



Author/Autore  
Rich Czarnecki  
MICRO POWDERS

# Novel nanocomposite surface additives for PFAS replacement

# Nuovi additivi superficiali nanocompositi per la sostituzione dei PFAS

## Background

Wax additives are an essential part of any coating formulator's toolkit. Micronized wax powders, dispersions and emulsions can improve the durability of all types of surface coatings, improving slip and lubricity, abrasion and scratch resistance, anti-blocking, and rub resistance. With emerging regulatory scrutiny regarding PFAS substances, many customers are eliminating the use of PTFE, which is classified as a PFAS substance.

## Wax behavior in coatings

Wax particles rise to the surface of a liquid coating through a combination of physical and chemical processes during application and drying or curing:

## Premessa

Gli additivi a base di cera rappresentano uno strumento essenziale degli strumenti del formulatore di rivestimenti. Le polveri di cera micronizzate, le dispersioni e le emulsioni possono apportare migliorie alla durabilità di tutte le tipologie di rivestimento superficiale, a vantaggio dello slittamento e della bagnabilità, della resistenza all'abrasione e alla scalfittura, dell'anti-blocking e della resistenza allo sfregamento.

Con la revisione legislativa emergente in tema di sostanze PFAS (poli-perfluorolchiliche), molti clienti hanno rimosso l'utilizzo del PTFE (politetrafluoroetilene), classificato come sostanza PFAS.

Wax type: <i>Tipologia di cera</i>	Density (g/cc): <i>Densità</i>	Surface energy (dynes/cm): <i>Energia superficiale</i>	Melting point (° C): <i>Punto di fusione</i>
Synthetic (Fischer-Tropsch) wax <i>Cera sintetica (Fischer-Tropsch)</i>	0.93	20-30	110-115
High density polyethylene (HDPE) <i>Polietilenica ad alta densità (HDPE)</i>	0.97	28-36	115-125
Oxidized high density polyethylene <i>Polietilene ad alta densità ossidato</i>	0.99	30-40	135-140
Polypropylene <i>Polipropilene</i>	0.89	29-30	160-170
Carnauba wax <i>Cera carnauba</i>	1.0	30-40	81-86
PTFE	2.2	16-18	> 316

Tab. 1 - Important Properties of Waxes  
*Importanti proprietà delle cere*

## Comportamento della cera nei rivestimenti

Le particelle di cera emergono in superficie di un rivestimento liquido grazie a una combinazione di processi chimico-fisici durante l'applicazione e l'essiccazione o reticolazione:

- densità.
  - Riduzione del film.
  - Solubilità e compatibilità.
  - Effetti dell'energia superficiale.
- Questa reazione è considerata essenziale nei rivestimenti, inchiostri e altre formulazioni per migliorare proprietà superficiali quali, slittamento, controllo della brillantezza e resistenza all'abrasione.

## Processi chimici delle cere

La scelta dei processi chimici della cera può influire su molte



- density
- Film shrinkage.
- Solubility and compatibility.
- Surface energy effects.

This behavior is intentionally leveraged in coatings, inks, and other formulations to enhance surface properties like slip, gloss control, and abrasion resistance.

### Wax chemistry

The choice of wax chemistry can affect many performance properties (Tab. 1).

One will note that PTFE has properties markedly different from most wax additive chemistries:

- lowest surface energy.
- Highest melting point.
- Highest density.

Some of these properties provide unique performance benefits in a wax additive. PTFE's very low surface energy makes it an ideal material for imparting a high degree of slip and lubricity. The high melting point of PTFE enables use in applications where a coating undergoes a baking or oven curing process since

proprietà prestazionali (Tab. 1).

Dalla Tabella 1 si evince che il PTFE presenta proprietà marcatamente differenti dalla maggior parte dei processi chimici degli additivi:

- minima energia superficiale.
- Massimo punto di fusione.
- Massima densità.

Alcune di queste proprietà offrono vantaggi prestazionali unici nell'additivo di cera. La bassa energia superficiale del PTFE lo rende un materiale ideale in quanto fornisce un grado elevato di slittamento e di bagnabilità.

L'elevato punto di fusione del PTFE ne consente l'utilizzo in applicazioni in cui un rivestimento viene sottoposto a un processo di reticolazione in forno in quanto non fonde. Inoltre, il PTFE è un materiale a durabilità molto elevata che può fornire vantaggi con il miglioramento della resistenza alla scalfittura, all'usura e all'abrasione. Per contro, l'elevata densità di PTFE impatta in modo significativo l'abilità delle particelle micronizzate di migrare in modo efficiente sulla superficie del rivestimento dopo l'essiccazione e la reticolazione.

DEPUR PADANA ACQUE S.R.L.  
VIA MAESTRI DEL LAVORO, 3  
45100 ROVIGO - ITALY

TEL. +39 0425.47.22.11  
INFO@DEPURPADANA.IT  
WWW.DEPURPADANA.COM



SOLUZIONI DEPURATIVE  
PER UN FUTURO  
PIÙ SOSTENIBILE.

**ACCREDIA**  
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

Laboratorio Analisi Accreditato



DEPUR PADANA ACQUE,  
IL PARTNER IDEALE PER LA  
DEPURAZIONE DELLE ACQUE  
DI SCARICO DEI COLORIFICI





it will not melt. Additionally, PTFE is an extremely durable material that can provide those benefits along with improvements in scratch, mar and abrasion resistance. On the contrary, the high density of PTFE significantly impacts the ability of micronized particles to migrate efficiently to the surface of a coating after drying and curing.

Wax chemistry: <i>Processo chimico della cera</i>	Density (g/cc): <i>Densità</i>
High density polyethylene (HDPE) <i>Polietilene ad alta densità (HDPE)</i>	0.97
PTFE	2.2
80% HDPE / 20% PTFE	1.09

**Tab. 2 - Combining Materials to Modify Density**  
*Combinazione di materiali per modificare la densità*

### Wax composites

To overcome the high density and poor mobility of PTFE, wax manufacturers developed composite or alloy waxes that combine finely micronized PTFE with other waxes. The most popular permutation of this approach would be a wax composite based on a combination of PTFE and polyethylene wax, typically high-density polyethylene (HDPE).

Such a composite wax is manufactured by blending fine PTFE powder with molten HDPE in a bulk melting or extrusion process. This intermediate composite material is then cooled, crushed and size reduced (micronized) into a fine powder (Tab. 2).

PTFE composite waxes have been established as a performance

tipicamente polietilene ad alta densità (HDPE). Questa cera nanocomposita viene prodotta miscelando la polvere fine di PTFE con HDPE fuso in un processo di estrusione oppure di fusione in volume. Questo materiale intermedio viene poi raffreddato, frantumato e ridotto (micronizzato) in una polvere fine (Tab. 2).

Le cere nanocomposite in PTFE vengono selezionate come campione di riferimento da decenni nell'industria produttrice di prodotti vernicianti.

### Sostituire il PTFE negli additivi compositi a base di cera

Il PTFE viene valutato principalmente nelle polveri di cera composite, in funzione dei seguenti vantaggi prestazionali:

- elevata bagnabilità superficiale (basso coefficiente di attrito o COF)\*.
- Eccellente resistenza alla scalfittura e all'abrasione.
- Resistenza chimica e al calore.
- Anti-blocking.

Fortunatamente, molti altri processi chimici dell'additivo a base di cera possono anch'essi fornire proprietà di slittamento e bagnabilità.

Il vantaggio prestazionale più importante derivato dall'incorporazione del PTFE in una cera composta viene considerato generalmente la durabilità superficiale.

Le polveri dell'additivo composito con PTFE possono migliorare in modo significativo la resistenza di un rivestimento al deterioramento durante l'applicazione, la fabbrica-

Sample ID: <i>ID Campione</i>	Wax: <i>Cera</i>	Inorganic: <i>Inorganica</i>
HDPE-A	High density polyethylene <i>Polietilene ad alta densità</i>	Aluminum oxide <i>Ossido di alluminio</i>
HDPE-C	High density polyethylene <i>Polietilene ad alta densità</i>	Ceramic <i>Ceramica</i>
LDPE-A	Low density polyethylene <i>Polietilene a bassa densità</i>	Aluminum oxide <i>Ossido di alluminio</i>
LDPE-C	Low density polyethylene <i>Polietilene a bassa densità</i>	Ceramic <i>Ceramica</i>
SYN-A	Synthetic wax <i>Cera sintetica</i>	Aluminum oxide <i>Ossido di alluminio</i>
CAR-A	Carnauba wax <i>Cera carnauba</i>	Aluminum oxide <i>Ossido di alluminio</i>
HDPE-AM-A	HDPE/amide wax <i>HDPE/cera ammidica</i>	Aluminum oxide <i>Ossido di alluminio</i>

**Tab. 3 - Inorganic Wax Composites**  
*Cera composta inorganica*



benchmark for decades in the coatings industry.

### Replacing PTFE in Composite Wax Additives

PTFE is primarily valued in composite wax powders for the following performance benefits:

- high surface lubricity (low coefficient of friction or COF)\*.
- Excellent scratch and abrasion resistance.
- Heat and chemical resistance.
- Anti-blocking.

Fortunately, many other wax additive chemistries can also provide excellent slip and lubricity. The most important performance benefit derived by incorporating PTFE into a wax composite is generally considered to be surface durability. PTFE composite additive powders can significantly improve the resistance of a coating to damage during application, fabrication, and end use. This includes scratch and abrasion resistance.

If PTFE is no longer a viable component of a wax additive, alternate materials must be identified that can bring a similar level of surface durability to a formulated coating. These materials must have a strong history of safe use, especially in food packaging.

Two approaches to replace PTFE as a component of a composite wax particle have been identified, using aluminum oxide (Mohs hardness 9) and ceramics (Mohs hardness 6).

### Inorganic wax composites<sup>1</sup>

Since both aluminum oxide and ceramic particles are so dense, they will require extra energy to get them to a coating surface. As with PTFE, they will benefit from being combined with a lower density material such as HDPE in a wax composite powder. Several combinations were prepared by combining different waxes with both aluminum oxide and ceramics in an extrusion or other melt-mixing process (Tab. 3).

These composite materials were then air micronized to a fine particle size. The density of each wax composite is near or slightly higher than 1.0 to enhance efficiency and stability.

### Performance – Scratch resistance

To compare the improvement in scratch resistance, each sample was first tested against the wax counterpart without the aluminum oxide modification. All samples were dosed at 1% on total formula weight in a hard water-based polyurethane dispersion coating. The dried panels were tested using a Taber linear abraser per ASTM D3363 (Fig. 1).

zione e l'utilizzo finale. Fra questi vi è la resistenza alla scalfittura e all'abrasione.

Se il PTFE non dovesse risultare più un componente autorizzato dell'additivo in cera, i materiali alternativi individuati dovranno arrecare a un rivestimento formulato un grado simile di durabilità superficiale.

Questi materiali devono presentare un buon record di utilizzo sicuro, in particolare nelle confezioni di prodotti alimentari.

Sono state individuate due tecniche per la sostituzione del PTFE come componente di una particella di cera composta, con l'ausilio dell'ossido di alluminio (durezza Mohs 9) e delle ceramiche (durezza Mohs 6).

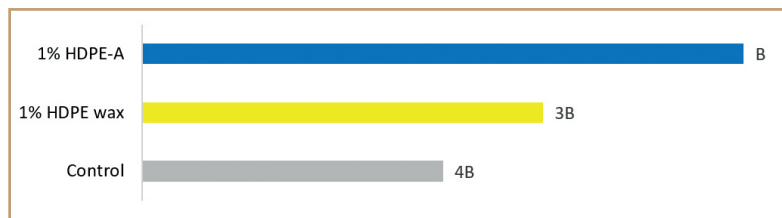


Fig. 1 - ASTM D3363 pencil hardness (scratch resistance)  
Durezza a matita ASTM D3363 (Resistenza alla scalfittura)

### Cere composite inorganiche<sup>1</sup>

Poiché l'ossido di alluminio e le particelle ceramiche sono molto dense, esse richiedono una quantità di energia extra considerevole per portarle sulla superficie del rivestimento. In una polvere di

cera composta, come con PTFE, esse traggono vantaggio dalla combinazione con un materiale a densità inferiore quale l'HDPE in una polvere di cera composta. Sono state predisposte diverse combinazioni abbinando varie cere con l'ossido di alluminio e la ceramica in un processo di estrusione o di miscela in fusione (Tab. 3).

Questi materiali sono stati in seguito micronizzati con granulometria fine. La densità di ogni cera composta è quasi o leggermente superiore al valore 1.0 per migliorare l'efficienza e la stabilità.

### Prestazione – Resistenza alla scalfittura

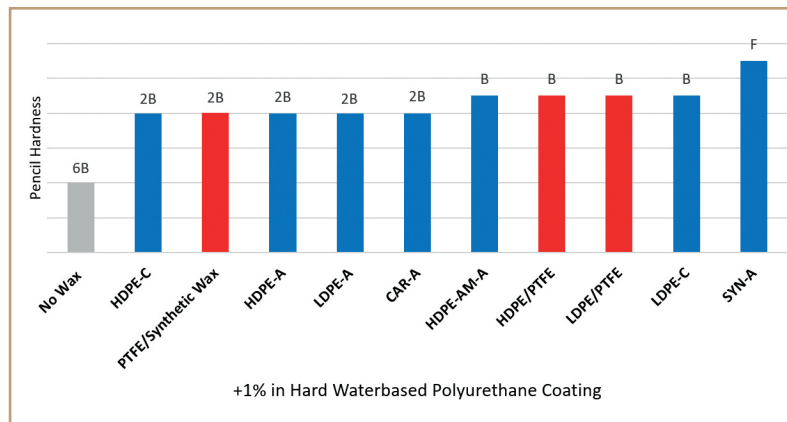
Per confrontare i progressi della resistenza alla scalfittura, ciascun campione è stato analizzato con la controparte cera priva della modificazione dell'ossido di alluminio. Tutti i campioni sono stati dosati all'1% sul peso totale della formula in un rivestimento a base di dispersione poliuretana acquosa. I pannelli essiccati sono stati analizzati con l'ausilio dello strumento di abrasione lineare Taber come da ASTM D3363 (Fig. 1).

Come si evince dal grafico in Figura 1, la prestazione della cera HDPE modificata con ossido di alluminio (HDPE-A) è marcatamente superiore a quella della cera non modificata. Risultati simili che mostrano il miglioramento sono stati riscontrati con tutte le altre combinazioni, dove una cera modificata con ossido di alluminio o con ceramica ha dato prova di una prestazione superiore rispetto agli

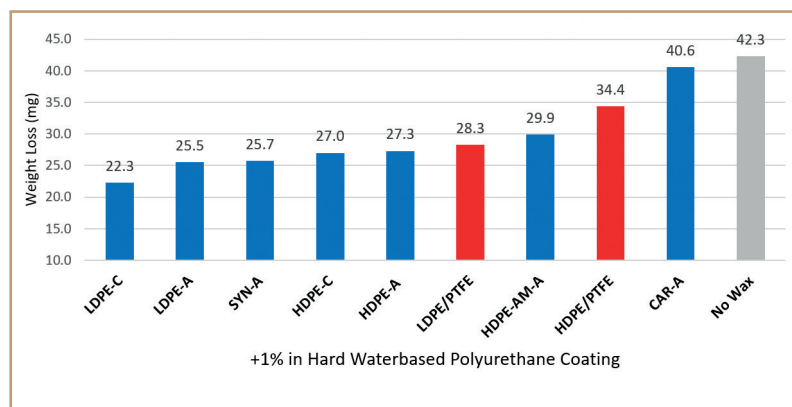


As can be seen in the Figure 1, the performance of the aluminum oxide modified HDPE wax (HDPE-A) is markedly superior to the unmodified HDPE wax. Similar results showing improvement were seen with all other wax combinations, where a wax modified with either aluminum oxide or ceramic demonstrated superior performance vs the same wax chemistry without inorganic modification.

A more relevant study is to compare the performance of aluminum oxide and ceramic modified composite waxes to classic PTFE based composite waxes (Fig. 2). The results demonstrate that wax composites based on both aluminum oxide and ceramic showed equal or better performance for scratch resistance vs. PTFE wax composites.



**Fig. 2 - ASTM D3363 pencil hardness (scratch resistance)**  
Durezza a matita ASTM D3363 (resistenza alla scalfittura)



**Fig. 3 - ASTM D4060 Taber abrasion resistance after 2,500 cycles**  
Resistenza all'abrasione Taber ASTM D4060 dopo 2500 cicli

### Performance – Abrasion resistance

To compare the improvement in abrasion resistance, each sample was tested against PTFE composite wax powders. Each wax sample was dosed at 1% on total formula weight in a hard water-based polyurethane dispersion coating. The dried panels were tested for abrasion resistance using a Taber rotary abrader per ASTM D4060 (Fig. 3).

### Conclusion

Composite wax additives based on aluminum oxide and ceramics demonstrate excellent surface durability, often outperforming classic PTFE composite wax additives. As regulations continue to threaten the use of PFAS substances, these novel additives give formulators the ability to maintain or even improve performance while removing PTFE from their formulations.

### Note

1 US Patent 10,646, 212.

stessi processi chimici della cera senza modificazione inorganica.

Uno studio più rilevante consiste nel confrontare la prestazione delle cere composite modificate con ossido di alluminio e ceramica con le cere composite a base di PTFE classiche.

I risultati di Figura 2 dimostrano che le cere composite a base sia di ossido di alluminio che di particelle ceramiche offrono una prestazione uguale o superiore per quanto riguarda la resistenza alla scalfittura rispetto alle cere composite con PTFE.

### Prestazione – resistenza all'abrasione

Per confrontare il miglioramento della resistenza all'abrasione, ogni campione è stato analizzato contro le polveri di cera composta con PTFE. Ogni campione di cera è stato dosato all'1% sul peso totale della formula in un rivestimento duro di dispersione poliuretannica acquosa. I pannelli essiccati sono stati analizzati dal punto di vista della resistenza all'abrasione con l'ausilio dello strumento abrasivo rotatorio Taber, come da ASTM D4060 (Fig. 3).

### Conclusioni

Gli additivi in cera composta a base di ossido di alluminio e ceramica mostrano un'eccellente durabilità superficiale, che supera spesso gli additivi in cera composta classici in PTFE.

Con le normative che continuano a minacciare l'utilizzo delle sostanze PTFE, questi nuovi additivi offrono ai formulatori la possibilità di conservare o migliorare la prestazione rimuovendo il PTFE dalle loro formulazioni.

### Nota:

Brevetto US 10, 646, 212.