

Via Martiri della Libertà, 28 – 31100 TREVISO  
Reg. Imp. di Treviso – REA 325367  
cf e p. IVA: 00130830284  
e-mail: [info@ecometal.org](mailto:info@ecometal.org)



Flexible automated processes for PVD coatings in new applications

## **SINTESI E VALUTAZIONE DEI RISULTATI CONSEGUITI a sei mesi dalla conclusione del progetto**

Prot.: 003/10	Documento per la disseminazione	20 febbraio 2010
Segreteria	FLEXICOAT: sintesi e valutazione dei risultati	Pagina 1 di 6

## 1. INTRODUZIONE

Il progetto FLEXICOAT mirava a conseguire i seguenti risultati.

- Un processo di trattamento delle superfici con la tecnica PVD a basso costo, rapido e flessibile, cioè adattabile a diverse esigenze produttive, e la macchina capace di farlo con un ottimo rendimento e affidabile, così da poter ridurre i tempi di lavorazione e i costi, e capace di trattare una ampia gamma di articoli con trattamenti diversi.
- Sviluppo di combinazioni di trattamenti PVD e pre-trattamenti capaci di applicare i rivestimenti PVD su diversi tipi di materiali.
- Promuovere l'introduzione della tecnica PVD nelle Piccole Medie Imprese.

## 2. PROTOTIPO

Il processo PVD è articolato in quattro stadi.

- Produzione del vuoto (nella camera dove avviene il trattamento)
- Riscaldamento (dell'articolo da trattare)
- Rivestimento (con la tecnica PVD)
- Aerazione (a trattamento concluso)

Il prototipo realizzato è costituito da una camera centrale dove è applicato il trattamento e da due camere laterali per il carico e lo scarico degli articoli. Nella prima camera è generato il vuoto e avviene il riscaldamento quindi l'articolo passa nella camera dove avviene il trattamento che è già sotto vuoto quindi passa nell'ultima camera dove avviene l'aerazione secondo un ciclo continuo che evita i tempi morti (non produttivi). Il passaggio da una camera all'altra è controllato da valvole in modo da garantire il mantenimento del vuoto nella camera di trattamento.



### Tempi di processo

Il progetto mirava ad applicare il trattamento decorativo in 90" con un ciclo di processo della durata di 180" e i tempi delle diverse fasi così ripartiti.

- Generazione del vuoto: 60"
- Riscaldamento: 40"
- Movimentazione articoli: 5"
- Trattamento decorativo: 90"
- Ventilazione: 10"

Prot.: 003/10	Documento per la disseminazione	20 febbraio 2010
Segreteria	FLEXICOAT: sintesi e valutazione dei risultati	Pagina 2 di 6

Il prototipo ha rispettato queste specifiche salvo che per i tempi di realizzazione del vuoto leggermente più lunghi.

### Specifiche

- Sistema di evaporazione costituito da 6 evaporatori ad arco circolari da 20-40 V e 60-140 A distribuiti in modo tale da permettere di sfruttare per il rivestimento l'intero volume della camera.
- Alimentazione: 1000 V e 15 kW
- Vuoto:  $10^{-6}$  mbar e un tasso di evacuazione inferiore a  $10^{-3}$  mbar/s
- Temperatura massima della superficie da trattare: 150 °C
- Energia per il riscaldamento: 10 kW e oltre
- Gas: argon, azoto, acetilene ( $C_2H_2$ )
- Volume della camera di trattamento: diametro 200 mm; altezza 300 mm

## 2.1. Criticità del trattamento rapido effettuato dal prototipo

### 2.1.1. Requisiti del substrato

#### Compatibilità con il vuoto

Il substrato non deve assolutamente dar luogo a fenomeni di degassazione a causa del vuoto, compresi evaporazione di acqua adsorbita in superficie dall'ambiente o dal processo di pulizia, ed evaporazione di solventi nel caso di componenti di natura organica ed in particolare di quelle laccate. Sono da evitare anche alcuni metalli con alta tensione di vapore, quali zinco, cadmio o magnesio e loro leghe (ottone). Si deve considerare che il riscaldamento cui è sottoposta la superficie nel corso del trattamento può accrescere la tendenza di alcune componenti a volatilizzare e di conseguenza danneggiare il deposito.

#### Resistenza al calore

La deposizione del trattamento sulla superficie del substrato avviene mediante liberazione del calore di condensazione. Poiché il trattamento avviene sotto vuoto non c'è modo che tale calore si disperda e pertanto la temperatura superficiale del substrato aumenta rapidamente e ancor più in caso di materiali con scarsa conduttività termica (come i polimeri). La temperatura nella camera di trattamento è poi accresciuta dal calore necessario a fare evaporare il metallo dagli elettrodi e talora dal calore liberato dalla reazione di combinazione di metallo e gas (è il caso del titanio che si combina con l'azoto a dare TiN). Maggiore è lo spessore del rivestimento, maggiore è la durata del processo e di conseguenza la temperatura raggiunta.

Il substrato deve quindi poter sopportare il riscaldamento indotto dai processi ora descritti che potrebbe comportare modifiche microstrutturali con effetti negativi sulle caratteristiche del substrato stesso e del trattamento se non addirittura la deformazione del substrato nel caso di polimeri o di metalli con basso punto di fusione.

#### Altri requisiti

In generale la superficie del substrato

- deve essere fresca, cioè non presentare fenomeni di degrado che potrebbero favorire il distacco del trattamento;
- deve resistere all'ossidazione favorita dall'alta temperatura della superficie quando, terminato il processo, il substrato viene a contatto con l'atmosfera;
- non deve essere sensibile alla radiazione UV che viene emessa in grande quantità nel corso del trattamento.

### 2.1.2. Problemi della macchina

#### Movimentazione dei pezzi

Sotto vuoto non è possibile utilizzare i normali lubrificanti per lubrificare le parti in movimento che pertanto sono molto facilmente sottoposte a grippare. I movimenti longitudinali e di rotazione del telaio che sostiene gli articoli da trattare sono agevolati da una bronzina auto-lubrificante che può essere facilmente sostituita.

#### Innesco degli evaporatori ad arco

L'accensione degli evaporatori ad arco è ottenuta mediante un breve corto circuito tra il catodo metallico e un innesco che viene portato a contatto con esso. Il dispositivo è soggetto ad usura che può essere ridotta limitando al minimo il numero delle accensioni cioè mantenendo gli evaporatori sempre accesi. Uno speciale dispositivo previene i problemi di usura dovuti al movimento dell'innesco.

Prot.: 003/10	Documento per la disseminazione	20 febbraio 2010
Segreteria	FLEXICOAT: sintesi e valutazione dei risultati	Pagina 3 di 6

### 2.1.3. Altre implicazioni

Il carico (e scarico) dei telai con gli articoli da trattare nella macchina deve completarsi in 5 secondi e non può pertanto essere manuale. E' necessario quindi prevedere un sistema robotizzato di alimentazione della macchina.

## 3. COLLAUDO DEL PROTOTIPO

Il prototipo è stato collaudato realizzando i rivestimenti previsti dal programma, e riportati nella seguente tabella, su provini di acciaio inossidabile per garantire in via preliminare una ottima adesione.

	Applicazioni	Substrato	Trattamento + rivestimento
	Maniglie	Alluminio	Verniciatura a polveri (epossidica) + PVD (Zr)
	Coperchi per bombolette spray	PE + additivi	Strato di PVD (Cu) + finitura galvanica (Cu, Ni)
	Cerniere	Acciaio	Nichelatura galvanica + PVD (ZrCN)
	Componenti per autovetture e cosmetici	ABS	Metallizzazione PVD
	Utensili manuali	Acciaio	Nichelatura galvanica + PVD (ZrCN)
	Vari colori su articoli chirurgici	Acciaio	PVD (ZrCN)

PE: polietilene; ABS: Acrilonitrile Butadiene Stirene

Con tutti gli evaporatori in funzione per 90" sono stati ottenuti rivestimenti di 300 nm di spessore ben aderenti al substrato.

Prove effettuate su articoli in ABS hanno permesso di ottenere in 90" rivestimenti di rame di 240nm di spessore con buona aderenza e resistenza ai graffi. Tempi più lunghi (120") hanno comportato la deformazione dell'articolo.

Nelle stese condizioni sono stati applicati rivestimenti di ZrCN su parti di utensili manuali in acciaio nichelato e rivestimenti di rame sono stati applicati su provini piatti in PE come base per un successivo trattamento galvanico.

## 4. ALTRE PROVE DI TRATTAMENTO PVD

### 4.1. Verniciatura a polveri come base per pellicole PVD

Le pellicole PVD utilizzate per rivestimenti dei metalli presentano molti vantaggi tra i quali alta lucentezza, colori accattivanti e resistenza all'usura. Tuttavia, le pellicole PVD sono molto sottili e spesso porose il che indebolisce la loro resistenza alla corrosione. Un ulteriore limite delle pellicole PVD è che non possono livellare il substrato: una normale superficie meccanica non fornirà mai una superficie PVD lucida a meno che non sia stata preventivamente sottoposta ad un costoso trattamento di lucidatura.

Una soluzione a questi problemi è l'applicazione di una verniciatura a polveri polimeriche come strato interposto tra la pellicola PVD e il substrato metallico. La verniciatura a polveri è molto più spessa della pellicola PVD (50-70 micron rispetto a 0,5 micron), non è conduttiva e densa, e pertanto dovrebbe costituire una barriera resistente alla corrosione a protezione del substrato metallico. Un ulteriore vantaggio è che la verniciatura a polveri livella la superficie metallica ruvida risolvendo il problema della lucidatura del substrato.

I risultati delle ricerche effettuate in questo campo sono presentati nell'articolo di Y. Bao, J. Gao and D.T. Gawne « *Effect of polymer primers on residual stress and performance of PVD titanium films* » di prossima pubblicazione su una rivista scientifica specializzata.

### 4.2. Verniciatura a polveri applicata su pellicole PVD

Le pellicole PVD hanno la possibilità di restituire superfici molto lucenti con una vasta gamma di colori accattivanti. Questo permette applicazioni su prodotti che necessitano superfici decorative o articoli e

Prot.: 003/10	Documento per la disseminazione	20 febbraio 2010
Segreteria	FLEXICOAT: sintesi e valutazione dei risultati	Pagina 4 di 6

componenti che devono essere differenziati in base al colore come gli strumenti chirurgici. Tuttavia, le pellicole PVD sono molto sottili (0,5 micron) e pertanto facilmente sottoposte a danni meccanici derivanti da graffi e urti e a macchie provocate da aggressivi chimici o dalla manipolazione. La verniciatura a polveri è poco costosa, molto diffusa ed inoltre è un processo eco-compatibile. Sono state effettuate delle ricerche sulla applicazione di vernici a polveri trasparenti a copertura delle pellicole PVD finalizzata ad accrescerne la durata mantenendo un accettabile lucentezza.

I risultati di questo ricerche sono consultabili nell'articolo « Effect of transparent powder coatings on the properties of PVD films » di prossima pubblicazione su una rivista scientifica specializzata.

#### 4.3. Trattamenti PVD di articoli commerciali

Prove di trattamento sono state effettuate su vari articoli messi a disposizione dai partners del progetto.

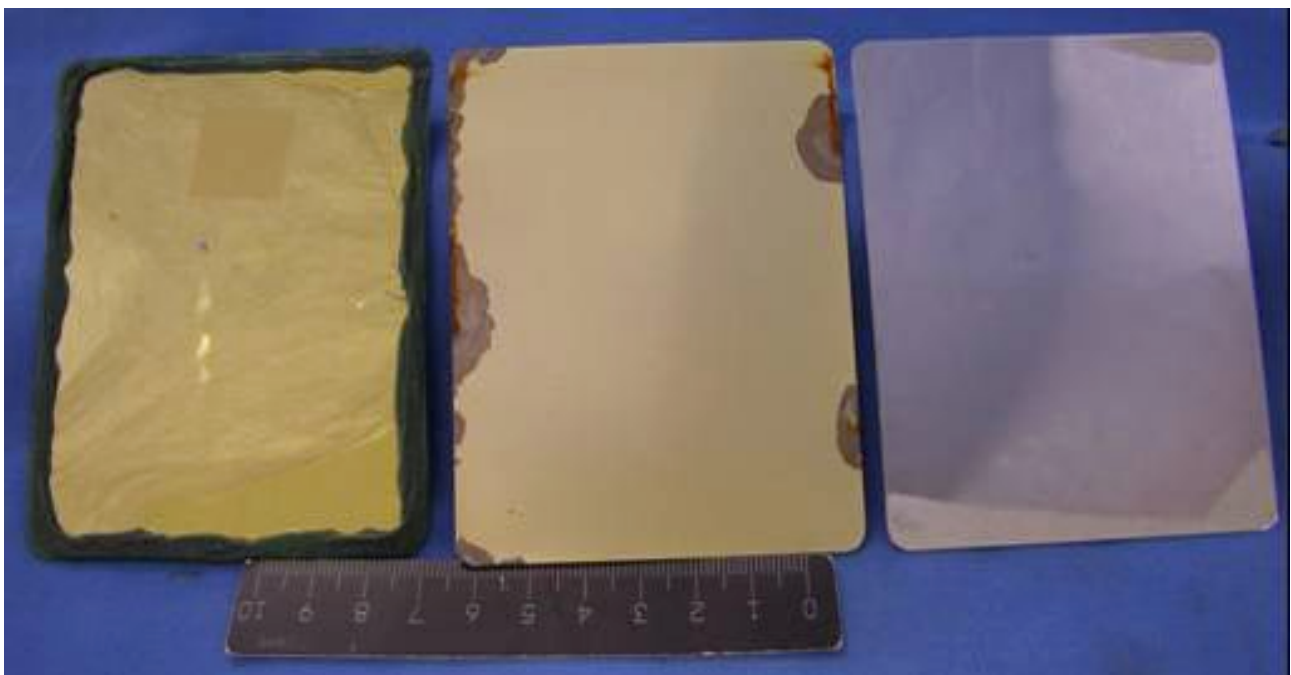
Componenti per l'industria automobilistica (in ABS) e cosmetica (in ABS e in PP) sono state trattate con la tecnica di evaporazione ad arco catodico per produrre rivestimenti di rame, cromo, zirconio e Cr-Zr con risultati contrastanti.

Le pellicole applicate su provini trattati con resine epossidiche hanno presentato vari problemi legati soprattutto alla temperatura raggiunta nel corso del processo.

Risultati negativi hanno fornito le prove di trattamento PVD con AlTiN e ZrCN effettuate su articoli con rivestimenti galvanici al Nichel-fosforo.

#### 4.4. Prove in nebbia salina

Il risultato delle prove comparative in nebbia salina effettuate su lamine fornite da ECOMETAL è documentato nella seguente fotografia.



A sinistra: nichelatura galvanica + ZrCN (PVD) colore ottone  
 Al centro: nichelatura galvanica color ottone  
 A destra: nichelatura + cromatura galvanica

FLEXICOAT è un progetto ammesso a fruire del finanziamento della Commissione Europea nell'ambito del  
6° Programma Quadro  
Attività di ricerca orizzontale che coinvolgono le piccole e medie imprese (SME)  
Progetti di ricerca collettiva

Contratto: COLL-CT-2006-030409 FLEXICOAT  
Data d'inizio: 1 marzo 2007; durata: 36 mesi

Dieci tra associazioni di categoria (IAG), piccole e medie imprese (SME) e centri di ricerca (RTD) di 5 paesi dell'Unione Europea, che rappresentano insieme la metà del settore europeo dei trattamenti superficiali si sono consorziati per sviluppare e raggiungere lo scopo del progetto.

Fundaciòn Tekniker (RTD, Spagna) – [www.tekniker.es](http://www.tekniker.es)  
TNO Science and Industry (RTD, Paesi Bassi) – [www.tno.nl](http://www.tno.nl)  
LSBU (RTD, Regno Unito) - [www.lsbu.ac.uk](http://www.lsbu.ac.uk)  
HERRAMEX (IAG, Spagna) – [www.herramex.es](http://www.herramex.es)  
KP.OT (IAG, Paesi Bassi) – [www.kpot.nl](http://www.kpot.nl)  
UITS (IAG, Francia) – [www.sats-france.com](http://www.sats-france.com)  
ECOMETAL (IAG, Italia) – [www.ecometal.org](http://www.ecometal.org)  
DEKRACOAT B.V.(SME, Paesi Bassi) – [www.dekracoat.nl](http://www.dekracoat.nl)  
EMBEGA S. Coop. (SME, Spagna) – [www.embega.com](http://www.embega.com)  
GRIP-ON TOOLS S.A. (SME, Spagna) – [www.grip-on.com](http://www.grip-on.com)

Sintesi del documento  
D94-Technical Progress Report – 30 months – October 15th, 2009

Prot.: 003/10	Documento per la disseminazione	20 febbraio 2010
Segreteria	FLEXICOAT: sintesi e valutazione dei risultati	Pagina 6 di 6