

Entwicklung und Funktionsnachweis flammhemmender Härter für 2K-PUR

Development and Functional Validation of Flame-Retardant Curing Agents for 2K PUR

Projektleiter:

Project leader:

Dr. Andreas Fischer

Projektbearbeiter:

In-charge:

Dr. Andreas Fischer

Fördermittelgeber:

Co-funded by:

BMWE

Projekträger:

Project management:

EURONORM GmbH

Förderprogramm:

Funding programme:

INNO-KOM

Förderkennzeichen:

Funding code:

49VF220018

Laufzeit:

Term:

01.02.2023 - 31.07.2025

HINTERGRUND UND ZIELSTELLUNG

Im modernen Holzbau und im hochwertigen Innenausbau werden immer häufiger sichtbare Holzoberflächen eingesetzt, die zugleich wachsenden Anforderungen an den vorbeugenden Brandschutz genügen müssen. Transparente Klarlacksysteme auf Holz tragen hierzu in der Regel nur begrenzt bei, da sie vor allem optische und mechanische Funktionen erfüllen. Konventionelle Flammenschutzmittel lassen sich in solchen Systemen meist nur als zusätzliche Additive einsetzen und können dabei Transparenz, Langzeitbeständigkeit oder Verarbeitbarkeit deutlich beeinträchtigen.

Ziel des Vorhabens war es deshalb, neue phosphorhaltige, reaktive Flammschutzkomponenten für transparente Beschichtungen zu erarbeiten, die bei der Härtung kovalent in das Bindemittelsystem eingebunden werden. Auf diese Weise soll eine verbesserte Flammhemmung erreicht werden, ohne die für den Innenausbau typischen Anforderungen an Optik und Gebrauchstauglichkeit von Holzoberflächen grundlegend zu verändern.

BACKGROUND AND OBJECTIVE

In modern timber construction and high-quality interior fit-out, visible wood surfaces are being used increasingly often while at the same time having to meet growing requirements for preventive fire protection. Transparent clear-coat systems on wood generally make only a limited contribution in this respect, since they primarily fulfil optical and mechanical functions. In such systems, conventional flame retardants can usually only be incorporated as additional additives and may significantly impair transparency, long-term durability or processability.

The aim of the project was therefore to develop novel phosphorus-containing, reactive flame-retardant components for transparent coatings that become covalently incorporated into the binder system during curing. In this way, improved flame retardancy is to be achieved without fundamentally altering the optical appearance and service performance typically required of wood surfaces in interior applications.

VORGEHEN UND UNTERSUCHUNGSPROGRAMM

Ausgehend von geeigneten phosphororganischen Ausgangsverbindungen wurden im Labormaßstab unterschiedliche, reaktive Flammschutz-Bausteine synthetisch erschlossen und aufbereitet. Die neu entwickelten Bausteine wurden mittels NMR-, FTIR- und thermogravimetrischer Analyse

APPROACH AND INVESTIGATION PROGRAMME

Starting from suitable organophosphorus precursor compounds, various reactive flame-retardant building blocks were synthesised and prepared on a laboratory scale. The newly developed building blocks were characterised by NMR, FTIR and thermogravimetric analysis in order to assess

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

charakterisiert, um Struktur, Reinheit und thermisches Verhalten einordnen zu können. Parallel dazu wurde ein praxisnaher, transparenter Beschichtungsaufbau auf Basis eines handelsüblichen Polyurethansystems als Referenz definiert und hinsichtlich Härungsverhalten und thermischer Stabilität untersucht. Auf dieser Grundlage wurden Formulierungen mit und ohne Zusatz der neuartigen Flammschutzkomponenten erarbeitet. Die so hergestellten Klarlacksysteme wurden auf Glas- und Holzprüfkörper aufgebracht und unter definierten Bedingungen gehärtet.

Die gehärteten Filme wurden im Anschluss mit FTIR-Spektroskopie untersucht, um die Umsetzung der reaktiven Gruppen und die Einbindung der Flammschutz-Bausteine in das Bindemittelsystem zu bewerten. Ergänzend wurden thermogravimetrische Messungen im oxidierenden Milieu durchgeführt, um Aussagen zum thermischen Abbau und zur Ausbildung von Rückständen zu erhalten. Das Brandverhalten von beschichteten Holzproben wurde in kleinmaßstäblichen Laborversuchen mit definierter Beaufschlagung durch eine Flamme untersucht.

ZENTRALE ERGEBNISSE

Die Untersuchungen zeigen, dass sich die neu entwickelten phosphorhaltigen Flammschutzkomponenten grundsätzlich in transparente Beschichtungssysteme auf Polyurethanbasis einarbeiten lassen. Die gehärteten Filme bleiben – bei geeigneter Formulierung – klar und homogen und weisen ein anwen-

structure, purity and thermal behaviour.

In parallel, a practice-oriented transparent coating system based on a commercially available polyurethane system was defined as a reference and investigated with regard to curing behaviour and thermal stability. On this basis, formulations with and without the addition of the novel flame-retardant components were developed. The resulting clear-coat systems were applied to glass and wood test specimens and cured under defined conditions.

The cured films were then examined by FTIR spectroscopy in order to evaluate the conversion of the reactive groups and the incorporation of the flame-retardant building blocks into the binder system. In addition, thermogravimetric measurements under oxidative conditions were carried out in order to obtain information on thermal decomposition behaviour and residue formation. The fire behaviour of coated wood specimens was investigated in small-scale laboratory tests using defined flame exposure.

KEY RESULTS

The investigations show that the newly developed phosphorus-containing flame-retardant components can in principle be incorporated into transparent coating systems based on polyurethane. With suitable formulation, the cured films remain clear and homogeneous and exhibit curing and adhesion behaviour relevant for application. FTIR measurements indicate that the reactive flame-retardant building blocks

dungsrelevantes Härtings- und Haftungsverhalten auf. FTIR-Messungen deuten darauf hin, dass die reaktiven Flammschutz-Bausteine während der Härtung in das Polymernetzwerk eingebunden werden und nicht lediglich als physikalisch eingemischte Additive vorliegen.

Thermogravimetrische Analysen belegen im Vergleich zur Referenzbeschichtung ohne Flammschutz eine veränderte thermische Zersetzungseigenschaft. Für mehrere Varianten mit reaktiven phosphorhaltigen Komponenten wurde eine deutlich erhöhte Rückstandsbildung beobachtet. Dies wird als Hinweis auf eine verstärkte Kohleschichtbildung im Brandfall gewertet und ist aus Sicht des kondensphasigen Flammschutzes grundsätzlich positiv.

In kleinmaßstäblichen Brandversuchen an beschichteten Holzprüfkörpern zeigten ausgewählte, mit reaktiven Flammschutzkomponenten modifizierte Systeme im Vergleich zur Referenz eine deutlich reduzierte Neigung zum Nachbrennen und eine eingeschränkte Ausbreitung der Brandzone. Gleichzeitig konnten für diese Varianten transparente, gleichmäßige Beschichtungen erzielt werden, die die typische Anmutung einer Klarlackoberfläche auf Holz weitgehend erhalten.

BEWERTUNG, PRAXISRELEVANZ UND AUSBLICK

Die im Vorhaben erzielten Ergebnisse zeigen, dass die hier entwickelten, neuartigen reaktiven, phosphorhaltigen Flammschutzkomponenten einen vielversprechenden Ansatz zur

are incorporated into the polymer network during curing and are not merely present as physically admixed additives.

Thermogravimetric analyses, compared with the reference coating without flame retardancy, demonstrate a modified thermal decomposition profile. For several variants containing reactive phosphorus-based components, a significantly increased residue formation was observed. This is interpreted as an indication of enhanced char formation in the event of fire and is generally regarded as positive from the perspective of condensed-phase flame retardancy.

In small-scale fire tests on coated wood specimens, selected systems modified with reactive flame-retardant components showed, in comparison with the reference, a markedly reduced tendency to continue burning and a more limited spread of the fire-affected zone. At the same time, these variants yielded transparent, uniform coatings that largely preserved the typical appearance of a clear-coated wood surface.

ASSESSMENT, PRACTICAL RELEVANCE AND OUTLOOK

The results achieved in the project show that the novel reactive phosphorus-containing flame-retardant components developed here offer a promising approach to improving the fire behaviour of transparently coated wood surfaces. In contrast to conventional non-reactive additive concepts, there is potential to anchor the flame-retardant effect directly within the binder system and to reduce migration or leaching. A suitable

Verbesserung des Brandverhaltens transparent beschichteter Holzoberflächen bieten. Im Gegensatz zu klassischen, nicht-reaktiven Additivkonzepten besteht das Potenzial, die FlammSchutzwirkung direkt im Bindemittelsystem zu verankern und Migration oder Auswaschung zu verringern. Wichtig ist dabei ein Formulierungsfenster, in dem sowohl ausreichende Flammhemmung als auch eine den Anwendungserwartungen entsprechende Klarlackqualität erreicht werden. Darüber hinaus deuten die bisherigen Syntheseansätze darauf hin, dass die Systeme grundsätzlich aus technisch gut verfügbaren Rohstoffen zugänglich sind. Ein Transfer der Ergebnisse in die industrielle Anwendung ist denkbar und soll auf Basis einer laufenden Patentanmeldung weiter vorbereitet werden.

formulation window is essential in which both sufficient flame retardancy and a clear-coat quality in line with application expectations can be achieved. In addition, the synthesis routes developed so far indicate that the systems are, in principle, accessible from technically well-available raw materials. A transfer of the results into industrial application is conceivable and is to be further prepared on the basis of an ongoing patent application.