



Lorenzo Tomei
FRAUNHOFER IVV

🇬🇧 Bio-based adhesive systems for PVC floor coverings using biological principles from nature

🇮🇹 Sistemi adesivi a base bio per pavimentazioni in PVC che utilizzano principi biologici provenienti dalla natura

Industrial adhesives are used in a variety of different situations and are therefore subject to a very broad requirement profile, ranging from extremely high bonding strength to being easy to detach. Adhesives that combine both properties are very difficult to develop. As a result, development focuses primarily on ensuring bonding strength, making it difficult to detach and remove bonded components. This is the case for floor coverings such as PVC, for example, which are often very difficult to remove properly.

At the same time, most adhesives nowadays are made from petroleum-based polymers, which release highly volatile, strong-smelling substances that can be hazardous to human health. This means that many cost-intensive measures need to be put in place throughout the value chain, from extraction to disposal, in order to protect people and the environment.

The KleBoSpin project has developed adhesive systems for elastic floor coverings (such as PVC) that provide a bonding strength high enough to meet the requirements placed on them. The added value of the bio-based floor adhesives is that the floor coverings can easily be detached and removed. With this project, Fraunhofer IVV is looking to take the principle used by spiders to catch prey and transfer it to adhesive systems for floor coverings. The development work is aimed at creating an adhesive system that provides adequate bonding strength while being easier to detach when removing floor coverings. Unlike conventional adhesives, the product will also be free from formaldehyde and any substances that are harmful to human health, meaning that no cumbersome or cost-intensive occupational

Gli adesivi industriali vengono utilizzati in una varietà di situazioni diverse e sono quindi soggetti a un profilo di requisiti molto ampio, che va dalla forza di adesione estremamente elevata alla facilità di distacco. Adesivi che combinano entrambe queste proprietà sono molto difficili da sviluppare. Di conseguenza, lo sviluppo si concentra principalmente sulla garanzia della forza di adesione, rendendo difficile il distacco e la rimozione dei componenti incollati. È il caso, ad esempio, dei rivestimenti per pavimenti come il PVC, che spesso sono molto difficili da rimuovere correttamente.

Allo stesso tempo, la maggior parte degli adesivi oggi-giorno sono realizzati con polimeri a base di petrolio, che rilasciano sostanze altamente volatili e dall'odore forte che possono essere pericolose per la salute umana. Ciò significa che è necessario attuare numerose misure costose lungo tutta la catena del valore, dall'estrazione allo smaltimento, per proteggere le persone e l'ambiente. Il progetto KleBoSpin ha sviluppato sistemi adesivi per rivestimenti elastici per pavimentazioni (come il PVC) che forniscono una forza di adesione sufficientemente elevata da soddisfare i requisiti loro imposti. Il valore aggiunto degli adesivi per pavimenti a base bio è che possono essere facilmente staccati e rimossi. Con questo progetto Fraunhofer IVV intende trasferire il principio utilizzato dai ragni per catturare le prede in sistemi adesivi per pavimentazioni. Il lavoro di sviluppo è finalizzato alla creazione di un sistema adesivo che fornisca un'adeguata forza di adesione pur essendo più facile da staccare durante la rimozione dei rivestimenti del pavimento. A differenza degli adesivi convenzionali, il prodotto sarà inoltre esente da formaldeide e da qualsiasi sostanza

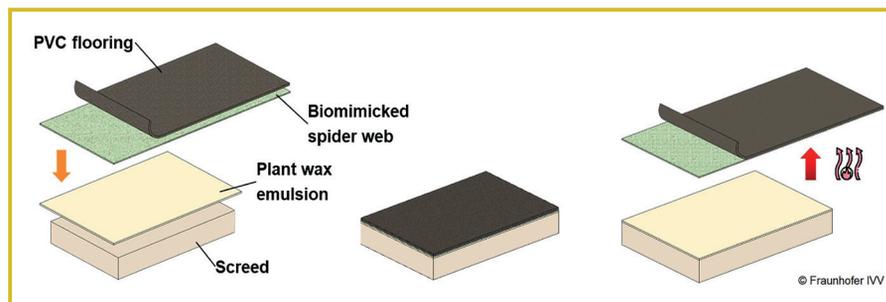
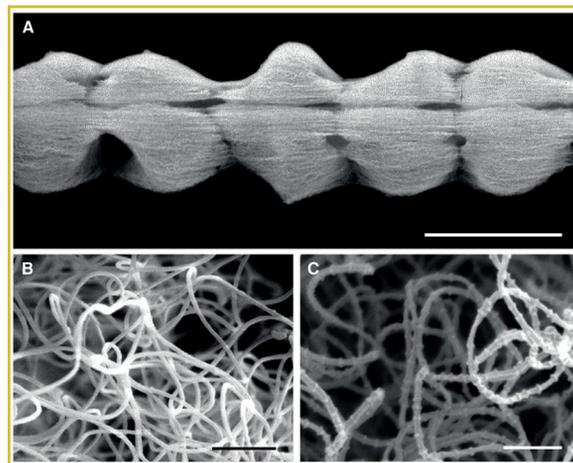
health and safety measures are required during manufacturing, use and disposal.

Lorenzo Tomei explains the project and the inspiration from which the new adhesive development is born.

THE KLEBOSPIN PROJECT IS DEVELOPING ADHESIVE SYSTEMS FOR ELASTIC FLOOR COVERINGS. WHAT IS THE BIGGEST CHALLENGE TO FACE IN THE FIELD OF ADHESIVE FORMULATION?

Tomei: "In our research project 'KleBoSpin', we researched an adhesive system that was completely based on raw materials of natural origin and, specifically, completely from plant biomass. The development was directed toward an adhesive system for elastic floor coverings.

The great, but at the same time stimulating challenge was not only to obtain a completely bio-based system that would ensure sufficient adhesion for such an application. In fact, our idea was also to create an adhesive that would allow the flooring to be removed easily enough so that it could



eventually be recycled for subsequent applications. Therefore, our aim was to find a sustainable solution from the point of view of choosing natural, non-toxic materials that are not derived from fossil resources, but from renewable plant biomass, and at the same time that kept in mind the sustainability aspect of the life cycle and the reuse of widely used materials such as PVC for floorings.

Balancing all these aspects when choosing the materials and formulating them was a path that required several iterations, a good knowledge from Fraunhofer IVV of the techno-functional properties of biogenic materials for technical applications, and, of course, a fair amount of creativity!"

dannosa per la salute umana, il che significa che non sono necessarie intensive misure di salute e sicurezza sul lavoro o costose durante la produzione, l'uso e lo smaltimento. Lorenzo Tomei spiega il progetto e l'ispirazione da cui nasce il nuovo sviluppo dell'adesivo.

IL PROGETTO KLEBOSPIN STA SVILUPPANDO SISTEMI ADESIVI PER RIVESTIMENTI ELASTICI PER PAVIMENTAZIONI. QUAL È LA SFIDA PIÙ GRANDE DA AFFRONTARE IN CAMPO DI FORMULAZIONE DELL'ADESIVO?

Tomei: "Nel nostro progetto di ricerca 'KleBoSpin' abbiamo ricercato un sistema adesivo che fosse completamente basato su materie prime di origine naturale e, specificamente, completamente da biomassa vegetale. Lo sviluppo era indirizzato verso un sistema adesivo per rivestimenti elastici per pavimentazioni. La grande, ma allo stesso tempo stimolante sfida, non è stata soltanto ottenere un sistema completamente a base biologica che garantisca sufficiente aderenza per l'applicazione. Infatti, la nostra idea era anche di creare

un adesivo che permetta di rimuovere il rivestimento per pavimentazione con sufficiente facilità, in modo da poter eventualmente riciclarlo per successive applicazioni. Pertanto, il nostro scopo era di trovare una soluzione sostenibile dal punto di vista della scelta di materiali naturali, non tossici e non derivanti da fonti petrolifere, bensì da biomassa vegetale rinnovabile, e allo stesso tempo che tenesse in mente l'aspetto di sostenibilità riguardanti il ciclo di vita e il

utilizzo di materiali ampiamente utilizzati come il PVC per rivestimenti. Bilanciare tutti questi aspetti durante la fase di scelta dei materiali e della loro formulazione, è stato un percorso che ha richiesto svariate iterazioni, una buona conoscenza delle proprietà tecno-funzionali di materiali biogenici per applicazioni tecniche da parte del Fraunhofer IVV e, naturalmente, una buona dose di creatività!"

IN UN ADESIVO, LA COMPONENTE PIÙ IMPORTANTE È IL POLIMERO, COME SI RIESCE A SVILUPPARE UN POLIMERO A BASE BIO CHE EQUIVALGA IN PRESTAZIONI RISPETTO A QUELLI TRADIZIONALI?

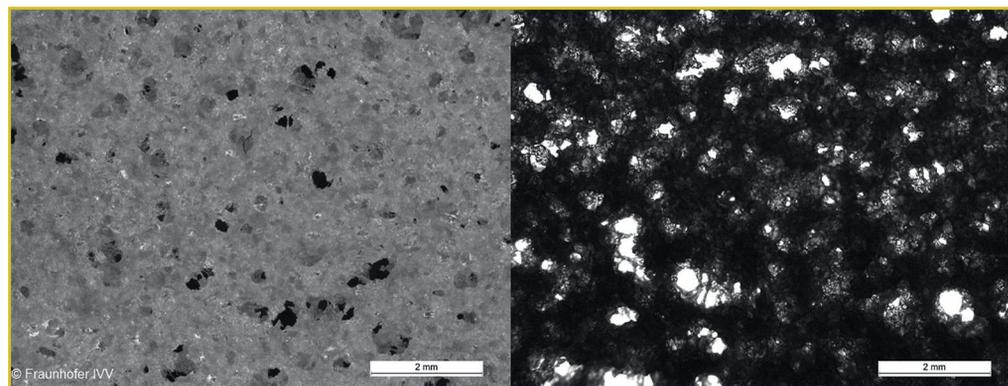
"Per avere un adesivo performante, sicuramente il primo punto da cui partire è un polimero con un'ottima

IN AN ADHESIVE, THE MOST IMPORTANT COMPONENT IS THE POLYMER, HOW CAN WE DEVELOP A BIO-BASED POLYMER THAT IS EQUIVALENT IN PERFORMANCE TO TRADITIONAL ONES?

“To have a performing adhesive, surely the first place to start is a polymer with excellent functionality as a binder. Although some drop-in solutions already exist, such as epoxy polymers obtained from biological sources and with chemical structures similar to their petrochemical counterparts, we preferred to approach the problem from another perspective and try to find an out-of-the-box solution. Instead of focusing all our efforts on trying to imitate conventional polymers and obtain them from renewable plant sources, we thought, why not look for an effective solution that is already present in nature and try to imitate its physical principle for our purpose of interest? And so that is how the KleBoSpin project (from the German Klebstoff = adhesive, Bodenbelag = flooring, and Spinne = spider) was born precisely to try to answer this question”.

WHAT NATURAL RESOURCE ARE YOU EXPLOITING TO FORMULATE THE ADHESIVE?

“To develop our adhesive system, we were indeed inspired by the marvelous example of spider webs, as hinted earlier by the project name. Nature itself is already an endless goldmine of ingenious and efficient ideas. Spiders, in



fact, make the best use of their webs to catch their prey, which, once in contact with the web, remain attached to it and the spider can then enjoy its meal. A very interesting fact is that some spiders, known as cribellates, do not use any adhesive substance to make their webs into sticky traps, but make simple and ingenious use of the natural wax that covers the cuticle of their prey. In fact, many insects dispose of an external wax layer to prevent their limbs from over-drying. When these insects come in contact with the spider web, their cuticular wax begins to penetrate by capillarity and electrostatic forces into a very dense network of pores, which results from the

funzionalità legante. Sebbene esistano già alcune soluzioni drop-in, come ad esempio polimeri epossidici ottenuti da fonti biologiche e con strutture chimiche analoghe alle loro controparti petrolchimiche, noi abbiamo preferito osservare il problema da un'altra prospettiva e cercare di trovare una soluzione out of the box. Invece di concentrare tutti i nostri sforzi nel ricercare di imitare polimeri convenzionali e di ottenerli da fonti vegetali rinnovabili, abbiamo pensato: perché non cercare una soluzione efficace che è già presente in natura e cercare di imitarne il principio fisico per il nostro scopo di interesse? Ed ecco che è nato il progetto KleBoSpin (dal tedesco Klebstoff = adesivo, Bodenbelag = rivestimento per pavimentazioni, e Spinne = ragno) proprio per cercare di rispondere a questa domanda.

QUALE RISORSA NATURALE STATE SFRUTTANDO PER LA FORMULAZIONE DELL'ADESIVO?

“Lo scopo del nostro progetto era innanzitutto dimostrare che il principio naturale funzionava anche al di fuori del suo ambiente naturale e che poteva essere riprodotto anche su scala più grande. In tal senso questo è stato possibile. Tuttavia, diverse domande rimangono ancora aperte per una concreta traduzione della nostra idea in un prodotto vero e proprio. Quello che sarebbe ancora interessante da investigare è, ad esempio, se il nostro sistema adesivo

è compatibile con tutti i tipi di rivestimenti elastici e di massetti, come variano le proprietà adesive in diverse condizioni di umidità ambientale e temperatura, in quali condizioni è possibile stoccare le formulazioni e quanto a lungo, come poter scalare la produzione delle formulazioni. Essendo il Fraunhofer IVV un istituto di ricerca applicata, la sfida di trovare soluzioni che abbiano una utilità pratica e che possano essere utilizzate un domani da un'azienda è quello

che ci stimola e che ci spinge a trovare sempre nuove idee. Pertanto siamo ben più che aperti ad aziende che siano interessate a portare avanti l'idea generata e testata nel progetto “KleBoSpin” e a collaborare per portare la tecnologia sviluppata un passo più avanti”.

ALCUNI PRODUTTORI, PER SVILUPPARE GLI ADESIVI, GUARDANO AL COMPORTAMENTO DEI MITILI. PER IL VOSTRO PROGETTO COSA VI HA ISPIRATO?

“Per sviluppare il nostro sistema adesivo ci siamo per l'appunto ispirati all'esempio meraviglioso delle tele di ragno, come appunto accennato dal nome del progetto.



web's filamentous structure. In fact, the cribellate spiders are capable of spinning complex fibrous structures, consisting of two axial fibers that serve as the supporting structure and thousands of nano-fibers with a diameter of 20-30 nm consisting of a special fibrous protein, the so-called fibroin. This myriad of nano-fibers forms a woolly cloud around the two axial fibers that has an incredibly large specific surface area because of its nanometer size. This immense surface area is the reason why capillary and electrostatic forces enable the absorption of the cuticular wax of the prey and ensure its adhesion on the web. And it is precisely this physical principle that occurs at the nanoscale that we have tried to imitate and recreate on a larger scale as well".

La natura è già di suo una miniera infinita di idee geniali ed efficienti. I ragni, infatti, sfruttano le loro tele per catturare le loro prede, che, una volta in contatto con la tela, vi rimangono attaccate e il ragno può allora gustarsi il suo pasto. Un fatto molto interessante è che alcuni ragni, detti cribellati, non utilizzano alcuna sostanza adesiva per rendere le loro tele delle trappole adesive, ma sfruttano in modo semplice e ingegnoso la cera naturale che ricopre la cuticola delle loro prede. Infatti, molti insetti dispongono di una cera per evitare che i loro arti si seccino eccessivamente. Quando questi insetti vengono a contatto con la tela del ragno, la loro cera cuticolare inizia a penetrare per capillarità e forze elettrostatiche in una fittissima rete di pori, che risulta dalla struttura



www.hpfminerals.it

I nostri riempitivi ad alte prestazioni offrono i seguenti vantaggi:

- viscosità regolabile
- gradi di riempimento più elevati
- maggiore resistenza a trazione e taglio
- rapporto qualità-prezzo attraente
- isolamento elettrico e conducibilità termica

HPF Minerals Italia

A COMPANY OF QUARZWERKE GROUP

Via F. Baracca, 6 - Loc. "Aero Villaggio"
27055 Rivanazzano Terme (PV) - Italia
Tel: +39 0383 398811

INCREMENTO DELL'ADESIONE

SOME MANUFACTURERS LOOK AT THE BEHAVIOR OF MUSSELS TO DEVELOP ADHESIVES. WHAT INSPIRED YOU FOR YOUR PROJECT?

"First, to mimic and recreate the porous nanostructure of cribellate spider webs, we went looking for a solution by combining proteins and carbohydrates. Due to our decades of experience in proteins for technical applications, we already had it clear in our minds that to achieve a porous structure we could rely on the excellent ability of plant proteins to incorporate air and stabilize it in the form of foams. We all have some experience of this, after all: just think how albumin, the main protein in egg whites, is able to form incredibly stable foams when eggs are beaten stiff. The next step we needed was to figure out how we could stabilize these highly aerated structures in a stable material that can tolerate the compressive stresses of an elastic floor covering. And that is where cellulose and its derivatives come into play. Cellulose, the most available biopolymer on the earth's surface and the structural element of plant cell walls, was the perfect solution to reinforce such a foamy structure. Through several iterations, different mixing ratios and multiple formulations of protein, cellulose and cellulose derivatives, we arrived at a porous yet stable structure that could be adapted for a flexible flooring.

What was still missing was how to recreate the cuticular wax of insects, though. And here the answer came from the great diversity made available by plant waxes, such as carnauba wax or candelilla wax, which are often used to polish shoes or even cars. Through a process of emulsification, we obtained vegetable wax formulations that could have a viscosity such that they could both be spread easily on a screed and quickly penetrate the porous structure previously described. The choice of wax type was also dictated by the possibility of being able to easily remove the flooring by heating and consequently reducing the viscosity of the wax and, therefore, the adhesion. Through these three simple classes of natural ingredients, we were able to produce a prototype A4 adhesive system that validated our idea and the working principle of spider web on a larger scale as well".

filamentosa della tela. Infatti, i ragni cribellati sono in grado di filare complesse strutture fibrose, costituite da due fibre assiali che fungono da struttura di supporto e da migliaia di nano-fibre con un diametro di 20-30 nm



© Fraunhofer IVV

costituite da una speciale proteina fibrosa, la cosiddetta fibroina. Questa miriade di nano-fibre costituisce una nuvola lanosa attorno alle due fibre assiali che presenta una superficie specifica incredibilmente ampia per via della dimensione nanometrica. Questa area superficiale così immensa è la ragione per cui le forze capillari ed elettrostatiche permettono l'assorbimento della cera cuticolare della preda e garantiscono l'adesione sulla tela. Ed è proprio questo principio fisico che avviene su scala nanoscopica che noi abbiamo cercato di imitare e ricreare anche su una scala più grande".

FRAUNHOFER È STATA GIÀ AFFIANCATA DA AZIENDE PRODUTTRICI CHE VOGLIONO INVESTIRE NEL PROGETTO PER DIFFERENZIARE LA LORO PRODUZIONE?

"Innanzitutto, per imitare e ricreare la nano-struttura porosa delle tele dei ragni cribellati siamo andati a cercare una soluzione nella combinazione di proteine e carboidrati. Grazie alla nostra pluridecennale esperienza in materia di proteine per applicazioni tecniche, avevamo già chiaro in mente che per ottenere una struttura porosa avremmo potuto fare conto sull'ottima capacità delle proteine vegetali di incorporare arie e stabilizzarla in forma di schiume. Tutti abbiamo un po' di esperienza, d'altronde: basti pensare come l'albumina, la principale proteina degli albumi, sia in grado di formare schiume incredibilmente stabili quando le uova vengono montate a neve. Lo step che ci mancava era capire come poter stabilizzare queste strutture fortemente areate in un materiale stabile e in grado di tollerare le sollecitazioni in compressione di un rivestimento elastico per pavimentazioni. Ed è qui che entrano in gioco la cellulosa e i suoi derivati. La cellulosa, il biopolimero più presente sulla superficie terrestre e che costituisce l'elemento strutturale delle pareti cellulari delle piante, era la perfetta soluzione per rinforzare tale struttura

HAS FRAUNHOFER ALREADY BEEN SUPPORTED BY MANUFACTURING COMPANIES THAT WANT TO INVEST IN THE PROJECT TO DIFFERENTIATE THEIR PRODUCTION?

“The purpose of our project was first to demonstrate that the natural principle also worked outside its natural environment and that it could also be reproduced on a larger scale. In that sense this was possible. However, several questions remain for a concrete translation of our idea into an actual product. What would still be interesting to investigate is, for example, whether our adhesive system is compatible with all types of elastic floorings and screeds, how the adhesive properties vary under different ambient humidity and temperature conditions, under what conditions the formulations can be stored and how long, how to scale up the production of the formulations. As Fraunhofer IVV is an applied research institute, the challenge of finding solutions that have practical utility and can be used tomorrow by a company is what stimulates us and drives us to always come up with new ideas. Therefore, we are more than open to companies that are interested in pursuing the idea generated and tested in the “KleBoSpin” project and collaborating to take the developed technology one step further”.

schiumosa. Tramite svariate iterazioni, diversi rapporti di miscelazione e molteplici formulazioni di proteine, cellulosa e derivati della cellulosa, siamo arrivati ad ottenere una struttura porosa e allo stesso tempo stabile che si potesse adattare per un rivestimento flessibile per pavimentazioni. Quello che ancora mancava era come ricreare la cera cuticolare degli insetti. E qui la risposta è venuta dalla grande diversità messa a disposizione dalle cere vegetali, come ad esempio la cera di carnauba o di candelilla, utilizzate spesso per lucidare scarpe o addirittura automobili. Tramite un processo di emulsificazione, abbiamo ottenuto delle formulazioni a base di cera vegetale che potessero avere una viscosità tale sia da poter esser spalmate con facilità su un massetto, sia da poter penetrare velocemente nella struttura porosa precedentemente descritta. La scelta del tipo di cera è stata dettata anche dalla possibilità di poter rimuovere con facilità il rivestimento per pavimentazione tramite riscaldamento e conseguente riduzione di viscosità della cera e, quindi, di adesione. Tramite queste tre semplici classi di ingredienti naturali, siamo riusciti a produrre un prototipo di sistema adesivo in formato A4 che ha validato la nostra idea e il principio di funzionamento della tela di ragno anche su una scala più grande”.



**The premium polymer
of choice for your
adhesives, sealants & coatings.**



**Want to know more?
Get in touch with us!**
www.kaneka.be

**Or visit us at
European Coatings Show, Nuremberg
Hall 1 - booth 336**