

## MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA TECNICA E AMBIENTALE DEGLI ADESIVI UTILIZZATI NEL SETTORE DEL MOBILE

Michela Zanetti<sup>1</sup>, Diletta Marini<sup>1</sup>, Enzo Masetto<sup>2</sup>, Elisabetta Pasqualini<sup>2</sup>, Raffaele Cavalli<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento TESAF, Università di Padova, Legnaro (PD); michela.zanetti@unipd.it

<sup>2</sup>UNICOL, Fontanelle (TV)

Negli ultimi anni l'utilizzo di colle per il legno è compreso in un contesto normativo sempre più restrittivo; infatti la tendenza attuale è la riduzione/eliminazione di sostanze nocive per l'ambiente e la salute umana sia a livello di formulazione dell'adesivo sia a livello di emissioni durante la vita in opera del prodotto finito. Se si considera il caso della formaldeide, sostanza chimica utilizzata nelle colle per i pannelli e i rivestimenti in uso nell'industria del mobile, negli ultimi quarant'anni la quantità utilizzata è andata progressivamente riducendosi e la tendenza attuale è quella della drastica riduzione/eliminazione di questa sostanza e di altri prodotti chimici ritenuti nocivi, quali l'isocianato, da tutti i prodotti incollati, in risposta ai limiti imposti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità. Questo studio descrive una tecnologia basata sullo sviluppo di formulazioni adesive a base di polimeri silano-terminali. Le formulazioni sono state caratterizzate attraverso tecniche spettroscopiche, analisi termo-meccaniche e prove d'incollaggio su diversi supporti. Seppur con un costo leggermente maggiore rispetto ai prodotti offerti sul mercato, questi adesivi garantiscono gli stessi risultati applicativi delle colle poliuretatiche utilizzate per supporti in legno e metalli, col vantaggio però di essere privi di solventi ed emissioni nocive e, di conseguenza, di essere più sostenibili a livello ambientale. Essi, inoltre, possono essere utilizzati in alternativa alle colle a base di formaldeide in applicazioni quali l'incollaggio di tranciati di legno.

*Parole chiave:* adesivi silano-terminali, legno, industria del mobile.

*Keywords:*  $\alpha$ -silanes adhesive, wood, furniture industry.

<http://dx.doi.org/10.4129/2cis-mz-mig>

### 1. Introduzione

Negli ultimi anni l'utilizzo di colle per il legno nell'industria del mobile è sottoposto a una normativa sempre più stringente che spinge verso la riduzione/eliminazione di sostanze nocive per l'ambiente e la salute umana, ottenibile agendo sia a livello di formulazione dell'adesivo (contenuto in formaldeide, isocianato, fenolo...), sia a livello di emissione di sostanze durante la vita in opera del prodotto finito. Se si considera il caso della formaldeide, sostanza chimica utilizzata nelle colle per i pannelli e i rivestimenti impiegati nell'industria del mobile (Myers 1983; Gangi *et al.*, 2013), negli ultimi quarant'anni la quantità utilizzata si è notevolmente ridotta: tra il 1970 e il 1980, la quantità di formaldeide libera era di 100 mg per 100 g di pannello truciolare (misura al perforatore secondo lo standard EN 120), mentre nel 1990 era scesa a 8 mg per 100 g di pannello.

Nel Luglio del 2008, la Federazione europea dei produttori di pannelli (EPF) decise di creare lo "standard EPF" che prevede la quantità di formaldeide libera ridotta a 4 mg per 100 g di pannello (ovvero 0,087 mg/m<sup>3</sup> di formaldeide emessa secondo lo standard EN 717-1). Dall'1 Gennaio 2009, a livello europeo lo standard EPF è diventato la classe di emissione più bassa e corrisponde, a livello internazionale, al limite

imposto dal CARB (California Air Resources Board); esso è equivalente alla classe F\*\*\* dello standard giapponese JIS A 1460, all'epoca il più severo a livello mondiale.

La tendenza attuale di drastica riduzione/eliminazione di questa sostanza da tutti i prodotti incollati risponde anche ai limiti imposti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, che propone un limite consigliato di concentrazione di formaldeide in ambienti interni pari a 0,1 mg/m<sup>3</sup>, considerando la somma di tutte le fonti, e si adegua anche al regolamento CE 1907/2006 (REACH), normativa atta a garantire un elevato grado di protezione della salute umana e di tutela dell'ambiente avendo come traguardo uno sviluppo sempre più sostenibile.

La sostenibilità, ovvero la ricerca di equilibrio nel breve e nel lungo periodo tra redditività economica, compatibilità ambientale e progresso sociale, è un tema che non può essere eluso da nessun settore produttivo.

Questo studio si prefigge di rispondere a queste esigenze di sostenibilità attraverso l'innovazione nel settore degli adesivi per l'industria del mobile, diminuendo il contenuto di sostanze considerate tossiche, e migliorando il profilo ambientale dei prodotti incollati attraverso lo sviluppo di adesivi silano-terminali.

## 2. Materiale e metodi

### 2.1. Formulazioni adesive

Le formulazioni sviluppate e analizzate in questo studio sono due adesivi ibridi (ibrido 1 e 2) a base di polimeri silano-terminali. Le formulazioni non contengono formaldeide, isocianati e solventi. Le caratteristiche tecniche delle due formulazioni ibride sono state paragonate a quelle di un adesivo poliuretano (PU) presente in commercio (controllo).

### 2.2. Analisi Termo-Meccanica (TMA)

L'analisi termo-meccanica (TMA) permette di misurare le variazioni dimensionali di un materiale in un ambiente termico controllato. In questo studio, l'analisi termo-meccanica è stata usata per valutare la reticolazione dell'adesivo nel giunto incollato in isoterma (25°C) e determinare la stabilità nel tempo delle formulazioni adesive. Lo strumento di misura utilizzato è l'analizzatore TMA/SDTA 840 della METTLER TOLEDO. Il campione è formato da due pezzi di tranciato di faggio di 16x5x0,6 mm, incollati con 20 mg di formulazione adesiva.

I giunti incollati sono stati analizzati sollecitandoli a flessione su tre punti (*three points bending*).

La resistenza meccanica dei giunti incollati è stata espressa attraverso il modulo di elasticità (MOE). Ogni campione è stato analizzato in tre momenti diversi: (i) appena incollato per valutare la reticolazione dell'adesivo ( $t=0$ ); (ii) dopo 18 ore ( $t=18$ ) e (iii) dopo 114 ore per valutarne la stabilità nel tempo.

### 2.3. Prove di resistenza al taglio

Le prove di resistenza al taglio sono state condotte secondo lo standard UNI EN 205: "Adesivi. Adesivi per legno per impieghi non strutturali. Determinazione della resistenza al taglio per trazione su incollaggi a sovrapposizione".

## 3. Risultati e discussione

L'analisi dell'elasticità delle formulazioni adesive durante e dopo la loro applicazione e la resistenza che queste apportano ai materiali incollati è stata misurata mediante l'analisi termo-meccanica (TMA). I risultati ottenuti per le formulazioni Ibrido 1 e Ibrido 2 sono riportate nelle Figure 1 e 2. Il modulo di elasticità è usato per esprimere la resistenza meccanica del giunto incollato con gli adesivi ibridi a base di polimeri silano terminali. Dopo la polimerizzazione, si può notare che l'adesivo polimerizzato produce un incremento di MOE di circa 1000 MPa rispetto al legno senza adesivo in entrambe le formulazioni (Ibrido 1 e 2). Il modulo di elasticità dei giunti incollati con gli adesivi Ibrido 1 e Ibrido 2 viene ricalcolato dopo 18 e 114 ore al fine di testarne la stabilità meccanica della formulazione adesiva nel tempo. Come si evince dalle Figure 1 e 2 la resistenza meccanica del giunto incollato, acquisita con la polimerizzazione dell'adesivo, sembra mantenersi stabile nel caso dell'Ibrido 2 (Fig. 2) o addirittura migliorare (Fig. 1) durante il periodo di tempo considerato. Grazie all'utilizzo di questa metodologia d'indagine si

ottiene rapidamente uno screening delle formulazioni adesive che fornisce indicazioni sulla performance tecnica dei prodotti incollati (Lei *et al.*, 2008; Garnier *et al.*, 2002; Laigle *et al.*, 1998). Al fine di paragonare le formulazioni adesive a base di polimeri silano-terminali con degli adesivi potenzialmente competitori, sono state misurate le curve del MOE durante la polimerizzazione dell'adesivo e dopo 18 e 114 ore di un giunto di legno di faggio incollato con una colla poliuretano commerciale (PU). I valori del MOE durante la polimerizzazione e dopo gli intervalli di tempo sopra indicati sono stati confrontati con quelli del MOE degli adesivi ibridi a base di polimeri silano-terminali e riportati in Figura 3.

Dal confronto delle tre formulazioni riportato nell'istogramma di Figura 3 si possono fare le seguenti osservazioni: il modulo di elasticità medio durante la reticolazione è superiore negli adesivi ibridi; l'adesivo reticolato conferisce al giunto di legno un resistenza meccanica comparabile negli adesivi Ibrido 2 e PU ma leggermente inferiore nel caso dell'adesivo Ibrido 1. Sebbene la TMA sia una tecnica predittiva affidabile, è necessario confermare la qualità dell'incollaggio delle nuove formulazioni con dei metodi normalizzati e, per soddisfare le esigenze dell'industria del mobile, testare l'incollaggio di diversi supporti in legno e altri materiali utilizzati nella fabbricazione dei manufatti. La Figura 4 riporta degli esempi di incollaggio di tranciati di legno di faggio. I campioni sono stati testati per la resistenza al taglio secondo la normativa UNI EN 205 del 2006.

I risultati mostrano che la resistenza al taglio media è compresa tra 8 e 10 N/mm<sup>2</sup>, soddisfacendo gli standard previsti per un incollaggio a secco, e che gli adesivi ibridi a base di polimeri silano-terminali sono adatti all'incollaggio di diversi substrati, tra i quali legno, polimetilmetacrilato e policarbonato e quindi adatti ad un utilizzo nell'industria del mobile dove, oltre al legno, si utilizzano altri materiali.

## Conclusioni

Questo studio interessa uno sviluppo di formulazioni adesive innovative nel settore del legno e in particolare del mobile, dove, tradizionalmente, sono utilizzate principalmente colle contenenti solventi o sostanze considerate potenzialmente rischiose per la salute umana. La formulazione di questa nuova famiglia di adesivi prevede l'utilizzo di polimeri silano-terminali e sono prive di solventi e di sostanze nocive.

Le prove condotte su due formulazioni ibride e su un adesivo poliuretano commerciale (potenzialmente competitor) utilizzato come controllo hanno messo in luce i seguenti aspetti:

- l'incollaggio a temperatura ambiente di due giunti di faggio con i suddetti adesivi è stabile nel tempo e comparabile al controllo;
- il MOE misurato con l'analisi termo-meccanica nell'utilizzo delle formulazioni ibride è paragonabile a quello di un adesivo poliuretano commerciale;
- la resistenza al taglio dei materiali incollati con gli adesivi silano-terminali ibridi è dell'ordine di 8-10 N/mm<sup>2</sup> e soddisfa gli standard in vigore;

- gli adesivi silano-terminali ibridi consentono l'incolaggio di materiali di diversa natura e risultano quindi sicuramente utilizzabili nell'industria del mobile.

Considerati i risultati emersi da questa ricerca, è possibile, a parità di performance tecniche, soddisfare gli standard richiesti nell'industria del mobile e l'utilizzo delle formulazioni testate sembra essere adatto anche ad usi strutturali. Ulteriori ricerche potranno portare a progressivi miglioramenti a livello tecnico, associati ad un allineamento alle regolamentazioni

normative sanitarie e ad una riduzione del costo di produzione.

### Ringraziamenti

Progetto realizzato grazie ad un finanziamento della Regione del Veneto a valere sul Fondo Sociale Europeo (DDR n. 345 del 21/12/2012 - codice Progetto 2105/1/3/1686/2012).

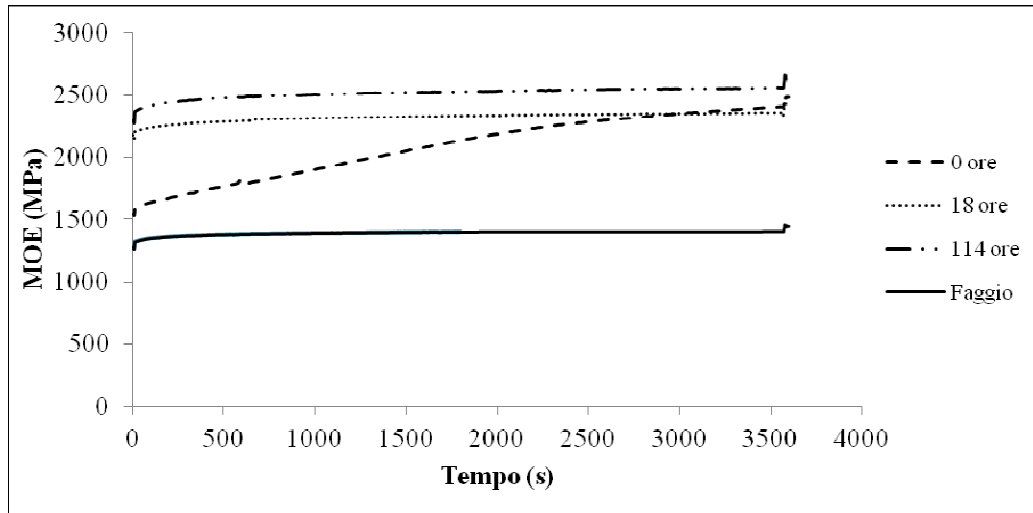


Figura 1. Modulo di elasticità (MOE) di un giunto di legno di faggio senza adesivo e incollato con l'adesivo Ibrido 1 testato in isoterma (25°C) per 1 ora durante la polimerizzazione (0 ore) e dopo 18 e 114 ore.

Figure 1. MOE measured by TMA of beech joints glued using the hybrid 1 silanes adhesive tested in isotherm (25°C) for 1 hour during hardening (0 hour) and after 18 and 114 hours.

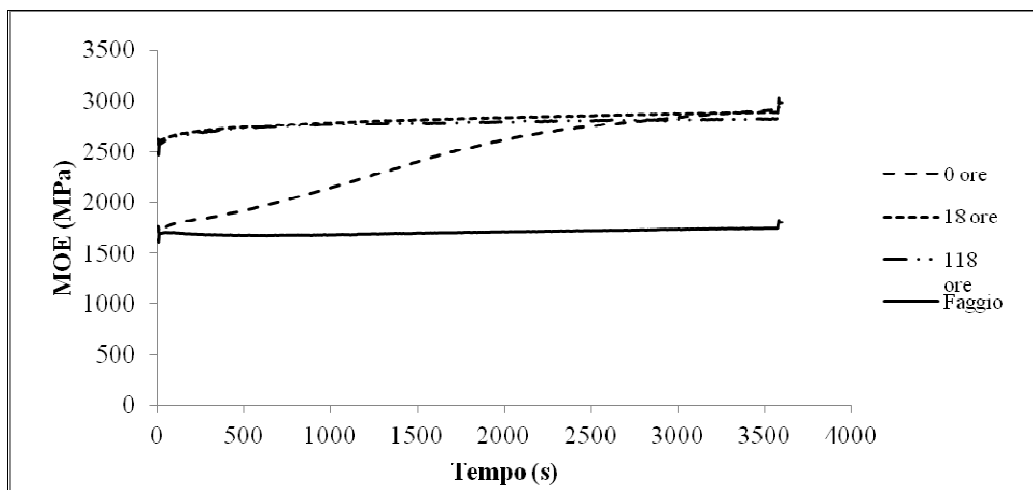


Figura 2. Modulo di elasticità (MOE) di un giunto di legno di faggio senza adesivo e incollato con l'adesivo Ibrido 2 testato in isoterma (25°C) per 1 ora durante la polimerizzazione (0 ore) e dopo 18 e 118 ore.

Figure 2. MOE measured by TMA of beech joints glued using the hybrid 2 silanes adhesive tested in isotherm (25°C) for 1 hour during hardening (0 hour) and after 18 and 114 hours.

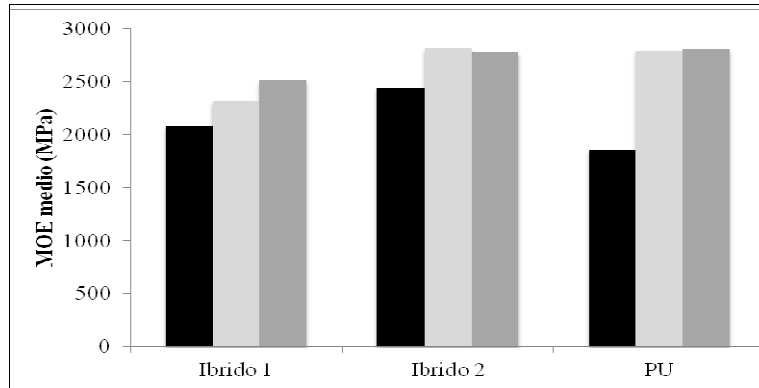


Figura 3. Modulo di elasticità medio (MOE) degli adesivi a base di polimeri silano-terminali (Ibrido 1 e Ibrido 2) e di un adesivo poliuretano (PU) commerciale misurato durante la polimerizzazione dell'adesivo (nero) e dopo 18 (grigio chiaro) e 114 ore (barra grigio scuro).

Figure 3. Average MOE measured by TMA of beech joints glued using the hybrid 1 and 2 silanes adhesive and a polyurethane adhesive available commercially (control) tested in isotherm (25°C) for 1 hour during hardening (black) and after 18 (light grey) and 114 hours (dark grey).

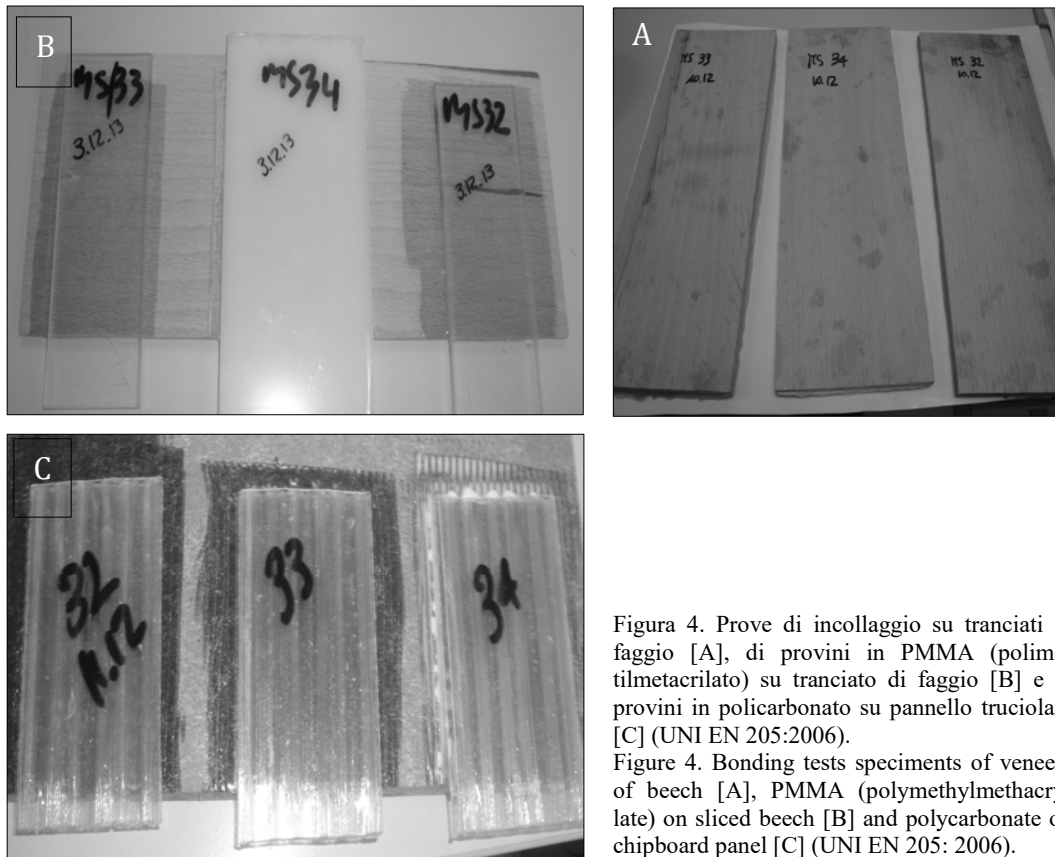


Figura 4. Prove di incollaggio su tranciati di faggio [A], di provini in PMMA (polimetilmetacrilato) su tranciato di faggio [B] e di provini in policarbonato su pannello truciolare [C] (UNI EN 205:2006).

Figure 4. Bonding tests specimens of veneers of beech [A], PMMA (polymethylmethacrylate) on sliced beech [B] and polycarbonate on chipboard panel [C] (UNI EN 205: 2006).

## SUMMARY

### Improving technical and environmental performance of adhesives used in the furniture industry

In the last years the use of wood adhesives must meet the requirements of an increased restrictive regulations. In fact, the current trend is the reduction/elimination of

harmful substances both in the adhesive formulation and during the useful life of the finished products. Wood adhesive could contain potentially harmful chemicals, as formaldehyde, isocyanate, phenol, ... If we consider the case of formaldehyde, a chemical used panels adhesives and coatings formulations, over the last forty years the amount has been greatly reduced and the current trend is to the drastic reduction/elimination of this substance and other harmful chemicals, such as isocyanate from all

glued products in response to the limitations imposed by the World Health Organization. Sustainability, namely the research for equilibrium in the short and in the long term between economic performance, environmental compatibility and social progress, is an issue that can not be circumvented by any productive sector.

This study describes a technology based on the development of silane-terminal adhesives (formal-dehyde-free adhesive).

The formulations have been characterized by spectroscopic techniques, thermo-mechanical analysis and testing glued on different media. Albeit with a slight increase in cost of products offered on the market so far, these adhesives have the same results of application of polyurethane adhesives used for timber and metals. The advantage are that they are more environmentally sustainable, solvent-free and without emissions. Furthermore, they can be used as an alternative to adhesives based on formaldehyde in several applications as the bonding of veneers of wood.

## BIBLIOGRAFIA

- Gangi M., Tabarsa T., Sepahvand S., Asghari J., 2013 – *Reduction of formaldehyde emission from plywood*. Journal of Adhesion Science and Technology, 27: 1407-1417
- Garnier S., Pizzi A., Huang Z., 2002 – *Dry I.B. forecasting of commercial tannin adhesives-bonded particleboard by TMA bending*. Holz als Roh-und Werkstoff, 60: 372
- Laigle Y., Kamoun C., Pizzi A., 1998 – *Particleboards I.B. forecast by TMA bending in UF adhesives curing*. Holz als Roh-und Werkstoff, 56: 154
- Lei H., Pizzi A., Du G., 2008 – *Environmentally friendly mixed tannin/lignin wood resins*. Journal of Applied Polymer Science, 107: 203-209
- Myers G.E., 1983 – *Formaldehyde emission from particleboard and plywood paneling: measurement, mechanism, and product standards*. Forest Products Journal, 33: 27-37.