

Authors/Autori
Marc Eberhardt,
Guillaume Jaunky
BYK

Enhancing radiation-curable coatings with silicone surface additives

Radiation-curable coatings, such as ultraviolet (UV) and electron beam (EB) curing systems, are widely recognized for their fast-curing times, environmental benefits, and superior finish quality. These coatings are commonly used in the printing and packaging industries to enhance the appearance and durability of printed materials. However, to achieve optimal surface properties and long-term durability, specialized additives are often required. Among these, silicone-based surface additives stand out due to their unique chemical and physical attributes.

KEY CONSIDERATIONS FOR DEVELOPING NEW ADDITIVES

The development of new additives for radiation-curable systems must address a diverse set of requirements, as end-users have specific and often challenging needs (Fig. 1).

THE IMPORTANCE OF FUNCTIONALITY FOR OPTIMAL APPLICATION PERFORMANCE

With conventional technology, the resulting additives are a mixture of polymeric structures with varying degrees of functionality (di-, mono- or completely unfunctional). Unfunctional and mono-functional structures do not bond adequately with the coating matrix, making them prone to migration through the interface between the coating and adhesive, into the tape's glue, and thus negatively impacting tape-release performance (Fig. 2).

To further explore the impact of functionality on coating properties, additive structures with varying degrees of functionality, ranging from 100% to 0%, were synthesized. To ensure accurate comparisons, the polysiloxane component and the organic modification of all structures were kept consistent in terms of molecular weight and chemical composition. The

Miglioramento dei rivestimenti polimerizzabili con radiazioni UV tramite additivi di superficie siliconici

I rivestimenti polimerizzabili con radiazioni, per esempio i sistemi di polimerizzazione a raggi ultravioletti (UV) ed a fascio di elettroni (EB), sono ben noti per la rapidità dei tempi di polimerizzazione, i vantaggi per l'ambiente e la qualità superiore della finitura. Questi rivestimenti sono comunemente utilizzati nei settori della stampa e degli imballaggi per migliorare l'aspetto e la durata dei materiali stampati. Tuttavia, per ottimizzare le proprietà superficiali e ottenere una lunga durata spesso sono necessari additivi specialistici. Tra questi, gli additivi di superficie a base siliconica si distinguono per le loro peculiarità chimiche e fisiche.

CONSIDERAZIONI CHIAVE PER LO SVILUPPO DI NUOVI ADDITIVI

Lo sviluppo di nuovi additivi per sistemi polimerizzabili con radiazioni deve soddisfare un insieme eterogeneo di requisiti, in quanto gli utenti finali hanno esigenze specifiche e spesso complesse (Fig. 1).

L'IMPORTANZA DELLA FUNZIONALITÀ PER OTTENERE PRESTAZIONI APPLICATIVE OTTIMALI

Nel caso della tecnologia convenzionale, gli additivi risultanti sono una miscela di strutture polimeriche con vari gradi di funzionalità (di-, mono- o completamente non funzionali). Le strutture non funzionali e mono-funzionali non si legano adeguatamente alla matrice del rivestimento, cosicché sono soggette a migrazione attraverso l'interfaccia tra il rivestimento e l'adesivo, nella colla del

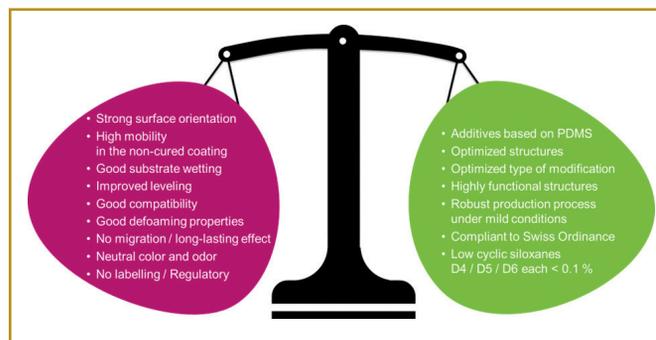


Fig. 1 - New surface additives for radiation-curable systems face a lot of challenges and must provide satisfying properties

I nuovi additivi di superficie per sistemi polimerizzabili con radiazioni devono far fronte a molte sfide e fornire proprietà soddisfacenti

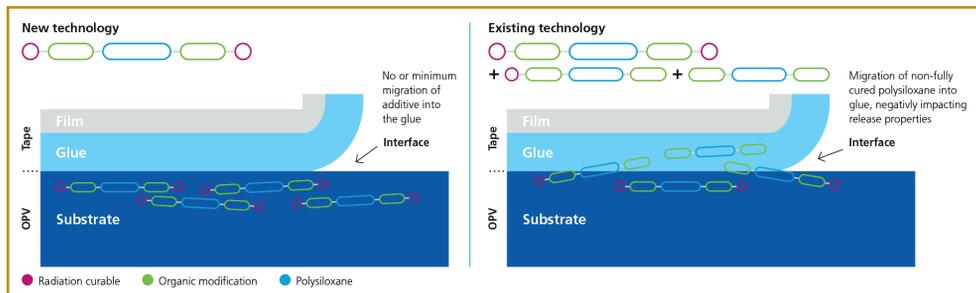


Fig. 2 - Compared to existing technology, the new additive technology yields strictly di-functionalized structures ensuring a strong surface effect (e.g. tape release)
Rispetto alla tecnologia esistente, la tecnologia dei nuovi additivi produce strutture strettamente di-funzionalizzate, a garanzia di un forte effetto superficiale (ad es. distacco del nastro)

additives A to E were all incorporated (dosage of 5% on total formulation) into an UV printing ink (based on Laromer® LR 8986, Ebecryl® 210 and HDDA), drawn up on a PET film (Hostaphan GN 460, Pütz Folien) using an automatic K-Lox Printing 'Proofer' from Erichsen with a 6 µm spiral doctor blade and hardened with the UV bank 'Aktiprint Mini' (120W/cm and a belt speed of 12 m/min) in 3 consecutive runs.

To investigate the durability of the coatings, a finger (16 mm

nastro, cosa che incide negativamente sulle prestazioni di distacco del nastro (Fig. 2).
 Per esaminare ulteriormente l'impatto della funzionalità sulle proprietà del rivestimento sono state sintetizzate strutture di additivi con diversi gradi di funzionalità, dal 100% allo 0%. A garanzia di confronti accurati, la componente polisilossanica e la modifica organica di tutte le strutture sono state mantenute coerenti in termini di peso molecolare e composizione chimica.
 Tutti gli additivi da A a E sono stati incorporati (dosaggio del 5% sulla formulazione totale) in un inchiostro da stampa UV (a base di Laromer® LR 8986, Ebecryl® 210 e HDDA), assorbiti su un film in PET (Hostaphan GN 460, Pütz Folien) utilizzando un dispositivo 'proofer' di stampa automatico K-Lox di Erichsen con una racla a spirale da 6 µm e induriti con forno UV di essiccazione "Aktiprint Mini" UV (120 W/cm²) e una velocità del trasporto di 12 m/min in 3 passaggi consecutivi.



100% functionality / Funzionalità 100%



0% functionality / Funzionalità 0%

Product functionality Funzionalità del prodotto		Initial Iniziale			10 DH 10 corse doppie			40 DH 40 corse doppie		
		COF	Tape realease (N) Distacco del nastro (N)	Contact angle water (°) Angolo di contatto acqua (°)	COF	Tape realease (N) Distacco del nastro (N)	Contact angle water (°) Angolo di contatto acqua (°)	COF	Tape realeas (N) Distacco del nastro (N)	Contact angle water (°) Angolo di contatto acqua (°)
Control Controllo	--	0.50	1.8	79	0.50	1.9	76	0.48	1.9	75
Additive A Additivo A	100%	0.06	0.09	99	0.10	0.3	97	0.11	0.4	96
Additive B Additivo B	75%	0.08	0.08	97	0.17	0.9	94	0.24	1.2	89
Additive C Additivo C	50%	0.09	0.08	97	0.18	1.1	81	0.30	1.7	79
Additive D Additivo D	25%	0.10	0.10	90	0.18	1.5	79	0.32	1.9	76
Additive E Additivo E	0%	0.10	0.10	88	0.20	1.2	82	0.36	1.8	76

Tab. 1 - Durability test results for coatings containing surface additives with different functionality (test system: UV printing ink)
Risultati dei test di durata per rivestimenti contenenti additivi di superficie con funzionalità diverse (sistema di prova: inchiostro da stampa UV)



diameter) of a Crockmeter (downward force 9N, stroke length 104 +/- 3 mm) equipped with a dust-free cloth (Sonatra® blue, Glutfelter Gernsbach GmbH) soaked with MEK (as the test solvent) was placed on the surface of the coating and a defined number of double hubs (DH) was performed.

The coefficient of friction (COF) values (using a Thwing-Albert FP 2260), tape release properties (according to ASTM D3330) and contact angle (water) (KRÜSS DSA100 with imaging software) were measured initially, after 10 DH and 40 DH.

In summary, the presence of non-functionalized structures in Additives B through E was diminished when wiped with solvent-soaked cloths, leading to inadequate application performance. In contrast, the fully functionalized structure of Additive A is strongly incorporated into the coating matrix and gives a stable and permanent effect.

BENCHMARKING OF SURFACE ADDITIVES BASED ON NEW TECHNOLOGY TO STATE-OF-THE-ART PRODUCTS

Optical appearance

A new class of additive structures has been developed, offering several advantages over existing products. A robust manufacturing process ensures the production of colorless,



Fig. 3 - Clear additive produced using new technology (left) alongside three state-of-the-art products

Additivo trasparente prodotto con la nuova tecnologia (a sinistra) insieme a tre prodotti esistenti

Per valutare la durata dei rivestimenti, sulla superficie del rivestimento è stato posizionato un dito (diametro 16 mm) di un crockmetro, (la forza verso il basso applicata è di 9 N, la lunghezza della corsa 104 +/- 3 mm), dotato di un panno privo di polvere (blu Sonatra®, Glutfelter Gernsbach GmbH) imbevuto di MEK (solvente di prova) ed è stato eseguito un numero definito di corse doppie. Inizialmente sono stati misurati i valori del coefficiente di attrito (COF) (con un Thwing-Albert FP 2260), le proprietà di distacco del nastro (in conformità ad ASTM D3330) e l'angolo di contatto (acqua) (KRÜSS DSA100 con software di imaging), dopo 10 e 40 corse doppie. In sintesi, la presenza di strutture non funzionalizzate negli additivi da B a E si riduceva in seguito alla pulizia con panni imbevuti di solvente, determinando prestazioni inadeguate dell'applicazione. Al contrario, la struttura completamente funzionalizzata dell'additivo A è fortemente incorporata nella matrice del rivestimento e conferisce un effetto stabile e permanente.

ANALISI COMPARATIVA DEGLI ADDITIVI DI SUPERFICIE BASATI SULLA NUOVA TECNOLOGIA RISPETTO AI PRODOTTI ESISTENTI

Aspetto ottico

È stata sviluppata una nuova classe di strutture di additivi che offre numerosi vantaggi rispetto ai prodotti esistenti. Un efficace processo di produzione consente di realizzare additivi incolori, inodori e pressoché trasparenti con livelli molto bassi di silossani ciclici D4, D5 e D6 (ciascuno < 0,1%). Inoltre, questi nuovi additivi contengono il 100% di sostanza attiva e sono caratterizzati da strutture strettamente di-funzionali a elevata reattività.

Riduzione della tensione superficiale

La Tabella 2 presenta i risultati dei test degli additivi (concorrente 1, concorrente 2 e additivo 3 sono basati sulla tecnologia esistente, mentre i nuovi additivi BYK-UV per il distacco del nastro sono stati prodotti con la nuova tecnologia) a concentrazioni pari a 0,3% e 1%,

Product Prodotto	Dosage Dosaggio	TPGDA: TMPTA 1:1	HDDA
		Static surface tension (mN/m) Tensione superficiale statica (mN/m)	
Control Controllo	0	30.6	31.9
BYK-UV 3590		20.7	19.7
BYK-UV 3595		20.6	19.6
Competitor 1 Concorrente 1	0.3%	19.6	18.2
Competitor 2 Concorrente 2		19.0	18.2
Additive 3 Additivo 3		19.5	18.0
BYK-UV 3590		20.4	19.4
BYK-UV 3595		19.8	19.2
Competitor 1 Concorrente 1	1.0%	19.5	19.0
Competitor 2 Concorrente 2		19.7	19.8
Additive 3 Additivo 3		18.5	18.1

Tab. 2 - Surface tension reduction of additives based on existing and new technology

Riduzione della tensione superficiale degli additivi basati sulla tecnologia esistente e la nuova tecnologia



odorless, and nearly transparent additives with very low levels of cyclic siloxanes D4, D5, and D6 (each < 0.1%).

Moreover, these new additives contain 100% active substance, and feature strictly di-functional structures with high reactivity.

Reduction of surface tension

Table 2 presents the results of tests of the additives (competitor 1, competitor 2 and additive 3 are based on state-of-the technology whereas the new BYK-UV tape-release additives are manufactures using the new technology) at concentrations of 0.3% and 1%, using the reactive diluent mixture TPGDA/TMPTA (1:1) and HDDA as the test liquids. Surface tension measurements were conducted with a KRÜSS K100 tensiometer, employing the du Noüy ring method. All additives effectively reduced surface tension compared to the control (without additives), demonstrating the strong surface orientation of the polysiloxane-based structures.

Tape release effect

The five different additives were tested at three dosage levels (0.5%, 2%, and 5%) based on the total formulation. A UV-curing overprint varnish (OPV) was selected as the test formulation. Tape release performance was evaluated in accordance with ASTM D3330, where lower force values indicate better release properties. As illustrated in Figure 4, additive 3 exhibited the highest force values at all three dosage levels, indicating the least effective tape release. In contrast, BYK-UV 3595 performed similarly to Competitor 1, while BYK-UV 3590 matched the performance of Competitor 2. Notably, both new BYK-UV tape-release additives exhibited a strong tape release performance, even at the lowest dosage level of 0.5%.

SUMMARY

When developing new silicone surface additives for radiation-curable systems, multiple requirements must be met. Building on its expertise, BYK has introduced two new crosslinkable additives, BYK-UV 3590 and BYK-UV 3595.

These additives are notable for their exceptional tape release properties, high surface slip, and excellent defoaming capabilities in UV printing inks, UV screen inks, and UV OPVs. Both additives are strictly difunctional, minimizing migration after curing and providing long-lasting release properties. Their strong surface orientation significantly reduces surface tension, enhancing flow. In addition, both new BYK-UV tape-release additives are colorless, odorless, and nearly transparent, with very low levels of cyclic siloxanes D4, D5, D6 (each < 0.1%).

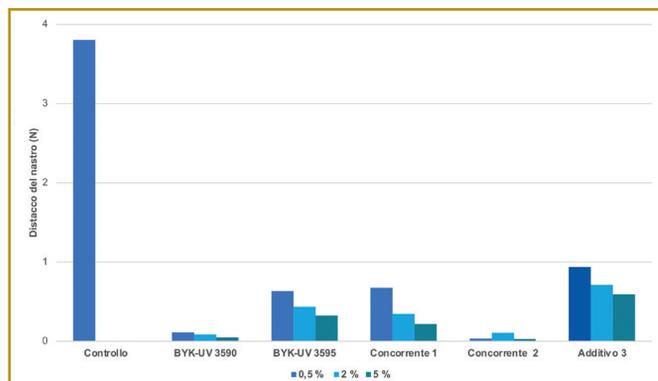


Fig. 4 - Influence of tape release properties of additives based on existing and new technology
Influenza delle proprietà di distacco del nastro degli additivi basati sulle tecnologie: nuova ed esistente

utilizzando la miscela di diluente reattivo TPGDA/TMPTA (1:1) e HDDA come liquidi di prova. Le misurazioni della tensione superficiale sono state condotte con un tensiometro KRÜSS K100, utilizzando il metodo dell'anello di du Noüy. Tutti gli additivi hanno ridotto efficacemente la tensione superficiale rispetto al controllo (privo di additivi), dimostrando il forte orientamento superficiale delle strutture a base di polisilossano.

Effetto di distacco del nastro

I cinque diversi additivi sono stati testati a tre livelli di dosaggio (0,5%, 2% e 5%) in base alla formulazione totale. Come formulazione di prova è stata selezionata una vernice da sovrastampa (OPV) con polimerizzazione UV.

Le prestazioni di distacco del nastro sono state valutate in conformità allo standard ASTM D3330, in cui valori di forza inferiori indicano migliori proprietà di distacco. Come illustrato nella Figura 4, l'additivo 3 presenta i valori di forza più elevati a tutti e tre i livelli di dosaggio, il che è indice di una minore efficacia di distacco del nastro.

Al contrario, BYK-UV 3595 ha ottenuto risultati simili al prodotto concorrente 1, mentre BYK-UV 3590 ha eguagliato le prestazioni del concorrente 2.

In particolare, entrambi i nuovi additivi BYK-UV per il distacco del nastro hanno evidenziato valide prestazioni di distacco del nastro, anche al livello di dosaggio più basso pari a 0,5%.

RIEPILOGO

Quando si sviluppano nuovi additivi di superficie siliconici per sistemi polimerizzabili con radiazioni è necessario soddisfare svariati requisiti. Facendo leva sulla propria esperienza, BYK ha introdotto due nuovi additivi reticolabili: BYK-UV 3590 e BYK-UV 3595.

Questi additivi sono degni di nota per le loro eccezionali proprietà di distacco del nastro, l'elevata scivolosità superficiale e le eccellenti capacità antischiama negli inchiostri da stampa UV, negli inchiostri per serigrafia UV e nelle vernici da sovrastampa UV.

Entrambi gli additivi sono strettamente di-funzionali, il che riduce al minimo la migrazione dopo la polimerizzazione e offre proprietà di distacco di lunga durata. Il forte orientamento superficiale riduce significativamente la tensione superficiale, migliorando il flusso.

Inoltre, entrambi i nuovi additivi per il distacco del nastro BYK-UV sono incolore, inodori e pressoché trasparenti, con livelli molto bassi di silossani ciclici D4, D5 e D6 (ciascuno < 0,1%).