

TiO₂: A critical ingredient for producing super durable coatings in today's high-pressure market

Mike Diebold, Technical Fellow, and Steven De Backer - The CHEMOURS Company

Today's paint producers and formulators creating durable coatings for industrial applications are under more pressure than ever before. On one hand, their customers are demanding high-quality coatings options that provide maximum protection from the growing frequency and severity of bad weather, such as soaring temperatures, harsh UV rays, and other severe conditions. At the same time, many critical applications also demand greater efficiency via longer-lasting, more durable coatings that increase the length of service before recoating and reduce material and labor costs. Compounding these issues is the fact that formulators are simultaneously being asked to help companies find ways to achieve ambitious sustainability goals. With aggressive timelines to reduce carbon emissions set by European regulators, there's been a wave of activity and innovation across all sectors, including building and construction, transportation, and manufacturing, to find new ways to reach carbon neutrality by 2050. These conditions reinforce the need for highly durable coatings that can better protect assets, promote longer service life, lower maintenance costs, and create advancements that lead to more sustainable solutions. For paint formulators seeking super durable coatings that will help meet the cost, quality, and sustainability goals of their customers' most demanding and critical applications, it is important that they not underestimate the degree to which all the ingredients work together to achieve the optimal level of a paint's performance. As such, having a full understanding of titanium dioxide's (TiO₂) role and impact on other key ingredients within super durable coatings is essential to meeting these growing customer needs. With this understanding, formulators can better avoid pitfalls that can degrade the quality of their products and rest assured their products offer the highest levels of reliability, leading to greater performance, durability, and peace of mind.

TiO₂: componente critico per la produzione di rivestimenti superdurevoli in un mercato "sotto pressione"

Gli odierni produttori e formulatori di pitture che realizzano rivestimenti durevoli per applicazioni industriali sono attualmente "sotto pressione" più che mai. Da una parte, la clientela richiede rivestimenti di alta qualità che forniscano protezione massima dal possibile danneggiamento di eventi climatici molto severi e frequenti, come temperature massime, raggi UV molto intensi e altre condizioni critiche. Nello stesso tempo, molte applicazioni difficili, richiedono anch'esse una superiore efficienza con l'uso di rivestimenti più durevoli e resistenti che ne allungano la vita utile prima di eseguire nuove operazioni di riverniciatura, riducendo in questo modo anche i costi del materiale e della manodopera. Detto questo, emerge che ai formulatori è richiesto di aiutare le aziende a trovare nuove modalità per raggiungere l'obiettivo ambizioso della sostenibilità. Con scadenze sempre più ravvicinate, per ridurre le emissioni di carbonio, come stabilito dai legislatori europei, sono in corso attività innovative in tutti i settori, fra cui quelli dell'edilizia e delle costruzioni, del trasporto e della produzione in generale, per raggiungere l'obiettivo della neutralità del carbonio entro il 2050. Queste condizioni rafforzano l'esigenza di disporre di rivestimenti durevoli nel tempo che siano in grado di proteggere i beni, allungandone la vita utile, riducendone i costi di manutenzione e promuovendo progressi da cui derivino soluzioni più sostenibili. Per i formulatori di pitture alla ricerca di rivestimenti superdurevoli che soddisfino le esigenze della clientela in quanto a costi, qualità e sostenibilità nelle applicazioni più critiche e laboriose, è importante che essi non sottovalutino il grado di efficacia raggiungibile da tutti i componenti coinvolti, nell'intento di raggiungere il livello prestazionale ottimale della pittura. A tal riguardo è molto importante possedere conoscenze approfondite del ruolo del biossido di titanio (TiO₂) e il relativo impatto su altri componenti chiave dei rivestimenti superdurevoli, per soddisfare al meglio le crescenti esigenze della clientela. Dati questi presupposti, i formulatori potranno evitare quei "tranelli" che potrebbero

THE COMPLEX NATURE OF DURABILITY

Formulating a highly durable paint is far from simple. One key to achieving superior durability lies in the resin chemistry, but resins boasting superior weathering resistance and performance come at a premium. While that's not exactly news to



formulators, many underestimate how much the effectiveness of this critical and expensive ingredient can be diminished without the right selection of other ingredients, like TiO_2 . After resin, TiO_2 is the second greatest contributor to a highly durable coating. TiO_2 has two opposing effects on paint durability, both of which are due to its very high UV light absorption efficiency. The first effect has to do with what happens when the resin is exposed to the high energy of UV light. Most resins will degrade through the absorption of UV light photons. These photons are energetic enough to break chemical bonds in the resin and initiate changes in both appearance and physical performance (for example, peeling). One option formulators have to lessen the damage from UV light is to

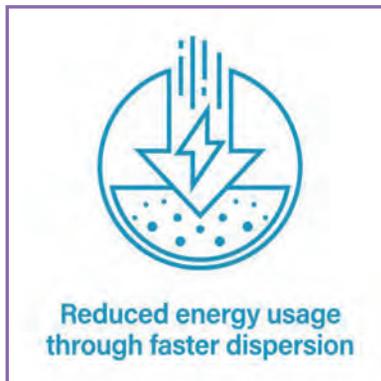
deteriorare la qualità dei loro prodotti e avere garanzie sull'offerta dei livelli massimi di affidabilità grazie a cui ottenere superiori prestazioni, durabilità e serenità.

LA NATURA COMPLESSA DELLA DURABILITÀ

Formulare una pittura superdurevole non è affatto un compito semplice. Uno degli aspetti chiave per ottenere una superiore durabilità è il processo chimico della resina, ma in primo piano vengono poste le

resine dotate di superiore resistenza agli agenti atmosferici e di alta prestazione. Se è vero che non vi è niente di nuovo per i formulatori in quanto appena affermato, molti di questi sottovalutano in quale misura l'efficacia di questo ingrediente tanto dispendioso quanto importante possa diminuire se non si scelgono correttamente altri componenti, ad esempio il TiO_2 . Dopo la resina, il TiO_2 è il secondo materiale che più contribuisce a rendere il rivestimento durevole nel tempo. Questo stesso produce due effetti opposti sulla durabilità della pittura ed entrambi sono dovuti all'alta efficacia di assorbimento dei raggi UV. Il primo effetto ha a che vedere con quel che avviene quando la resina è esposta all'alta energia della luce UV. La maggior parte delle resine degrada con l'assorbimento

add UV light absorbers to the paint. The drawback is that these materials tend to be costly, and the levels at which they are added to paints tends to be limited by these costs. Thankfully, TiO₂ also absorbs UV light, and in fact is such a strong absorber that essentially all the UV radiation in



sunlight is removed after striking a single 0.25-micron TiO₂ particle. This provides protection from UV degradation to the underlying resin molecules. The ability of TiO₂ to protect paints is determined primarily by how well it is dispersed in the film, with good dispersion giving higher paint durability. Therefore, formulators should partner with a TiO₂ manufacturer that can produce a pigment that disperses easily and completely for durable paint applications. The second impact of TiO₂ on durability has to do with what happens after a TiO₂ particle absorbs a UV light photon. Since energy must be conserved, the energy of the UV photon must be transformed to another form of energy. In the vast majority of UV light absorption events, the energy absorbed by the TiO₂ is changed into heat, and the film gets warmer. However, the UV light energy is sometimes changed into chemical energy in the form of chemical radicals. These radicals form on the TiO₂ surface, but are mobile enough to travel to resin molecules, where they initiate a series of degradation reactions that ultimately lead to film failure.

dei fotoni della luce UV. Questi fotoni producono energia sufficiente a rompere i legami chimici nella resina e a dar luogo ai cambiamenti dell'aspetto e della prestazione fisica (ad esempio pelatura). Una possibilità per il formulatore di ridurre il danneggiamento dai raggi UV è quella di aggiungere nella pittura gli assorbitori della luce UV. La controindicazione è che questi materiali tendono ad essere costosi e le quantità da aggiungere alle pitture tendono a essere limitate proprio in ragione dei costi. Fortunatamente, il TiO₂ assorbe anche la luce UV, ed è talmente efficace che tutte le radiazioni UV della luce solare vengono eliminate dopo l'impatto di una particella di TiO₂ da 0,25 micron. Tutto questo fornisce protezione dal deterioramento da UV alle molecole della resina sottostante. La capacità del TiO₂ di proteggere le pitture è determinata principalmente dalla qualità della sua dispersione nel film, infatti una buona dispersione equivale ad una superiore durabilità della pittura. Di conseguenza, i formulatori dovrebbero cooperare con i produttori di TiO₂ per produrre un pigmento che si disperda facilmente e completamente per applicazioni di pitture durevoli nel tempo. Il secondo impatto del TiO₂ sulla durabilità si riferisce al momento successivo all'assorbimento del fotone della luce UV da parte della particella di TiO₂. Dal momento che l'energia deve essere conservata, l'energia del fotone UV deve essere trasformata in un'altra forma di energia. Nella maggioranza dei casi in cui la luce UV viene assorbita, l'energia assorbita dal TiO₂ si trasforma in calore e il film si surriscalda. Tuttavia, a volte l'energia della luce UV si trasforma in energia chimica, nella forma di radicali chimici. Questi radicali si formano sulla superficie del TiO₂, ma sono mobili abbastanza da migrare nelle molecole della resina, dove danno inizio a una serie di reazioni di degradazione che causano infine il deterioramento del film.

Fortunatamente, il grado di formazione dei radicali e dell'attacco alla resina non è il medesimo in tutte le varianti di TiO₂. Le tipologie più durevoli presentano sulla loro superficie uno strato di silice, solo o combinato con altri materiali che previene la formazione di questi radicali. Lo strato di silice viene applicato dal produttore di TiO₂ durante il processo produttivo del pigmento. La presenza di diverse varianti di TiO₂ con gradi differenti di formazione del radicale è testimoniata dall'etichettatura dei diversi TiO₂ che riportano la frase "non durevole", "durevole" o "superdurevole". E' bene osservare che

queste frasi non si riferiscono al pigmento stesso – il TiO₂ è ruggine del metallo titanio e in quanto tale è termodinamicamente stabile – ma all'effetto che la variante di TiO₂ ha sulla durabilità del film.

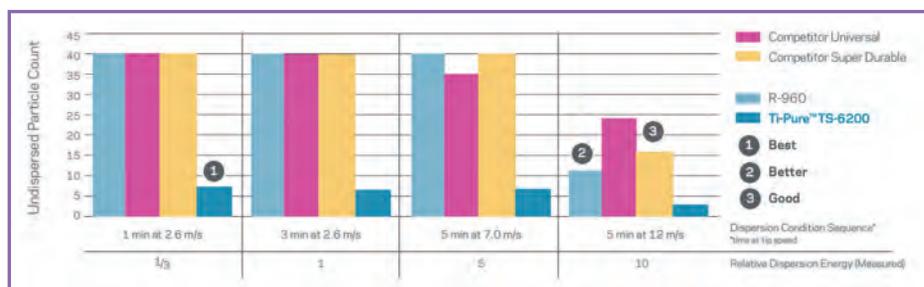


Fig. 3 Ti-Pure™ TS-6200 Disperses Easily – Saving Time and Energy
Oi Ti-Pure™ TS-6200 è facilmente disperdibile e si può risparmiare tempo ed energia

Luckily, the rate at which radicals form and attack the resin is not the same for all grades of TiO₂. Super durable grades have a layer of silica, alone or in combination with other materials, on their surface that prevents these radicals from forming. This silica layer is applied by the TiO₂ manufacturer during production of the pigment. The fact that different grades of TiO₂ have different radical formation rates is reflected by the labeling of TiO₂ grades

CRITERI DI SCELTA DEL PIGMENTO SUPERDUREVOLE APPROPRIATO DA PARTE DEI FORMULATORI DI PITTURE
 Dal momento che i legislatori e gli utilizzatori avanzano richieste

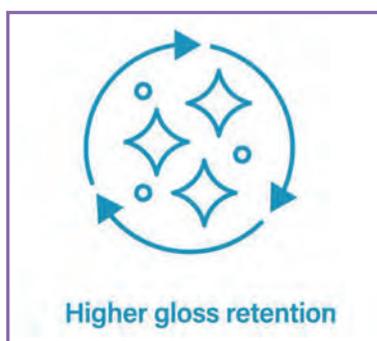
as being “non-durable,” “durable,” or “super durable.” Note that these designations do not apply to the pigment itself — TiO_2 is titanium metal rust and as such is thermodynamically stable — but rather to the effect that the TiO_2 grade has on film durability.



HOW PAINT FORMULATORS CAN CHOOSE THE RIGHT SUPER DURABLE PIGMENT

As consumers and regulators demand more from their architectural paints, pigment producers have responded in kind. Durable pigments are available in two broad categories. The first consists of more traditional grades, like Chemours' Ti-Pure™ R-960, which has provided well-known, consistent performance for more than 50 years. Traditional grades achieve their durability by greatly slowing the rate at which radicals form. Paint formulators are generally quite familiar with these grades and the durability performance they provide. The second type of super durable pigments are more contemporary grades, such as Chemours' Ti-Pure™ TS-6200 that, in addition to retarding the rate of radical formation, also provide the added value of easier and more complete dispersion. As mentioned above, well dispersed TiO_2 particles offer the best protection for resin from UV light. This two-pronged strategy — better dispersion and lower radical formation rates — provides a high level of durability, particularly with regard to gloss retention. These grades also have the advantage of being faster and easier to process, since they have been designed to disperse easily and completely. In general, the more contemporary TiO_2 super durable grades are gaining widespread acceptance in the industry. This is especially relevant for applications that require excellent gloss retention, since, all else being equal, well-dispersed TiO_2 particles have a higher gloss (and gloss retention) than poorly dispersed particles.

When seeking a coating that can provide all the benefits discussed above, formulators have a choice of ingredients to make when developing a new super durable paint or modifying a legacy one. The first choice is the correct resin, and super durable paints must use highly durable resin. Since these resins tend to be quite costly compared to their low durability counterparts, it is essential that the formulator select the other ingredients in a way that maximizes the durability performance and value of the resin.



specifiche in merito alle pitture decorative, i produttori di pigmenti hanno risposto a questa esigenza. I pigmenti durevoli sono disponibili in due grandi categorie. La prima è costituita da varianti più tradizionali, come Ti-Pure™ R-960 di Chemours, che offre prestazioni note e consolidate da più di 50 anni. Le varianti tradizionali raggiungono un alto grado di durabilità rallentando la formazione dei radicali. I formulatori di pitture hanno familiarità con queste varianti e con la durabilità di cui constano.

La seconda tipologia di pigmenti superdurevoli è più moderna, denominata Ti-Pure™ TS-6200, che, oltre a ritardare la formazione del radicale, dà anche il valore aggiunto di una dispersione più completa e semplice. Come detto sopra, le particelle di TiO_2 disperse offrono la migliore protezione alla resina dai raggi UV.

Questa strategia a doppio effetto, migliore dispersione e minore formazione di radicale, fornisce un alto grado di durabilità, in particolare per quanto concerne la conservazione della brillantezza. Queste varianti offrono anche il vantaggio di agire secondo un processo più veloce e più semplice, dal momento che sono state sviluppate per disperdersi completamente e agevolmente. In generale, le tipologie moderne di TiO_2 superdurevoli stanno raccogliendo consensi in ambito industriale. Ciò vale in particolare per applicazioni che richiedono un'eccellente ritenzione della brillantezza, dal momento che tutte le particelle di TiO_2 ugualmente ben disperse presentano una superiore brillantezza (e ritenzione della stessa) rispetto alle particelle disperse in modo inappropriato.

Quando si è alla ricerca di un rivestimento in grado di fornire tutti i vantaggi discussi in questo articolo, i formulatori possono scegliere gli ingredienti idonei a sviluppare una nuova pittura superdurevole oppure adatti a modificare le versioni precedenti. Il primo oggetto di scelta è la resina corretta e le pitture superdurevoli devono contenere resine durevoli nel tempo. Dal momento che queste resine tendono ad essere abbastanza costose rispetto alle controparti a durabilità inferiore, è molto importante che il formulatore selezioni gli altri ingredienti in modo da massimizzare le durabilità e il valore della resina. La scelta della variante TiO_2 adatta, superdurevole è fondamentale nel prendere la decisione e a tal proposito i formulatori hanno la possibilità di usare le tipologie di TiO_2 tradizionali o quelle più moderne e avanzate

che associano in sé un'incidenza inferiore di formazione del radicale e un grado elevato di disperdibilità.

LA DURABILITÀ E IL PERCORSO VERSO UNA SUPERIORE SOSTENIBILITÀ

La clientela domanda sempre di più ai formulatori di pitture prodotti che li aiutino a raggiungere gli obiettivi che si sono prefissati in materia di sostenibilità. Una possibilità è la fabbricazione di prodotti di alta prestazione, più durevoli nel

Selecting the proper super durable TiO₂ grade is a critical aspect of this decision, and in this regard, formulators have the option of using familiar, traditional TiO₂ grades or newer, more advanced TiO₂ grades that combine low radical formation rates and a high degree of dispersibility.

DURABILITY AND THE PATH TOWARD GREATER SUSTAINABILITY

Customers are increasingly asking paint formulators for products that will help them reach their sustainability goals. One option is to produce higher-performing, more durable products that require less material to achieve peak results and coverage and increase an application's length of service, thus reducing maintenance costs and materials in the long-term. Choosing the right TiO₂ grade for your super durable formulation can help you reach your and your customers' sustainability goals in the following ways:

- Decreased dispersant cost: Using the highest quality TiO₂ grades can impact the amount of dispersant needed in the product formulation. This is because higher grades enable much faster dispersion. For example, compared to other super-durable TiO₂ pigments, Ti-Pure™ TS-6200 requires 50% to 75% less dispersant, thus cutting down on the amount of materials required to produce the end product.
- Reduced energy usage through faster dispersion: Because of their efficient dispersion, high-quality TiO₂ grades, like Ti-Pure™ TS-6200, also enable a faster, lower energy grind. This reduction in grind time and elimination of unneeded milling operations can lower energy, operations, and maintenance costs by up to 1.1 euro cents/kilogram of pigment. And, through its advantages of more rapid grind-in, fewer grind steps, and flexibility to be formulated at higher solids grind base, Ti-Pure™ TS-6200 offers an extremely cost-effective means of increasing capacity at rate restricted coatings manufacturing facilities.
- Higher gloss retention: Exposed paints lose gloss because resin degradation roughens the paint film surface. Using high-quality TiO₂ grades can reduce the need to repaint down the line and cut back on the total materials needed to keep assets and equipment sufficiently coated. Further, the Ti-Pure™ TS-6200 surface is specially coated with two proprietary oxides that greatly minimize the rate of surface roughening.

Whether via pressures from regulators, customers, or the environment, the demands of super durable coatings continue to increase. Understanding the impact of your TiO₂ selection within your manufacturing process and formulation performance will help you to gain full product advantage.

LEVERAGING A SYSTEMS APPROACH FOR OPTIMAL RESULTS

Procuring highly durable coatings is a complicated process that requires close attention to the materials and processes used in the

tempo e che richiedano l'utilizzo di quantità inferiori di materiali per ottenere massimi risultati, copertura e allungamento della vita utile dell'applicazione, riducendo così i costi di manutenzione e materiale a lungo termine.

Scegliere la variante corretta di TiO₂ per la formulazione superdurevole può aiutare a raggiungere gli obiettivi della sostenibilità per sé e per la clientela nel seguente modo:

- *Ridurre i costi della dispersione: l'utilizzo delle varianti di TiO₂ di massima qualità può influire sulla quantità di disperdente richiesta nella formulazione del prodotto. Ciò perché varianti superiori permettono di eseguire dispersioni più veloci. Ad esempio, nel confronto con altri pigmenti TiO₂ superdurevoli, Ti-Pure™ TS-6200 richiede dal 50% al 75% in meno di disperdente, riducendo in questo modo la quantità di materiali richiesti per realizzare il prodotto finito.*
- *Ridurre l'uso di energia grazie ad una dispersione più veloce: grazie alla loro efficacia di dispersione, le varianti di TiO₂ di alta qualità, come Ti-Pure™ TS-6200, consentono operazioni di macinazione più veloci con quantità di energia inferiori. Questa riduzione dei tempi di macinazione e la rimozione di interventi nel mulino non necessari possono diminuire i costi energetici, degli interventi e di manutenzione fino a 1,1 euro cent/chilogrammo di pigmento; inoltre, grazie al vantaggio di un'operazione più veloce, di un numero inferiore di fasi di lavoro e della flessibilità nella formulazione dell'impasto ad alto contenuto solido, Ti-Pure™ TS-6200 offre modalità ad altissima efficacia di costi nell'incrementare la capacità in strutture produttive di fascia ristretta.*
- *Superiore ritenzione della brillantezza: le pitture esposte perdono la loro brillantezza perché la degradazione della resina raggrinzisce la superficie del film di pittura. L'utilizzo di varianti TiO₂ di alta qualità può ridurre l'esigenza di riverniciare la linea e riduce anche la quantità totale di materiale richiesto per mantenere un buon grado di copertura di beni strumentali. Inoltre, la superficie di Pure™ TS-6200 viene rivestita in special modo con due ossidi brevettati che riducono al minimo il grado di raggrinzimento superficiale.*

Sia che la spinta arrivi dai legislatori, dalla clientela o dall'ambiente, la richiesta di rivestimenti superdurevoli continua ad aumentare. Comprendere l'impatto della propria selezione di TiO₂ nel processo di produzione e nella formulazione aiuta ad ottenere i pieni vantaggi del prodotto.

AFFIDARSI AD UN APPROCCIO DI SISTEMA PER OTTENERE RISULTATI OTTIMALI

Ottenere rivestimenti superdurevoli è un processo complicato che richiede forte attenzione ai materiali e ai processi utilizzati nella produzione della pittura. Fare ciò richiede un approccio di sistema, vale a dire che tutti i componenti della pittura devono

paint's manufacturing. Doing so requires a systems approach — all components of the paint must be optimized. Anything less and paint formulators risk ending up with an inferior product, having wasted unnecessary time, money, and energy in the process.

Perhaps the most critical component of this systems approach is selecting the right TiO₂ provider. Their technical expertise and willingness to collaborate is just as important as the materials themselves. It's critical to partner with a TiO₂ supplier who can support your specific formulation development needs — ensuring performance effectiveness that meets customer and application expectations all while developing the paint with optimal manufacturing efficiency. The right partner must also be able to deliver the highest quality TiO₂ available. Chemours has been providing this for nearly a century. With a deep team of technical experts, the company led the charge on nearly every TiO₂ innovation since the earliest onset of the market. The company continue to put that same proven science and careful collaboration into every project as we work side by side with customers to solve an ever-changing set of challenges and an evolving set of customer demands. In today's business and regulatory environment, paint formulators and producers need every advantage and access to strong science to help them stay ahead of the curve.

essere ottimizzati, niente di meno, e i formulatori rischiano di avere infine un prodotto inferiore per aver sprecato nel processo tempo, soldi ed energia non necessari.

Forse l'aspetto più critico di questo approccio di sistema è la selezione del fornitore adatto di TiO₂. La loro esperienza tecnica e la volontà di collaborare è importante tanto quanto i materiali stessi. E' molto importante cooperare con un fornitore di TiO₂ che possa assistere nello sviluppo della formulazione specifica garantendo l'efficacia prestazionale attesa dal cliente nell'applicazione, tenendo fede al principio della massima efficienza produttiva.

Il partner adeguato deve anche poter fornire il TiO₂ di massima qualità, disponibile sul mercato. Chemours rifornisce questo prodotto da quasi un secolo. Con un team di tecnici esperti, Chemours ha avuto l'onere di promuovere qualsiasi innovazione del TiO₂ da quando fu introdotto la prima volta sul mercato. L'azienda continua ad avvalersi della scienza e delle collaborazioni in qualsiasi progetto e lavoriamo a fianco della clientela per risolvere le nuove mutevoli sfide e le nuove richieste da parte della clientela.

Nelle imprese e nel clima legislativo in cui operano, i formulatori e i produttori di pitture richiedono vantaggi e accesso a rilevanti informazioni scientifiche per risolvere casi critici.