica dodatnog materijala, već se prionjivost ostvaruje pretvaranjem vlastite kinetičke energije čestica (>2000 m/s) u energiju deformiranja čime se ostvaruje bolje mehaničko sidrenje. HVOF postupak je svoju primjenu u početku našao u zrakoplovnoj industriji kao pouzdana i kvalitetna zamjena postupku tvrdog kromiranja.

Postupak tvrdog kromiranja se već desetljećima primjenjuje u industriji kao zamjena za nitriranje ili postupke površinskih kaljenja zbog niže temperature postupka, pri čemu dolazi do znatno manjih deformacija i zaostalih naprezanja. Ovakve prevlake odlikuje visoka tvrdoća i povoljna klizna svojstva, te otpornost na koroziju. Ipak svojstva ovih prevlaka bitno ovise o parametrima postupka i debljini prevlake. Uočeno je kako kod tankih prevlaka dolazi do učestalih pukotina, te smanjenja tvrdoće i korozijske postojanosti posebice na temperaturama preko 450 °C. Sukladno tehnološkim uputstvima, propisi Europske komisije za zaštitu okoliša

nalažu kako postoji izražena opasnost za okoliš odlaganjem kromne kiseline, dok pri samom postupku spojevi šesterovalentnog kroma – Cr(VI) postaju kancerogeni za dišne organe ljudskog tijela.

Upravo zbog takvih razloga, postupci toplinskog naštrcavanja postali su najbolja alternativa u većini slučajeva. Prevlake na bazi WC-Co, WC-Co-Cr pokazale su značajno bolju otpornost na trošenje i umor, ali i izvrsnu otpornost na pojavne oblike korozije. Obzirom kako su dosadašnja istraživanja bila temeljena na rezultatima dobivenim plamenim i plazmatskim naštrcavanjem, novija istraživanja ukazuju kako bi HVOF postupak mogao nadmašiti dosadašnje rezultate, na što ukazuju i rezultati ispitivanja provedena u na stajnom trapu zrakoplova gdje je prevlaka na bazi WC-Co pokazala tri puta dulji vijek trajanja, bolju otpornost na pitting i napetosnu koroziju, te neznatni umor materijala.

Na temelju toga, Ministarstvo obrane SAD-a je 1996. god. osnovalo HCAT – *Hard Chrome Alternatives Team*, odbor čiji je zadatak bio istražiti mogućnosti HVOF postupka na kritičnim dijelovima letjelica (dijelovi stajnog trapa, kompresora mlaznog motora, lopatice turbine, itd). Zaključeno je kako kompozitne prevlake na bazi WC-Co zadovoljavaju sve mehaničke zahtjeve, iako postoje problemi sa napuklinama kod vrlo tankih prevlaka (<30 μm) koji će se detaljnije istraživati. U konačnici HCAT odbor je prihvatio HVOF

postupak kao budući standard pri izradi dijelova za zrakoplovnu industriju.

proizvodnji praha kao dodatnog materijala, primjena HVOF postupka proširila se i na druga područja industrije.

Zahvaljujući istraživanjima provedenima zadnjih 15 godina ali i napretkom u

Tablica Usporedba pojedinih karakteristika različitih postupaka toplinskih naštrecavanja

	Izvor topline	Dodatni materijal	Debljine prevlaka [mm]	Temperatura plinova [$^{\circ}$ C]	Brzina čestica [ms^{-1}]	Čvrstoća vezanja [Mpa]	Udio oksida [%]	Poroznost [%]
Plameno naštrecavanje prahom	Kisik-acetilen	Prah	0.1 - 6	~3000	24-50	7-40	10-15	2-10
Plameno naštrecavanje žicom	Kisik-acetilen	Žica	0.1-12	~3000	30-50	8	10-15	2-10
Naštrecavanje žica/el.luk	El.luk između elektorda	Žica	0.1 - 15	~4000	100-150	15-50	10-20	3-10
Plazmatsko naštrecavanje na zraku	Plazma luk	Prah	0.1 - 5	~12000	200-450	40-60	1-3	1-10
Plazmatsko naštrecavanje u vakumu	Plazma luk	Prah	0.05-12	~12000	400-500	>70	Ppm	<0.5
HVOF	Kisik-pogonsko gorivo	Prah	0.03 - 2	~2600	600-750	>80	1-2	0.1 -1