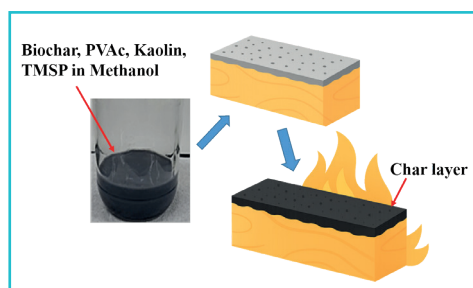


Sustainable flame-retardant coating for wood using biochar, kaolin, polyvinyl acetate, and trimethylsilyl polyphosphate

Wood is a crucial natural material classified as a lignocellulosic polymer. It has long been used as a primary construction material because of its excellent mechanical strength, aesthetic value, and sustainability. However, its performance is significantly affected by environmental factors such as moisture, ultraviolet radiation (UV), oxygen, fungi, bacteria, and insects. In order to improve its durability, it requires routine maintenance and chemical treatment. High temperatures cause instability in cellulose, hemicellulose, and lignin, the primary organic components



of wood. In order to increase its performance and safety, efficient fire-retardant treatments must be developed. The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) has promoted policies to reduce carbon emissions. This has set the standard for several countries including the United States (US), Japan, South Korea, and the European Union (EU) to commit to carbon neutrality by 2050. Because wood is renewable and can absorb carbon, it is becoming more and more regarded as an environmentally friendly building material. The fire classification system European Norm (EN) 13501-1 normally assigns a Class D rating to wood. As a result, enhancing the fire resistance of wood has become an urgent research priority in ensuring both safety and sustainability in the built environment.

In a study led by a group of researchers of the Jeonbuk National University of Jeonju, a novel flame-retardant composite coating was developed using polyvinyl acetate (15 wt%) combined with biochar (0.5 wt%), kaolin

(2 wt%), and trimethylsilyl polyphosphate (3 wt%) in methanol. The composite was prepared by solution blending and applied via single-layer drop-casting (~0.6 mm thickness) onto the wood surface. Comprehensive characterization employing ATR-FTIR, Raman spectroscopy, TEM, TGA/DTG/DSC, cone calorimetry, and optical/3D surface analysis validated uniform filler dispersion, chemical interactions, and enhanced thermal stability (~26% char yield at 800° C). Cone calorimeter tests revealed significant enhancements, including decreased total heat release (48.77 vs. 63.56 MJ/m²), average heat release rate (80.82 vs. 100.65 kW/m²), and mass loss rate (6.558 vs. 7.781 g/s m²) compared to the uncoated sample. Furthermore, reduced smoke volume rates and surface temperatures demonstrated improved flame retardancy and smoke suppression. This composite coating provides a halogen-free, sustainable solution to enhance the fire safety of wood for construction and interior applications.

Rivestimento ritardante di fiamma sostenibile per legno con biochar, caolino, polivinil acetato e trimetilsilil polifosfato

Il legno è un materiale naturale molto importante, classificato come polimero lignocellulosico. Viene utilizzato da molto tempo come materiale da costruzione primario per la sua eccellente tenacità meccanica, valore estetico e sostenibilità. Tuttavia, la sua prestazione è molto influenzata da fattori ambientali quali l'umidità, la radiazione ultravioletta (UV), l'ossigeno, i funghi, i batteri e gli insetti. Per migliorare la durabilità, esso richiede una manutenzione di routine e il trattamento chimico. Le alte temperature causano instabilità nella cellulosa, emicellulosa e la lignina, i componenti organici primari del legno. Per ottimizzarne la prestazione e la sicurezza, devono essere messi a punto efficaci trattamenti ritardanti di fiamma.

La Framework Convention delle Nazioni Unite sul Cambiamento Climatico (UNFCCC) ha promosso politiche per la riduzione delle emissioni di carbonio. Ciò ha stabilito lo standard per diversi paesi fra cui gli Stati Uniti (US), il Giappone, la Corea del

Sud e l'Unione Europea (UE) per promuovere la neutralità del carbonio entro il 2050. Poiché il legno è un materiale rinnovabile e può assorbire il carbonio, viene considerato sempre di più un materiale da costruzione ecocompatibile. La Norma Europea del sistema di classificazione della fiamma (EN) 13501-1 assegna al legno una valutazione di classe D. Di conseguenza, migliorare la resistenza alla fiamma del legno è diventata una priorità nel campo della ricerca al fine di garantire sia la sicurezza che la sostenibilità in un ambiente di costruzione.

In uno studio condotto da un gruppo di ricercatori dell'Università Nazionale Jeonbuk di Jeonju, è stato messo a punto un nuovo rivestimento composito ritardante di fiamma, con l'ausilio del polivinil acetato (15% in peso) associato al biochar (0,5%), caolino (2%) e trimetilsilil polifosfato (3%) nel metanolo. Il composito è stato preparato grazie a una miscela in soluzione, applicata mediante drop-casting a strato singolo (spessore ~0,6

mm) sulla superficie del legno.

La caratterizzazione generale con ATR-FTIR, spettroscopia Raman, TEM, TGA-DTG/DSC, calorimetria a cono e l'analisi ottica superficiale 3D hanno convalidato la dispersione uniforme del riempitivo, le interazioni chimiche e la superiore stabilità termica (~26% char prodotto a 800° C).

I test del calorimetro a cono hanno rivelato miglie significative, compreso il minore rilascio totale del calore (48,77 contro 63,56 MJ/m²), grado di rilascio calore medio (80,82 contro 100,65 kW/m²) e il grado di perdita della massa (6.558 contro 7,781 g/s m²) rispetto al campione non rivestito. Inoltre un grado ridotto di fumo e le temperature superficiali inferiori hanno apportato miglie all'effetto ritardante di fiamma e alla soppressione del fumo. Questo rivestimento composito fornisce una soluzione esente da alogeni e sostenibile per migliorare la sicurezza anti-fiamma del legno per costruzione e applicazioni di interni.