

## Hard and Invisible Nanosilica particle technology in solventborne, high gloss 2-pack PUR clear coats for plastics

■ Marco Heuer, Fabian Eichenberger, Dr. Sascha Herrwerth - Evonik Industries AG



Traditional 2-pack polyurethane technology combined with surface-modified nanosilica particles results in increased scratch and abrasion resistance in transparent, high gloss coatings for plastics<sup>[5]</sup>.

Scratches on the surface of plastics are an every day occurrence and are annoying and often devalue what is frequently a high quality object. Lasting protection against mechanical erosion and retention of the decorative appearance are therefore vitally important. Prime candidates to achieve this are transparent, high-gloss, solventborne 2-pack PUR coating systems for plastic substrates which require scratch resistance. Such coating systems play an important

role in meeting the demand for lasting quality, since high gloss finishes (piano lacquer effect) are increasingly present in our daily lives. Components for automotive interiors, LCD televisions, tablet computers and smart phones are just a few of the products whose appearance has changed from matte to high gloss in recent years.

This article presents an innovative nanosilica particle technology based on a modified sol-gel process. The product used, Nanopol® C 784 from Evonik Industries AG, is a pure, solvent-based 50% w/w nanosilica composite for 2-pack PUR coatings. The advantage of this technology is that the products are easy to handle, can be straightforwardly incorporated into a polyol matrix and can be used in a wide range of applications. This new nanosilica

particle technology can thus be used in conjunction with common binders to develop high gloss, 2-pack PUR clear coats with greatly increased resistance.

### CAUSES AND MEASUREMENT OF ABRASION

In general, abrasion can be defined as the removal of material from a surface, e.g., coatings, plastics, etc. The abrasion is caused by mechanical means such as rubbing or grinding and usually generates very fine particles (dust). In material science, it is more commonly referred to as wear. On high gloss coatings, abrasion is often apparent as scratches which result in partially matte surfaces or a grooved appearance. The previously

orientated reflected light is then partially refracted diffusely (Fig. 1). In the case of matte objects, abrasion leads to breakdown of the micro- and nano-structures on the surface which are perceived by the human eye as specular partial gloss. After the surface is damaged, the previously diffused scattered light is radiated directionally. The degree of abrasion can be determined by various applications-related methods. In the tests described here, methods from the automotive and electronics industries (slightly modified where necessary) were used to assess the abrasion resistance of the surfaces:

- Crockmeter test according to Specification Daimler DBL 7384 ff. (dry abrasion with 9 µm sandpaper)
- Crockmeter test according to Specification VW TL 226 ff. (dry and wet abrasion with cotton fabric)

## Protezione invisibile Vernici poliuretatiche bi-componenti trasparenti a solvente ad elevata brillantezza per materie plastiche, grazie alla tecnologia nano-particellare

■ Marco Heuer, Fabian Eichenberger, Dr. Sascha Herrwerth - Evonik Industries AG

Come migliorare la resistenza al graffio e all'abrasione dei rivestimenti trasparenti ad elevata brillantezza per materie plastiche, combinando particelle di silice nano-particellare con la tecnologia tradizionale poliuretanic bi-componente [5].

I graffi che si formano sulla superficie delle materie plastiche rappresentano un evento tanto frequente quanto fastidioso, con l'aggravante di rovinare per sempre e svalutare oggetti di pregio.

Una duratura protezione contro l'usura che consente il mantenimento dell'originale aspetto è quindi estremamente importante. I sistemi PUR bi-componenti lucidi a solvente sono la scelta primaria per ottenere tale risultato di resistenza all'abrasione. Tali sistemi vernicianti rivestono sempre maggiore importanza nella crescente domanda di protettivi a lunga durata nelle finiture di alto pregio ed elevata brillantezza (effetto specchio), per gli oggetti presenti nella nostra vita quotidiana. Componenti per interni auto, televisori LCD, tablet e smart phone sono solo alcuni

dei prodotti il cui aspetto è cambiato negli ultimi anni da opaco a lucido. Nel presente articolo vi presentiamo un'innovativa tecnologia nano-particellare, basata su un processo sol-gel modificato. Il prodotto utilizzato, Nanopol® C 784 di Evonik Industries AG, è un nanocomposito puro a solvente al 50% p.p. di silice, per rivestimenti PUR bi-componenti. Il vantaggio offerto da questa tecnologia è che i prodotti sono di facile utilizzo e possono essere semplicemente inglobati in una matrice di poliolo ed impiegati in una vasta gamma di applicazioni.

Questa nuova tecnologia a base di silice nano-particellare può inoltre essere usata in combinazione con i più comuni leganti, al fine di sviluppare vernici PUR bi-componenti, trasparenti e ad elevata brillantezza, con una migliorata resistenza.

### CAUSE E SISTEMI DI MISURA DELL'ABRASIONE

In linea generale con il termine abrasione si intende la rimozione di materiale da una superficie come per

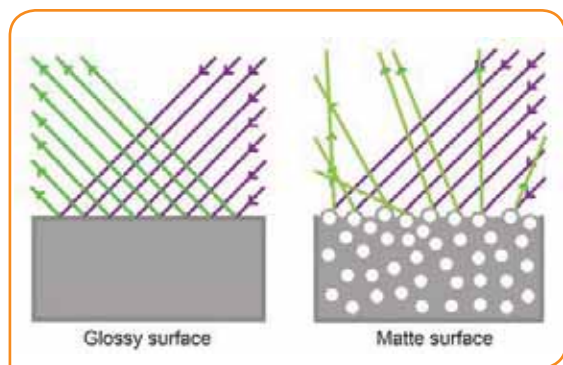


Fig. 1  
Light reflection on  
glossy and matte  
surfaces  
Riflessione della luce  
in superfici lucide e  
opache

- Pencil hardness test according to DIN EN 13523-4:2001.

### CHEMICAL DESCRIPTION OF SILICA-NANOCOMPOSITES

Silica-nanocomposites are manufactured by a "Bottom-Up" process. In the first stage, spherical particles from an aqueous silicate solution (water glass) are grown to the desired size of approximately 20 nm. In the subsequent reaction steps, these particles are surface-modified, purified in a multi-stage process from undesirable ions and byproducts, and transferred into an organic matrix (e.g. resin or solvent) (Fig. 2). This permits the manufacture of transparent, sedimentation-free and low viscosity dispersions of nanosilica in resins or solvents which are extremely easy to use without

In the chosen manufacturing process, the nanosilica particles are present in a liquid matrix. The nanoparticles are thus at no stage present in powder or dust form which could be dangerous if inhaled.

Numerous preliminary tests have shown that a particle size of 20 nm in the silica-nanocomposite is the optimum for filler loading, product

requiring separate dispersing steps.

viscosity, storage stability and transparency in the cured coating. Stokes' law describes the sedimentation rate of spherical bodies in liquids, which is mainly determined by the viscosity of the surrounding liquid, the difference between the densities of the liquid and the particle, and the square of the radius of the particle.

$$v_p = \frac{2 r^2 g (\rho_p - \rho_f)}{9 \eta}$$

$v_p$  – sedimentation rate  
 $g$  – gravitational constant  
 $r$  – radius of the particles  
 $\rho_p$  – density of the particles  
 $\rho_f$  – density of the surrounding liquid  
 $\eta$  – dynamic viscosity of the liquid.

Because the particle diameter is very small (20 nm), the sedimentation rate is dominated by the square of the radius of the particle and the difference in densities and viscosity of the liquid are of secondary importance. The sedimentation rate is thus negligible and no sedimentation occurs during the 12 month shelf life.

The particle size of 20 nm, combined with a very narrow particle size distribution, is important as far as transparency is concerned since slight opalescence of nanosilica particles in an organic matrix is noticeable from approximately 40 to 45 nm<sup>[1]</sup>. As a result of the "Bottom-Up" process, larger particles are not generated during manufacture. These larger particles would cause difficulties, particularly in the application of transparent 2-pack PUR lacquers on black basecoats/substrates to achieve piano lacquer effects. Even slight deviations in particle size towards 40 nm can lead to the so-called "blue shimmer effect." The desired optical depth is then not achieved.

Special surface modification of the nanosilica particles enables a very high affinity between the particles and the surrounding matrix<sup>[2]</sup>. This is a further factor which prevents separation,

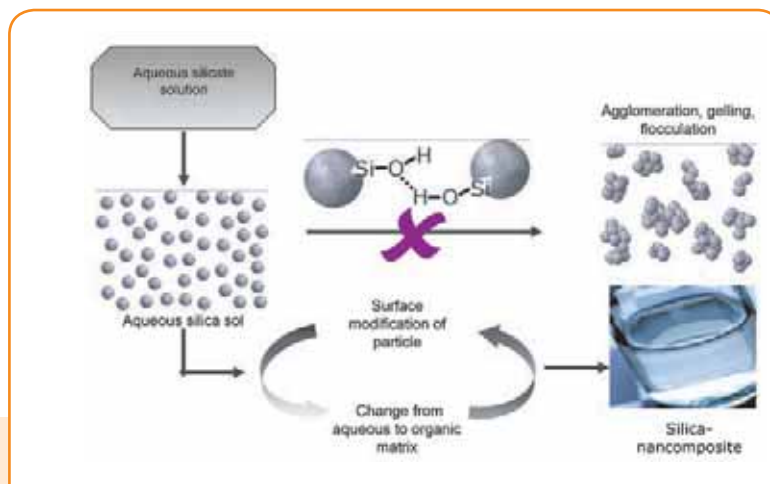


Fig. 2 Manufacture of the silica-nanocomposite  
Produzione di un nanocomposito di silice

esempio vernici, materie plastiche ecc. L'abrasione è causata da mezzi meccanici che agiscono attraverso frizione o sfregamento, generando solitamente particelle molto fini (polveri). Nella scienza dei materiali, essa è più comunemente definita usura.

Nei rivestimenti ad elevata brillantezza, l'abrasione è spesso riconoscibile attraverso una serie di graffi che rendono le superfici parzialmente opache o rigate.

La luce riflessa precedentemente orientata viene quindi parzialmente rifratta diffusamente (Fig. 1).

Nel caso di rivestimenti opachi, l'abrasione porta alla rottura delle micro e delle nano strutture presenti sulla superficie, che vengono percepite dall'occhio umano come una riduzione della brillantezza speculare.

Dopo che la superficie è stata danneggiata, la luce precedentemente diffusa in modo omogeneo viene irradiata

parzialmente direzionata.

Il grado di abrasione può essere determinato attraverso diversi metodi di applicazione correlati.

Nel test qui descritto, sono stati impiegati i metodi delle industrie nel settore automobilistico ed elettronico (leggermente modificate all'occorrenza) per valutare la resistenza all'abrasione delle superfici:

- Crockmeter test secondo specifica Daimler DBL 7384 ff. (abrasione a secco con carta abrasiva, 9 µm)

- Crockmeter test secondo specifica VW TL 226 ff. (abrasione a secco e a umido con tela di cotone)

- Test della durezza della punta di matita secondo norma DIN EN 13523-4:2001.

### DESCRIZIONE CHIMICA DEI NANOCOMPOSITI A BASE DI SILICE

I nanocompositi a base di silice vengono prodotti attraverso un processo "Bottom-Up". Nella prima fase, le particelle sferiche di una soluzione di silicati in acqua (water glass) vengono fatte crescere fino alla dimensione desiderata di circa 20 nm. Nelle fasi successive queste particelle vengono modificate superficialmente, purificate mediante un procedimento multi-fase da ioni e sottoprodotti ed infine trasferite in una matrice organica (ad esempio resina o solvente) (Fig. 2). Questo permette la realizzazione di dispersioni di nanosilice in resina o solvente a bassa viscosità,

trasparenti ed esenti da sedimentazione, che risultano essere estremamente facili da impiegare e non necessitano di essere ulteriormente disperse.

All'interno del processo produttivo prescelto, le particelle di nanosilice sono presenti in una matrice liquida. Le nanoparticelle non sono mai quindi disponibili in forma polvere, in quanto potrebbero essere pericolose se inalate. Diversi test preliminari hanno dimostrato che la dimensione della particella di nanosilice di circa 20 nm è da considerarsi ottimale per ottenere valori ideali di viscosità del prodotto, di stabilità allo stoccaggio e di trasparenza della vernice reticolata.

La legge di Stokes descrive il tasso di sedimentazione di corpi sferici immersi in un liquido, che è determinato principalmente dalla viscosità del liquido circostante, dalla differenza tra la densità del liquido e la particella e dal quadrato del raggio della particella.

aggregate formation, or domain formation by the nanosilica. Rather, the nanosilica particles are statistically distributed in the surrounding binder (Fig. 3)<sup>[3]</sup>. Because of this isotropic distribution, the physical properties of such coatings are independent of dimension. Even if the nanosilica particles are abraded together with the surrounding resin matrix, the underlying remaining coating layer exhibits the same physical resistance as before<sup>[4]</sup>.

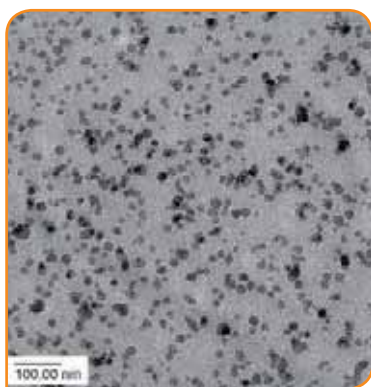


Fig. 3 TEM image of a cured, synthetic, amorphous nanosilica distributed homogeneously in a cured binder matrix

*Immagine TEM della distribuzione omogenea della nanosilice amorfa nella matrice del legante*

### THE TEST FORMULATION

A blend of a polyester polyol (OH content 4.5%) and an acrylic polyol (OH content 4.5%) was chosen as a typical formulation (Fig. 4) to achieve appropriate adhesion on the polycarbonate substrate as well as adequate flexibility of the system to withstand impact or distortion during, for example, curing or thermal expansion of the substrate.

An aliphatic polyisocyanate (HDI basic structure with isocyanurate structures) was chosen as the crosslinking component. To aid leveling, a small amount of a silicone-free flow control agent was added to the formulation.

The nanosilica content was varied over the range 0.5 to 20% w/w of the total solids in the formulation. The network density remained unchanged and the ratio of polyol components and polyisocyanate was identical in all test formulations.

It is advantageous to combine the binder initially with the silica-nanocomposite using slight shear before the other ingredients are gradually stirred into the formulation.

Subsequent “on-top” addition could cause agglomeration phenomena to occur in the nanosilica particles because of changes in polarity. These manifest themselves in turbidity in the liquid matrix or gelling. This is caused if particles are destabilized, e.g., by a “solvent shock,” and generate high mutual forces of attraction and form larger superstructures, particularly in the 45 nm to low micrometer range. Because of the changed refractive index these are visible as a flocculate.

### PRODUCING THE COATING

Application was by doctor blade on a black ABS substrate with identical dry film thickness of 30 to 40 μm. The DIN 4mm flow time for all specimens was very uniform (25 to 27s) and required no adjustment with additional solvent. In contrast to pneumatic spray application, doctor blade application permits very uniform specimen preparation which is less user-dependent. After flash-off for 10 minutes at room

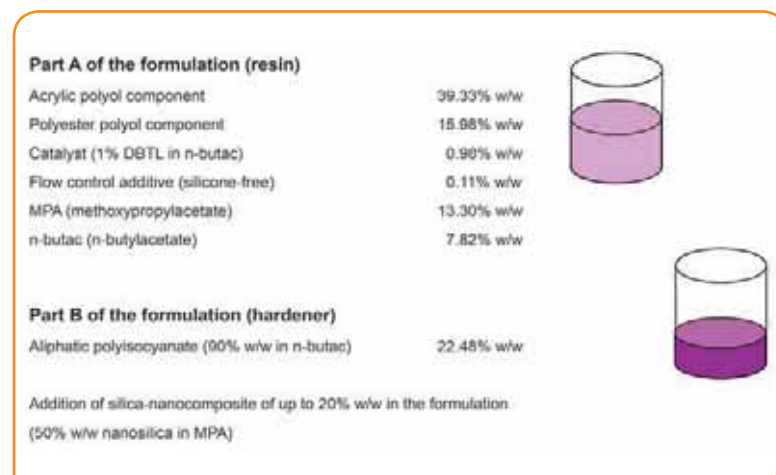


Fig. 4 Test formulation  
*Formulazione per i test*

$$v_p = \frac{2 r^2 g (\rho_p - \rho_f)}{9 \eta}$$

$v_p$  – tasso di sedimentazione

$g$  – costante gravitazionale

$r$  – raggio delle particelle

$\rho_p$  – densità delle particelle

$\rho_f$  – densità del liquido circostante

$\eta$  – viscosità dinamica del liquido.

Poiché il diametro della particella è molto piccolo (20 nm), il tasso di sedimentazione dipende dal quadrato del raggio della particella mentre la differenza tra la densità e la viscosità del liquido sono di secondaria importanza. Il tasso di sedimentazione è quindi di scarsa importanza e nessun episodio di sedimentazione avverrà durante i 12 mesi di vita del prodotto.

La dimensione della particella di 20 nm, combinata con una distribuzione particellare molto limitata, è importante ai

fini della trasparenza in quanto, una leggera opalescenza delle particelle di nanosilice in una matrice organica è riscontrabile dai 40 ai 45 nm<sup>[1]</sup>. Il risultato dello speciale metodo produttivo è che durante tale processo non si generano particelle di grosse dimensioni, le quali causerebbero difetti nell'applicazione di finiture lucide PUR bi-componenti trasparenti per finiture a specchio su substrati pigmentati neri. Anche lievi incrementi nelle dimensioni delle particelle fino ai 40 nm possono causare difetti visivi (blue shimmer), impedendo così il raggiungimento della trasparenza desiderata.

Speciali modifiche superficiali delle particelle di nanosilice permettono una notevole affinità tra le particelle stesse e la matrice circostante<sup>[2]</sup>. Questo aspetto rappresenta un ulteriore fattore che previene la separazione, la formazione di aggregati o agglomerati della silice permettendo una

distribuzione uniforme nel legante circostante delle particelle di nanosilice (Fig. 3)<sup>[3]</sup>. In virtù della distribuzione isotropica e uniforme, le proprietà fisiche di tali vernici sono indipendenti dallo spessore e se le particelle di nanosilice vengono rimosse nell'abrasione degli starti superficiali, il risultante strato di vernice rimanente mostra le medesime resistenze fisiche ottenute in precedenza.

### LA FORMULAZIONE PER I TEST

La miscela di un poliolo poliesterico (contenuto di OH 4,5%) e un poliolo acrilico (contenuto di OH 4,5%) è stata scelta come formulazione prova (Fig. 4) per ottenere un'adesione appropriata su un substrato di policarbonato, nonché un'adeguata flessibilità del sistema per sopportare urti o deformazioni durante, ad esempio, espansione termica

o polimerizzazione del substrato. Un poliisocianato alifatico (struttura di base HDI) è stato scelto come componente reticolante. Per favorire il livellamento, alla formulazione è stato aggiunto una piccola quantità di un agente distendente esente da silicone. La nanosilice è stata testata in dosaggi dallo 0,5 al 20% p.p. dei solidi totali nella formulazione. Il rapporto di catalisi tra componente poliolo e poliisocianato è rimasta invariata in tutte le formulazioni di prova.

Per evitare spiacevoli fenomeni di agglomerazione tra le particelle di nanosilice causati dai cambiamenti di polarità è consigliato combinare inizialmente il legante con il nanocomposito, agitando con basse forze di taglio ed aggiungere poi gradualmente gli altri ingredienti della formulazione. Questi fenomeni possono manifestarsi con torbidità nel liquido matrice o gelificazione e ciò si verifica se le particelle

temperature, curing is carried out for 30 minutes at 80°C in a circulating air oven. Subsequently, the specimens were aged for a week at room temperature before being subjected to scratch and abrasion tests. This ageing significantly increases the network density (asymptotic crosslinking) of 2-pack PUR materials after the time in the oven. A cross-hatch adhesion test with adhesive tape pull-off yielded no negative results. The results were assessed as GT 0 on all coated ABS panels independent of the nanosilica content.

### VOC

The use of nanosilica particles enables the solids content to be increased without markedly changing viscosity behavior. In this special case, the solids can be increased by substitution of n-butylacetate by the n-butylacetate-containing silica-nanocomposite by up to 10% of the ready-to-use clearcoat. With 50% w/w nanosilica, this composite exhibits a higher non-volatile content compared to the residual formulation. In VOC sensitive areas, such as industry, this is a potential alternative for lowering solvent content in 2-pack PUR clearcoats

without disadvantages such as impaired transparency or orange peel caused due flow issues.

### CONDENSATION WATER TEST

The effect of condensation on a surface is investigated using the critical condensation water test to DIN 50017 which is carried out at 40°C in an atmosphere of saturated water vapor. Persistent exposure of coating surfaces to water can lead to penetration and infiltration of water molecules into the coating matrix evidenced by various amounts and sizes of blisters. After a 1000 h immersion, the specimens showed no differences. All coated materials exhibited good resistance with a degree of blistering of m0g0. Adhesion after the condensation water test was also unaffected. Cross-hatch tests with subsequent adhesive tape pull-off exhibited a value of GT 0 on all coated ABS panels.

### TEST RESULTS

The Crockmeter abrasion tests according to Daimler Supplier Specification DBL 7384 FF. showed that the

*sono destabilizzate, per effetto ad esempio di un "solvent shock", che genera elevate forze di attrazione reciproche fra le particelle formando grandi sovrastrutture, di dimensioni superiori a 45 nm fino a qualche micron. A causa dell'indice di rifrazione modificato, queste si presentano in forma di flocculati.*

*permette l'applicazione di uno spessore di vernice molto uniforme del campione e non influenzabile dall'operatore.*

*Dopo appassimento a temperatura ambiente per 10 minuti, la reticolazione avviene per 30 minuti a 80° C in un forno a ricircolo d'aria. Successivamente, i campioni sono stati invecchiati per una settimana a temperatura ambiente prima di essere sottoposti ai test di resistenza al grafio e all'abrasione. Questo invecchiamento aumenta significativamente la densità del sistema (reticolazione asintotica) dei materiali PUR bicomponenti precedentemente sottoposti ad asciugatura a forno.*

*Il test di adesione mediante quadretatura e strappo con nastro adesivo non ha dato risultati negativi.*

*Tutti i pannelli di ABS verniciato sono stati valutati come GT 0, indipendentemente dal contenuto di nanosilice.*

### APPLICAZIONE DELLA VERNICE

Abbiamo applicato le vernici su un substrato di ABS nero tramite uno stendifilm automatico con spessore del film secco pari a 30-40 µm. Avendo tutti i campioni mostrato una viscosità uniforme, da 25 a 27 secondi con Tazza Ford 4mm (norma DIN) non è stata richiesta alcuna regolazione supplementare con solvente. A differenza dell'applicazione a spruzzo pneumatico, questo metodo

resistance of the lacquered surfaces increased with increasing nanosilica content in the formulation up to 110% (Fig. 5). In the results from the Crockmeter test according to VW TL 226 FF. the deviation could be improved significantly by 1.5 units on the grey scale (Fig.

6). The pencil hardness test according to DIN EN 13523-4:2001 also showed an increase of up to 2 units (Fig. 7). For the various nanosilica contents in the cured formulations, no differences in transparency, gloss or haze was detected.

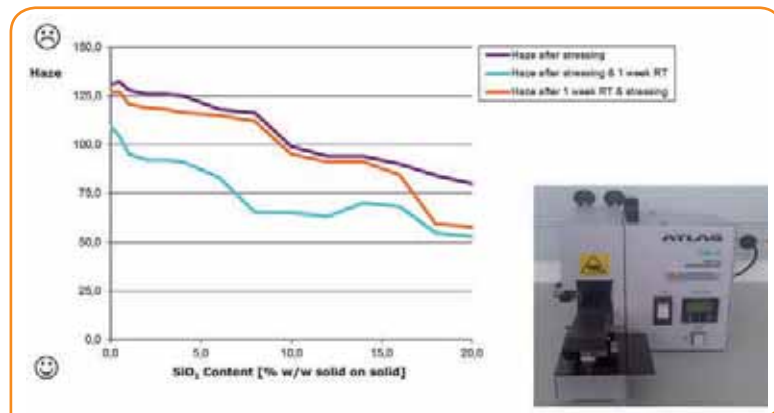


Fig. 5 Crockmeter test - Daimler Spec. Dry scratch resistance can be increased by up to 110% Crockmeter test - Daimler Spec. La resistenza dell'abrasione a secco può incrementare fino al 110%

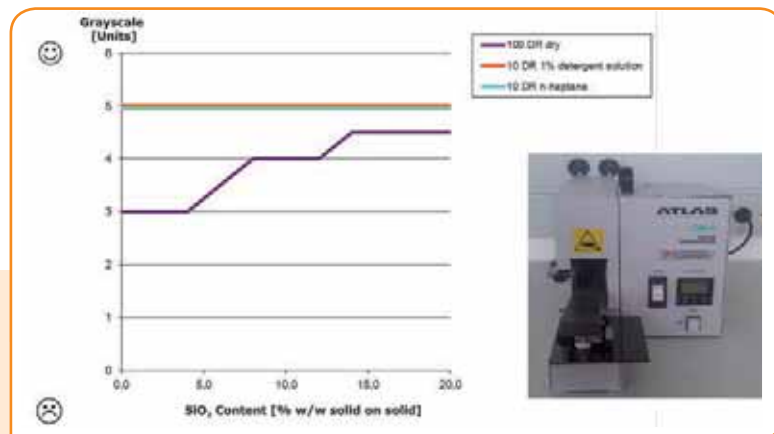


Fig. 6 Crockmeter Test - VW Spec. Grayscale can be increased by up to 1.5 units Crockmeter Test - VW Spec. Grayscale: incremento possibile di 1.5 unità

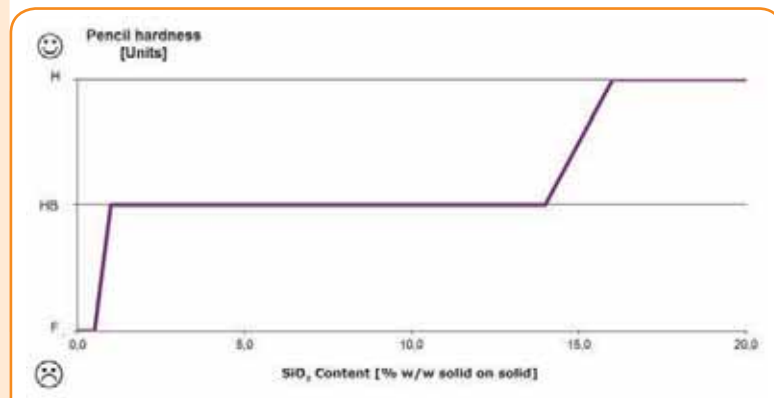


Fig. 7 Pencil hardness test - Pencil hardness can be increased by up to 2 units Pencil hardness test - La durezza alla matita può aumentare fino a 2 unità

## CONCLUSIONS

The use of the silica-nanocomposite technology described above enables the scratch and abrasion resistance and the hardness of solventborne 2-pack PUR coatings to be increased by up to 110%.

As a rule, 5 to 10% w/w in a formulation suffices to achieve these advantages without impairing the transparency, gloss, resistance in the

condensation water test and adhesion of the coating. It is also possible to increase the total solids content of the solventborne system which is advantageous in terms of VOC regulations. The use of nanosilica particles therefore enables the abrasion resistance of solventborne, high gloss, 2-pack PUR clearcoats to be significantly and sustainably improved without impairing other properties.

## REFERENCES

- [1] C. Vu, O. LaFerté, A. Eranian, European Coatings Journal 2002(1-2), 64.
- [2] L. N. Lewis, D. Katsamberis, J. Appl. Polym. Sci. 1991, 42, 1551.
- [3] J. Adam, T. Adebahr, M. Pylrik, C. Roscher, R. Wiczorreck, C. Eger (hanse chemie AG), EP 1 366 112 B1, 2002
- [4] C. Roscher, European Coatings Journal 2003(4), 138.
- [5] M. Heuer, F. Eichenberger, S. Herrwerth, Farbe und Lack 2013(10), 26.

## RESULTS AT A GLANCE

- Nanosilica particles can be easily incorporated in high gloss 2-pack PUR clearcoats without impairing transparency
- Abrasion tests show that nanosilica particles in 2-pack PUR clearcoats can lead to improvements of 110%
- In network meshes, the nanosilica particles arrange themselves statistically and ensure a durable barrier effect against mechanical and chemical effects.

## VOC

L'uso di particelle di nanosilice permette un incremento del residuo secco, senza modificare in modo significativo la viscosità del sistema. Nel caso specifico, il contenuto solido può essere aumentato mediante sostituzione di n-butylacetato con una soluzione di nanocompositi a base di silice in n-butylacetato, fino al 10% della vernice trasparente pronta all'uso. Con il 50% p.p. di nanosilice, questa sostituzione mostra un più elevato contenuto non volatile rispetto alla formulazione iniziale. Nei settori in cui il VOC riveste un ruolo importante, come quello delle vernici per industria, questa è una possibile alternativa per ridurre la quantità di solvente contenuto nelle vernici trasparenti PUR bicomponenti, senza svantaggi quali una diminuita trasparenza o l'effetto buccia d'arancia causati da problemi di livellamento della vernice.

condizioni critiche secondo norma DIN 50017, effettuato a 40°C in ambiente di vapore acqueo saturo. L'esposizione continua all'acqua delle superfici del rivestimento può portare alla penetrazione ed infiltrazione delle molecole d'acqua nella matrice del rivestimento, fenomeno evidenziato dalla presenza di molteplici bolle di diverse dimensioni. Dopo un'esposizione della durata di 1000 h, i campioni non hanno evidenziato alcuna differenza. Tutti i materiali rivestiti hanno mostrato buona resistenza con un grado di rigonfiamento e distacco di m0g0. Anche l'adesione, dopo il test di resistenza all'umidità, è rimasta inalterata. Il test di adesione mediante quadrettatura e strappo con nastro adesivo ha fornito un valore GT 0 su tutti i pannelli ABS rivestiti.

risultati del test Crockmeter secondo specifica VW TL 226 FF, la deviazione potrebbe essere significativamente migliorata di 1,5 unità sulla scala dei grigi (Fig. 6). Il test della durezza della punta di matita, secondo norma DIN EN 13523-4: 2001, ha mostrato inoltre un aumento fino a 2 unità (Fig. 7). Il film essiccato, anche a diversi dosaggi di nanosilice, non ha mostrato alcuna differenza di aspetto, trasparenza, brillantezza e torbidità.

## CONCLUSIONI

L'uso in vernici PUR bicomponenti a solvente della tecnologia nanoparticellare sopra descritta, conferisce un incremento fino al 110% della resistenza al graffio, all'abrasione e della durezza delle vernici stesse. Come regola generale, un contenuto di 5-10% p.p. all'interno di una formulazione è sufficiente per ottenere questi vantaggi senza compromettere trasparenza, brillantezza, resistenza all'umidità e adesione al substrato. È inoltre possibile ottenere un aumento del contenuto di solidi totali del sistema a solvente,

## RISULTATI DEL TEST

I test di abrasione Crockmeter secondo specifica Daimler DBL 7384 FF hanno evidenziato che la resistenza delle superfici trattate aumenta con l'incremento del contenuto di nanosilice nella formulazione fino al 110% (Fig. 5). Nei

## RISULTATI IN EVIDENZA

- Le particelle di nanosilice possono essere facilmente incorporate nelle vernici PUR bicomponenti trasparenti ad elevata brillantezza, senza comprometterne la trasparenza.
- I test di resistenza all'abrasione mostrano che le particelle di nanosilice nelle vernici PUR trasparenti bicomponenti sono in grado di conferire miglioramenti del 110%
- Nel reticolo della vernice, le particelle di nanosilice si distribuiscono statisticamente conferendo un persistente effetto barriera, garantendo così durature resistenze chimiche e meccaniche.

ulteriore vantaggio anche ai fini della conformità alle normative VOC.

L'uso di particelle di nanosilice permette di migliorare significativamente ed in modo sostenibile la resistenza all'abrasione delle vernici trasparenti PUR bicomponenti a base solvente ad elevata brillantezza, senza pregiudicare altre proprietà.

## TEST DI RESISTENZA ALL'UMIDITÀ

L'effetto della condensazione su una superficie è stato analizzato attraverso il test della resistenza all'umidità in

## curriculum vitae

**Marco Heuer** studied chemistry and coatings technology at the University of Paderborn and completed his chemical engineering degree in 1995. After several years in the paint industry, he joined Nanoresins AG and Hanse-Chemie AG in Geesthacht in 2006 which were acquired by Evonik Industries AG in 2011. Since May of 2011, Marco has served as Senior Technical Service Manager for the Nanoresins segment in the Coatings & Additives Business Unit.

*Marco Heuer ha studiato chimica e tecnologia dei rivestimenti presso l'Università di Paderborn dove ha conseguito la laurea in ingegneria chimica nel 1995. Dopo aver lavorato per diversi anni nel settore delle vernici, nel 2006 è diventato parte dell'organico di Nanoresins AG e Hanse-Chemie AG a Geesthacht (D), acquisite nel 2011 da Evonik Industries AG.*

*Da maggio 2011 Marco lavora come Senior Technical Service Manager per il settore nanoresine della BU Coatings & Additives.*

**Dr. Sascha Herrwerth** studied chemistry at the Ruprecht-Karls University of Heidelberg and at the University of Bristol. He received his doctorate in 2002 in Heidelberg for "Oligoether-terminated self-aggregating monolayers on gold and silver." In 2003, Sascha joined Evonik Industries AG and since 2011 has been Head of Technical Service Specialty Resins in the Coatings & Additives Business Unit.

*Dr. Sascha Herrwerth ha studiato chimica all'Università Ruprecht-Karls di Heidelberg e all'Università di Bristol. Nel 2002 ha conseguito il dottorato in "Oligoether-terminated self-aggregating monolayers on gold and silver".*

*Nel 2003 Sascha è entrato a far parte di Evonik Industries AG. Dal 2011 è responsabile del Servizio Tecnico Resine Speciali della BU Coatings & Additives.*

**Fabian Eichenberger** studied bio- and nanotechnologies at the South Westphalia University of Applied Sciences where he graduated as a Diplom-Ingenieur (FH) in 2009. After working for two years in the paint industry in the R&D department of a manufacturer of automotive finishes, Fabian joined Evonik Industries AG in 2011. He currently serves as Technical Service Manager for the Nanoresins Product Group.

*Fabian Eichenberger ha studiato bio e nanotecnologia presso l'Università di Scienza Applicate Sud Westfalia dove ha conseguito il diploma in ingegneria (FH) nel 2009. Dopo aver lavorato per due anni nel settore delle vernici presso il settore R&D di un'azienda produttrice di finiture per carrozzeria, nel 2011 Fabian è approdato in Evonik Industries AG, dove attualmente ricopre il ruolo di responsabile del servizio tecnico dei prodotti della gamma Nanoresins.*