



Progetto di Ricerca e Sviluppo Sperimentale a valere sul Contratto di Sviluppo CDS PAC Campania 14 del 7 aprile 2016

Esperto tecnico scientifico: prof. GASPARE GALATI – UNIROMA3

Data di avvio: 01/02/2016 – Data di ultimazione: 15/06/2018

Importo ammesso al 31/10/2018: € 245.571,85

Importo incassato al 31/10/2018: € 51.000,00

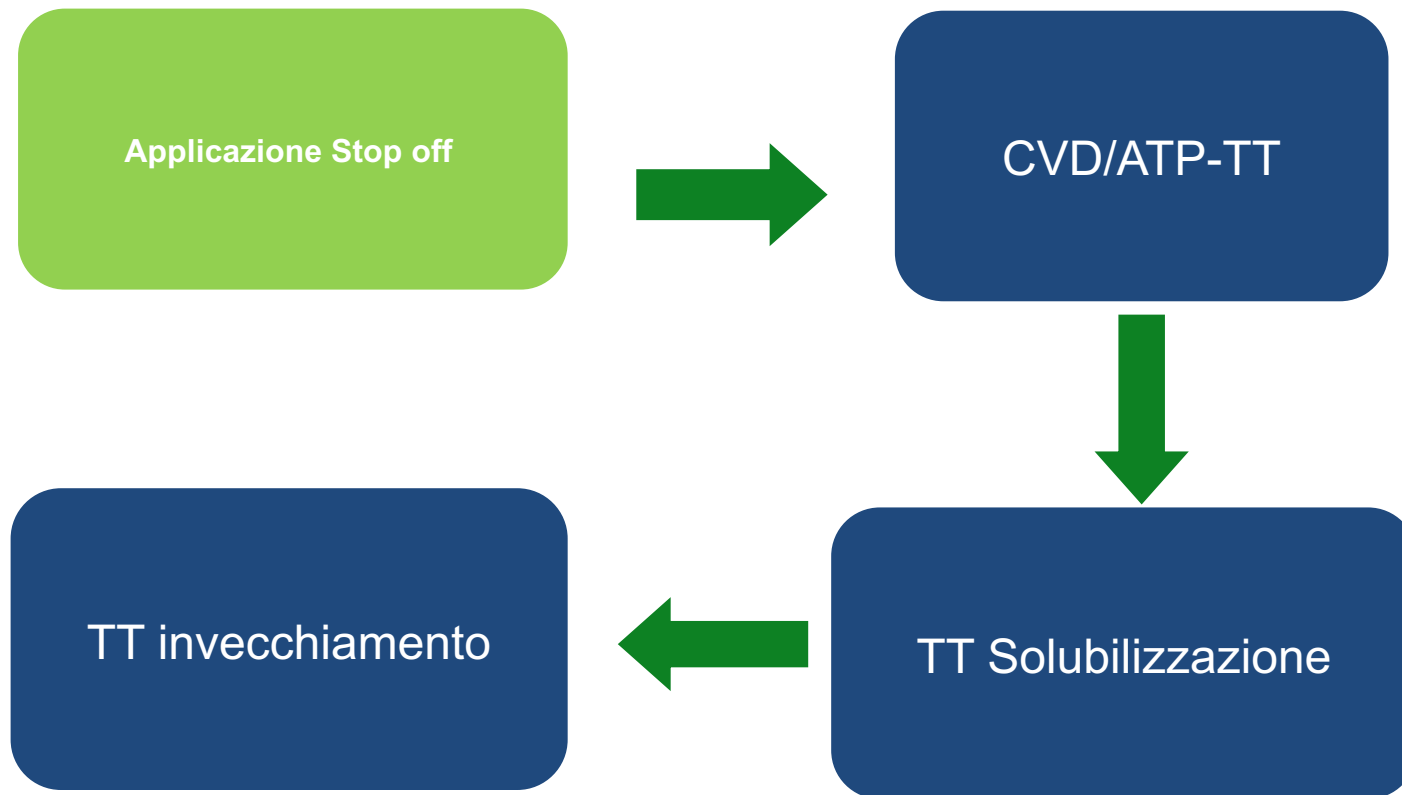
PRIMO OBIETTIVO REALIZZATIVO

Studio, sviluppo e messa a punto di processi innovativi, intrinsecamente più flessibili, di protezione da corrosione e/o ossidazione dei componenti in superlega con tecnica slurry/gel, con costi di produzione inferiori rispetto ai tradizionali processi di alluminizzazione in fase vapore CVD o ATP, e relativo processo di trattamento termico post-process.

SITUAZIONE ANTE PROGETTO

Lo standard per le alluminizzazioni di componenti per il settore aeronautico è Above the Pack o Chemical Vapour Deposition (ATP/CVD), entrambi processi in fase vapore. I processi in fase vapore, benché molto affidabili in termini di ripetibilità, presentano alcune criticità, come la protezione delle aree del componente da non rivestire o la necessità di effettuare trattamenti termici successivi alla alluminizzazione.

CICLO DI APPLICAZIONE TRADIZIONALE

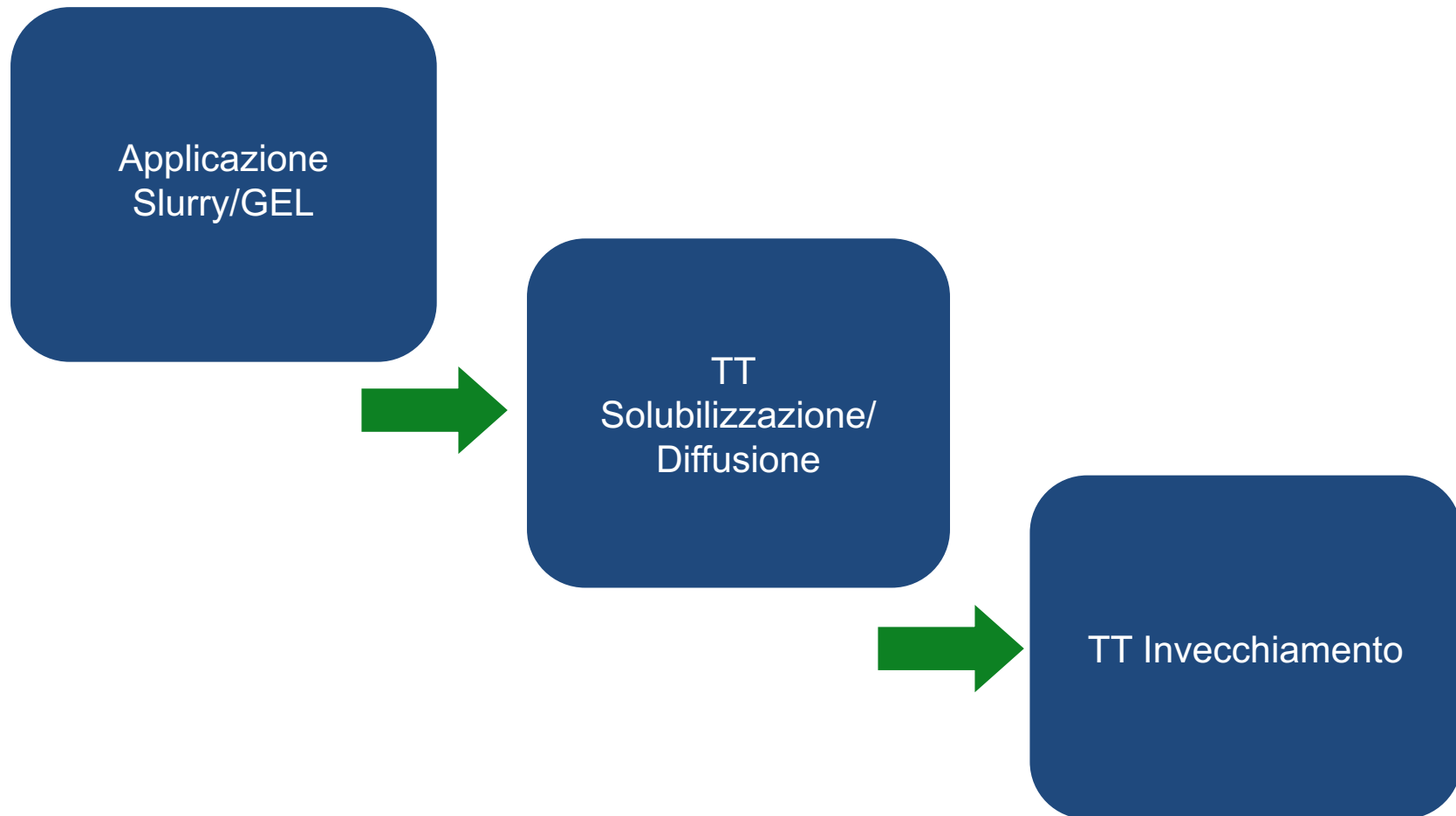


INNOVAZIONE PROPOSTA

Flame Spray ha proposto l'utilizzo della tecnologia Slurry/GEL. Questa tecnologia presenta alcuni vantaggi sia rispetto alla tecnologia in fase vapore tradizionale (ATP/CVD) sia rispetto agli slurry attualmente in commercio (tipo Sermaloy J):

- E' comunque un processo in "fase vapore localizzata" rispetto ad una diffusione allo stato solido come quella che avviene per i Si-modified aluminides – (i " tipo-J") – e, perciò, lo strato diffuso non è direttamente dipendente dallo spessore dello strato applicato;
- Può essere applicato per immersione, spruzzatura o anche a "pennello";
- Può essere utilizzato sia per superfici interne che esterne;
- La mascheratura delle zone da non rivestire è molto semplice e basta un semplice nastro di carta durante la fase di applicazione;
- Il trattamento termico di diffusione può essere eseguito in un forno in Argon con capacità di raffreddamento rapido; essendo la fase vapore molto limitata, non ci sono rischi di contaminazione. Questo accorgimento può permettere di combinare la diffusione dell'alluminio con i trattamenti termici della lega base, ove permesso.

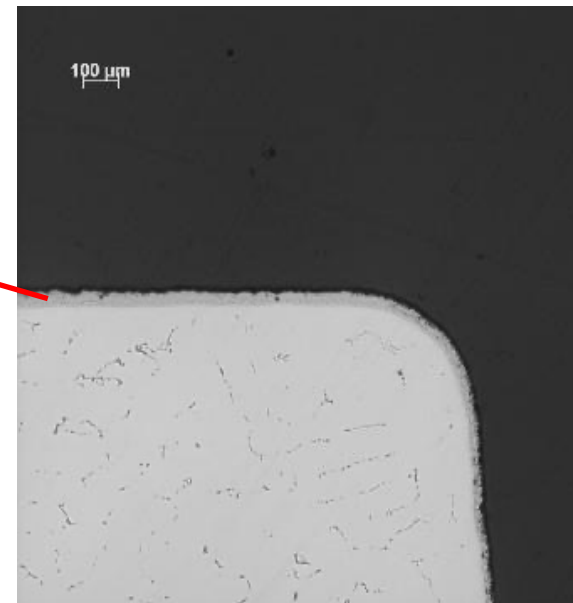
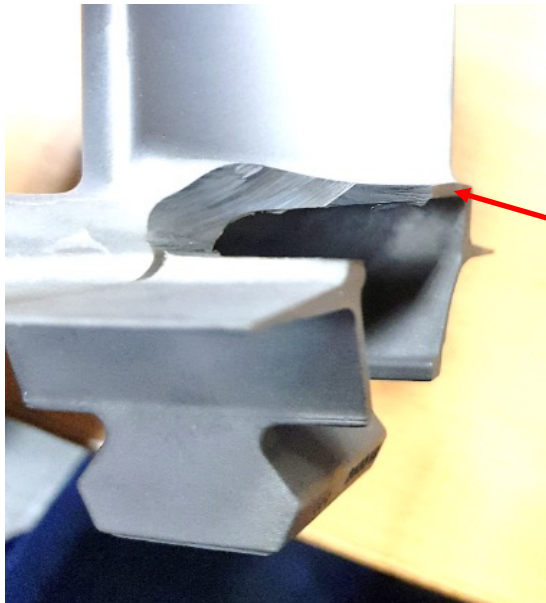
CICLO DI APPLICAZIONE SVILUPPATO



MIGLIORAMENTI CONSEGUITI

I vantaggi della tecnologia stimati in fase progettuale sono stati confermati. In particolare sono apprezzabili:

- la ripetibilità del processo, con strati di alluminizzazione dopo diffusione molto uniformi sia in termini di spessore che di composizione chimica;
- la ridottissima contaminazione delle zone adiacenti a quelle rivestite, permette al cliente finale di razionalizzare il ciclo produttivo, inviando a Flame Spray un prodotto finito invece che un semilavorato, con un vantaggio sul Lead time di circa il 30% e una riduzione dei costi logistici.



SECONDO OBIETTIVO REALIZZATIVO

Studio, Sviluppo e messa a punto di processi di rivestimento dei componenti in superlega mediante alluminizzazione in fase vapore

SITUAZIONE ANTE PROGETTO

I processi ATP/CVD si basano sulla reazione ad alta temperatura tra un sale attivatore (alogenuro) e un donatore di Alluminio (pellet di una lega Al/Cr). Per rispettare i rigidi requisiti delle specifiche aeronautiche, è necessaria la messa a punto della giusta miscela di sale/donatore e dei parametri di processo (disposizione dei cestelli all'interno della storta, temperatura e rampe del ciclo termico)

INNOVAZIONE PROPOSTA

Flame Spray ha messo a punto un sistema a sei cestelli.

Ciascun cestello ha 2 piani:

- uno per collocare i componenti da rivestire;
- uno per collocare i pellet del donatore di alluminio con l'alogenuro attivatore.

Flame Spray propone una miscela di pellet di ricchi in alluminio con un sale alogenuro come attivatore. L'utilizzo di soli 2 componenti, senza un ossido inerte, permette una più facile gestione del processo.

Un serie di test è stata condotta per trovare i migliori parametri di processo utili a soddisfare le stringenti specifiche degli OEM aeronautici



A valle dell'installazione, sono stati realizzati vari test su una pala/ugello NGV stadio 1 di un motore Rolls Royce Trent 1000. Questo ulteriore test ha permesso la validazione da parte del cliente del processo sviluppato da Flame Spray.

FLAME SPRAY		Laboratory Analysis report		F0000FSH02452
Test	Coating thickness measurements			
Sample	Test 20			
Reference standard	CME5033			
Position	Request value (µm)	Thickness (µm)		
9	25-76 µm	46		
10	25-76 µm	61		
11	25-76 µm	47		
12	25-76 µm	58		
Evaluation	Coating thickness is conform with the requirements.			
Test	Microanalytical investigation of the coating by SEM-EDX			
Reference standard	CME5033			
Requirements: 20-32 wt% in the 5µm thick area at the surface of the coating				
Results of the analyses in wt%:				
Position	Al			
9	23.37			
10	23.48			
11	23.81			
12	23.51			
Evaluation	Al content is conform with the requirements.			

Allegato 10

LAB MET REPORT
REPORT ANALISI METALLOGRAFICA

Europa Microfusioni S.p.a.
Zona Industriale Aut. 83046
Morra De Sanctis (AV)-Italy

LAB report ID 1982	Rev 0	Richiedente/Originator V. Amato	Data richiesta/Request date 02/03/2018	Part Number FW78603
Numero pezzi tagliati/Quantity of cut part 3		Note Per il dettaglio dei pezzi tagliati, vedere pagina 2 For cut part details, refer to page 2		Descrizione/Description NGV, casting stg 1 Pack B
Tipo lega/Alloy type CM247LC EQX	Ragione dell'analisi/Analysis reason Coating assessment			Motore/Engine TRENT 1000-TEN
Specifiche di riferimento/Reference specifications				
Specifica materiale/Material specification MSRR7286	Specifica di controllo/Control specification RRMS30003	Piano di taglio/Cut-up plan vedi pagina 3/refer to page 3		
Porosità/Porosity RQSC10-0027	Microstruttura/Microstructure CME5012/22A	Macrostruttura/Macrostructure CME5013/21A	Metodi EMA/EMA methods MPL-5010;MPL-5020; MPL-5030	
Condizione campioni/Sample condition				
Risultati CND/NDT results Not applicable	as cast <input type="checkbox"/>	leached <input type="checkbox"/>	after HTP <input type="checkbox"/>	aged <input type="checkbox"/>
Heat treatment cycle n° n/a	Heat cycle n°: n/a	Melt number: n/d		
Analisi richiesta/Job required Coating assessment	Ref process approval FPA/MCR/RCF/MQP (if appl.) N/A		Conclusioni/Conclusions Vedi ultima pagina/See last page	
Allegati/Attachments none	Copia a/Copy to V. Amato; A.Niola		Tempo di archiviazione/Retaining period 10 anni/years	
Note:				
Analysis performed by <i>M. Adinolfi</i> M. Adinolfi	Verified by <i>M. Adinolfi</i> M. Adinolfi	Accepted by	Customer approval (if appl.)	Page 1 of 8

Europa Microfusioni Aerospaziali S.p.a.
Zona Industriale Aut. 83046 Morra De Sanctis (AV) - Italy
The information in this document is the property of the E.M.A. Metallurgical Laboratory and may not be copied or communicated to a third party, or used for any purpose other than that for which it is supplied without the express consent of E.M.A. Metallurgical Laboratory.

Lab Met Report 1982mod.rev.6 Date: 07/03/2018

I risultati confermano che:

- I parametri messi a punto nella fase iniziale rispecchiano i requisiti del cliente per questo tipo di applicazione;
- Lo scale-up del processo non ha influito sulle caratteristiche del rivestimento messo a punto su provini;
- Il rivestimento su piccoli provini di controllo (small sample, nel report) è equivalente a quello presente sugli ugelli; questo permetterà in futuro di sacrificare un piccolo provino e non un pezzo produttivo.

MIGLIORAMENTI CONSEGUITI

La miscela di reagenti utilizzata si è dimostrata molto stabile in termini di strato di alluminuro ottenuto e molto semplice da gestire. Attualmente il sistema è pronto per la definitiva certificazione NADCAP-Coatings e quindi per l'avvio della produzione di serie.

TERZO OBIETTIVO REALIZZATIVO

Processi innovativi di rivestimento TBC (Thermal Barrier Coating) mediante riporto plasma spray di barriere termiche innovative di ossidi ceramici per impieghi ad elevata temperatura: studio teorico e sperimentazione presso laboratori di ricerca su provini e simulacri successivamente sottoposti ad esami microstrutturali.

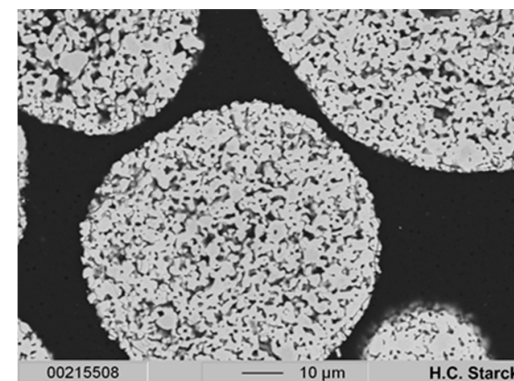
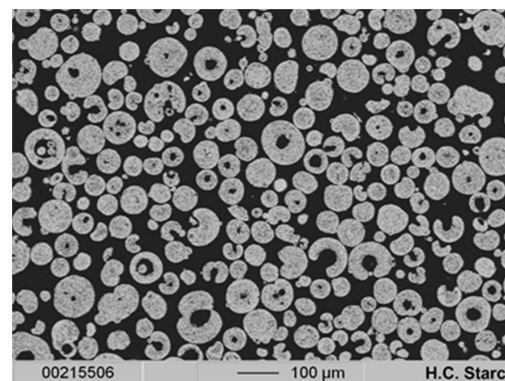
SITUAZIONE ANTE PROGETTO

Le barriere termiche tradizionali (TBC) sono basate su ossidi di Zirconio e ossidi di Yttrio e la tipica composizione chimica è $ZrO_2 - 7Y_2O_3$. Questa struttura è definita parzialmente stabilizzata (YPSZ). Ad alte temperature ($>1250^\circ C$) questa ceramica ha transizioni di fase che possono portare al distacco di questo strato. Inoltre per potere operare a temperature più elevate è anche necessario trovare materiali con conducibilità termiche più basse del YPSZ.

INNOVAZIONE PROPOSTA

Flame Spray ha deciso di utilizzare una ceramica “dopata” con ossidi di terre rare. Questa ceramica è disponibile sul mercato e non viola i brevetti dei maggiori OEM. Flame Spray ha inoltre sviluppato un rivestimento a doppio strato ceramico, per potere mediare il coefficiente di dilatazione termica tra la ceramica a bassa conducibilità termica e lo strato metallico.

Queste nuove ceramiche hanno il vantaggio di potere essere applicate con le stesse tecnologie di quelle tradizionali. Naturalmente una estesa serie di prove si è resa necessaria per identificare i migliori parametri di processo per ottenere la microstruttura desiderata.

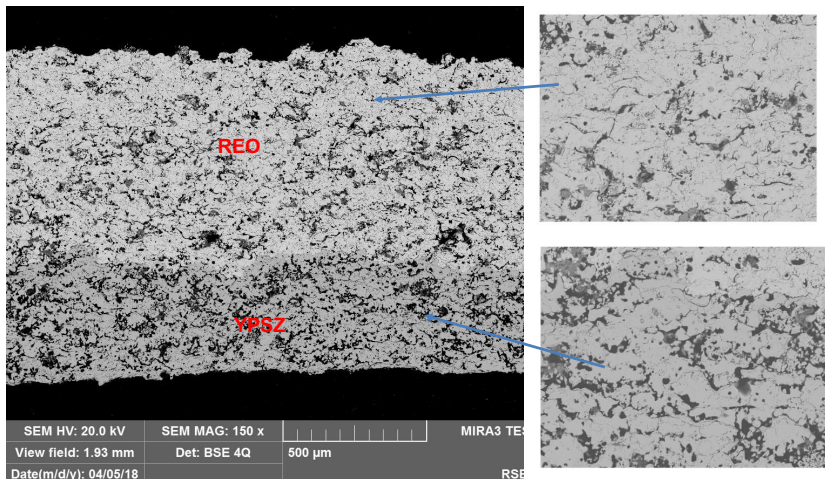


Fine and evenly distributed powder porosity

MIGLIORAMENTI CONSEGUITI

Una serie estensiva di test ha dimostrato la bassa conducibilità di queste nuove ceramiche. Su doppio strato ceramico YPSZ/RE-ZrO si è potuta misurare una conducibilità termica fino al 30% più bassa rispetto ad un singolo strato di una tradizionale YPSZ. I test hanno anche contestualmente evidenziato che la nuova ceramica ha una maggiore resistenza alla sinterizzazione, permettendo così di mantenere inalterate le sue caratteristiche durante cicli ad alta temperatura. Il processo è ora disponibile per l'utilizzo su componenti di Turbine a Gas

Micro- as sprayed



CONCLUSIONS

- Low-K TBC system has a lower diffusivity compare to standard system. Difference could be up to 30% less
- Low-K TBC system presents a lower increase in diffusivity during the aging cycle, thus could resist higher firing temperatures
- Sintering phenomena is viewable by Electron Microscopy, and is more visible for YPSZ
- No Monoclinic percentage increasing was appreciated
- On going tests will permit to compare elastic modulus of DS and porous YPSZ with Low-K systems