

Hollow polymer-silica particles as an alternative to TiO₂ opacifiers in paints formulations

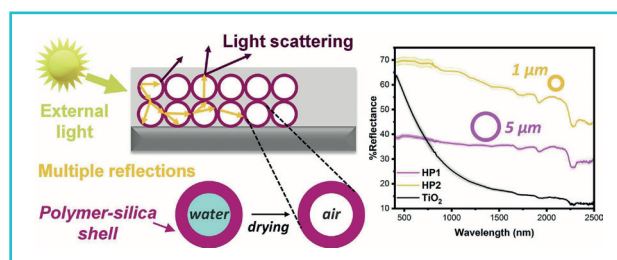
Opacifiers are incorporated in product formulations to reduce light transmission and create a visual barrier by masking or hiding the underlying surface. They play a crucial role in various applications where complete coverage is essential, including paints, food, cosmetics, inks, and many others.

Metal oxides dominate the opacifiers market, with titanium dioxide (TiO₂) being the most popular because of its exceptional light-scattering properties. TiO₂ global demand was expected to reach around 8 million tonnes by 2025, with paints and coatings taking the largest share (around 55%). However, the production of TiO₂ comes with a significant environmental burden, due to energy-intensive manufacturing processes associated with a high carbon footprint. Additionally, TiO₂ and other metal oxides often demonstrate limited colloidal stability and are prone to aggregation or degradation under various environmental conditions. These challenges not only affect the long-term optical performance of coatings

but also increase production and formulation costs due to the need for surface treatments, stabilizers, and strict processing conditions.

Polymeric hollow particles (HPs) have emerged as promising candidates but have so far mainly been used as partial replacements for TiO₂ in coatings. In this study, a group of researchers at Loughborough University (UK), New York University (USA), and Université Claude Bernard de Lyon (France) report for the first time a total replacement of TiO₂ using polymer-silica HPs, achieving comparable or superior optical properties. They investigated 3-(trimethoxysilyl)propyl methacrylate (TPM)

HPs with different sizes and shell thicknesses in coatings formed under different environmental conditions in the presence of polymeric binder particles. The smaller HPs (1 μm diameter, 0.2 μm shell thickness) demonstrated superior optical properties, achieving solar reflectance values up to 73.3% across the visible and near-infrared spectrum. Those HPs outperformed both larger HPs (~5 μm diameter, 0.25 μm shell thickness) and TiO₂ reference coatings containing the same mass percentage of opacifier. They report various film microstructures depending on the film-forming conditions and correlate them with the interplay between diffusion, evaporation, and sedimentation processes. Importantly, high optical performance was maintained across the range of microstructures found, indicating reduced sensitivity to HP distribution within the coating. This is a promising feature when it comes to reliability of use in a range of industrial formulations.



Particelle cave polimero-silice in alternativa agli opacizzanti TiO₂ nelle formulazioni di pitture

Gli opacizzanti vengono incorporati nelle formulazioni di prodotti per ridurre la trasmissione di luce e creare una barriera visiva mascherando o coprendo la superficie sottostante. Essi giocano un ruolo fondamentale in varie applicazioni in cui risulta essenziale la copertura totale, comprese le pitture, i prodotti alimentari, i cosmetici, gli inchiostri e molti altri.

Gli ossidi di metallo dominano il mercato degli opacizzanti e il biossido di titanio (TiO₂) è il più diffuso per le sue eccellenti proprietà di propagazione della luce. La domanda globale di TiO₂, secondo le previsioni, avrebbe dovuto raggiungere circa 8 milioni di tonnellate entro il 2025 con le quote principali rappresentate dalle pitture e dai rivestimenti (circa il 55%), ma la produzione di TiO₂ ha ormai un limite ambientale significativo, dovuto ai processi di produzione ad alti consumi energetici, associati ad una elevata impronta di carbonio. Inoltre, il TiO₂ e altri ossidi di metallo mostrano spesso una scarsa stabilità colloidale e tendono all'aggregazione

o alla degradazione in diverse condizioni ambientali. Queste sfide non soltanto influiscono sulla prestazione a livello visivo a lungo termine dei rivestimenti, ma incrementano anche i costi di produzione e formulazione per la necessità di eseguire i trattamenti superficiali, di stabilizzanti e di condizioni di processo molto rigorose.

Le particelle polimeriche cave (HP) sono emerse come possibili candidate promettenti, ma finora sono state utilizzate come sostituti parziali del TiO₂ per rivestimenti. In questo studio, un gruppo di ricercatori dell'UK, Università Loughborough (UK), Università New York (USA) e Université Claude Bernard de Lyon (Francia) riportano per la prima volta una sostituzione totale del TiO₂ utilizzando le HP polimero-silice raggiungendo proprietà ottiche comparabili o superiori. Hanno compiuto ricerche sul metacrilato 3-(trimetossisilil)propil metacrilato (TPM) HP con dimensioni e spessori del guscio differenti nei rivestimenti realizzati in condizioni ambientali diverse, in presenza di particelle

leganti polimeriche. Le HP di dimensioni inferiori (diametro 1 μm, spessore del guscio 0,2 μm) hanno dato prova di proprietà ottiche superiori raggiungendo valori di riflettanza solare fino al 73,3% nello spettro visibile nel vicino infrarosso. Quelle HP hanno superato sia le HP di dimensioni superiori (diametro ~5 μm), spessore dell'involucro 0,25 μm che i rivestimenti a base di TiO₂ di riferimento, contenenti la stessa massa percentuale di opacizzante. I ricercatori hanno riportato diverse microstrutture in base alle condizioni filmogene correlandole all'interazione dei processi di diffusione, evaporazione e sedimentazione.

Ancora più importante, l'alta prestazione ottica è stata mantenuta per tutta la serie di microstrutture trovate, a dimostrazione della sensibilità ridotta alla distribuzione delle HP all'interno del rivestimento. Si tratta di una caratteristica promettente quando ci si confronta sull'affidabilità d'uso in una serie di formulazioni d'uso industriale.