

RIPEnTOUGH

Reactive Inkjet Printing for Tough Coatings

Programm / Ausschreibung	KLWPT 24/26, KLWPT 24/26, Ressourcenwende 2025	Status	laufend
Projektstart	01.04.2026	Projektende	31.03.2029
Zeitraum	2026 - 2029	Projektlaufzeit	36 Monate
Projektförderung	€ 1.499.651		
Keywords	Multimaterial printing; Thiol-ene polymers; Functionally graded materials; Vitrimers; High toughness Coatings		

Projektbeschreibung

Das RIPEnTOUGH-Projekt zielt auf die Weiterentwicklung der Reactive Inkjet Printing (RIP)-Technologie, insbesondere das Substrate Coalescence RIP (SC-RIP), ab. SC-RIP ermöglicht das separate Aufbringen mehrerer Material-Komponenten, die sich erst bei Kontakt mit dem Substrat vermischen und dort miteinander reagieren, um robuste und selbstheilende thiol-(meth)acrylatbasierte Beschichtungen zu erzeugen. Die Entwicklungen bauen auf dem RIPE4TEC-Projekt (M-ERA.NET, Nr. 878511) auf, in dem die Herstellung von thermisch härtbare Epoxid-Amine-Thermosets mittels SC-RIP demonstriert wurde. RIPEnTOUGH geht darüber hinaus und fokussiert sich auf UV-härtbare Materialien mit schnelleren Aushärtungszeiten. Mit diesem Konzept denkt RIPEnTOUGH Herstellungsprozesse für funktionell heterogene Materialien völlig neu.

SC-RIP bietet sowohl Skalierbarkeit als auch Präzision, was die Herstellung homogener und heterogener Materialien mit chemischen Gradienten ermöglicht. Anders als herkömmliche Methoden kann SC-RIP reaktive Tinten wie Thiol-(Meth)acrylat und UV-härtbare Tinten direkt auf dem Substrat mischen und so vorzeitige Reaktionen im Produktionsprozess verhindern. Dies ist besonders vorteilhaft bei der Entwicklung haltbarer Beschichtungen mit verbesserter Zähigkeit und Rissbeständigkeit, bei gleichzeitiger Recyclingfähigkeit. Der digitale SC-RIP ermöglicht darüber hinaus, mikrostrukturierte Materialien mit erhöhter Zähigkeit, Festigkeit und Kratzfestigkeit zu erzeugen.

Neben der Technologieentwicklung konzentriert sich das Projekt auf die Entwicklung von Beschichtungen mit vitrimerischen Eigenschaften, die sich durch Selbstheilung und Recyclingfähigkeit auszeichnen. Diese Materialien werden Thiol-(Meth)acrylat-Polymere enthalten, um die Sprödigkeit reiner Acrylate zu vermindern. Selbstheilende Eigenschaften werden durch vitrimerische Netzwerke erreicht, die sich unter Belastung reorganisieren. Diese Materialien zerfallen unter umweltfreundlichen Bedingungen in ungiftige, biologisch abbaubare Fragmente, was das Recycling am Ende der Lebensdauer ermöglicht und nachhaltige Lösungen für die Beschichtungsindustrie bietet. RIPEnTOUGH reagiert auf den industriellen Bedarf an Beschichtungen, die Sauerstoffinhibierung widerstehen, bessere Haftung und selbstheilende Eigenschaften bieten und eignet sich für Anwendungen wie intelligente Klebstoffe, Außenflächen und Laminierungen. Das Projekt umfasst sieben Arbeitspakete und entwickelt maßgeschneiderte Tinten, Hardware und Software für SC-RIP, um eine präzise Steuerung der Tintenabgabe und des Mischvorgangs zu gewährleisten. Es wird auch die Umweltvorteile der

Beschichtungen bewerten, mit einem Fokus auf Abfallreduktion, Ressourceneffizienz und Recyclingfähigkeit. Drei Anwendungsfälle (UC1-3) werden abgedeckt: 1) die Weiterentwicklung bestehender UV-Tintensysteme in sauerstoffinhibierungsresistente Thiol-(Meth)acrylat-Systeme, 2) die Erhöhung der Zähigkeit für Außenbeschichtungen und 3) die Direktbeschichtung von Fensterrahmen zur Verbesserung der Haftung und Reduzierung der Materialkosten. RIPPEnTOUGH zielt darauf ab, die Lebensdauer von Produkten zu verlängern, Materialabfälle zu reduzieren und zur Kreislaufwirtschaft beizutragen, indem neue Methoden und Materialien entwickelt werden, die Haltbarkeit, Nachhaltigkeit und Recyclingfähigkeit vereinen. Die Zusammenarbeit mit Industriepartnern wie TIG und INKA stärkt die Innovationskraft im Bereich RIP-Technologie in Österreich und Europa.

Abstract

The RIPPEnTOUGH project aims to advance Reactive Inkjet Printing (RIP) technology through a specialized form called Substrate Coalescence RIP (SC-RIP). SC-RIP enables the separate deposition of two components, which only mix and react upon contact with the substrate, creating robust and self-healing thiol-(meth)acrylate-based coatings. This builds on the RIPPEnTOUGH project (M-ERA.NET, Project No. 878511), where it was demonstrated that SC-RIP can produce thermally curable epoxy-amine thermosets with properties comparable to cast samples. RIPPEnTOUGH goes further by focusing on UV-curable materials with faster curing times. With this concept, RIPPEnTOUGH is completely rethinking manufacturing processes for functionally heterogeneous materials.

SC-RIP offers both scalability and precision, allowing the production of homogeneous and heterogeneous materials with chemical gradients. Unlike traditional methods, SC-RIP can directly mix reactive inks such as thiol-(meth)acrylate and UV-curable inks on the substrate, preventing premature reactions. This is particularly advantageous in developing functional coatings with improved toughness, crack resistance, and recyclability. The digital SC-RIP additionally makes it possible to produce microstructured materials with increased toughness, strength and scratch resistance.

In addition to the technology developments, the project focuses on developing coatings with vitrimeric properties—dynamic covalent adaptable networks (CAN) that enable self-healing and recyclability. These materials will include thiol-(meth)acrylate polymers, addressing the brittleness of pure acrylates. By adjusting printing parameters, microstructured coatings with enhanced toughness, strength, and scratch resistance will be created. Self-healing properties will be achieved through vitrimeric networks that reorganize under stress and enable recyclability at the end of their service life. These coatings will decompose into non-toxic, biodegradable fragments under environmentally friendly conditions, offering sustainable solutions for the coatings industry. RIPPEnTOUGH addresses industrial demand for coatings resistant to oxygen inhibition, with improved adhesion and self-healing properties, making them suitable for applications like smart adhesives, outdoor surfaces, and laminates.

The project consists of seven work packages and will develop custom inks, hardware, and software for SC-RIP, ensuring precise control of ink deposition and the mixing process. It will also evaluate the environmental benefits of the coatings, focusing on waste reduction, resource efficiency, and recyclability. Three use cases (UC1-3) will be covered: 1) advancing existing UV-ink systems into oxygen-inhibition-resistant thiol-(meth)acrylate systems, 2) increasing toughness for outdoor coatings, and 3) direct coating on window frames to improve adhesion and reduce material costs.

RIPPEnTOUGH aims to extend product lifespans, reduce material waste, and contribute to the circular economy by developing a new generation of coatings that combine durability, sustainability, and recyclability. Collaboration with industry partners like TIG and INKA also strengthens innovation in RIP technology in Austria and Europe.

Projektkoordinator

- JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

Projektpartner

- INKATRONIC GmbH
- National University of Science and Technology POLITEHNICA Bucharest Department of Strength of Materials
- Montanuniversität Leoben
- TIGER Coatings GmbH & Co. KG