HELOW

Hartstoffbeschichtungen als Erosionschutz für laserstrukturierte Oberflächen in der Windkraft

Programm / Ausschreibung	Energieforschung (e!MISSION), Energieforschung, Energieforschungsprogramm 2023	**Status**	laufend
Projektstart	01.10.2024	**Projektende**	30.09.2027
Zeitraum	2024 - 2027	**Projektlaufzeit**	36 Monate
Keywords	Ultrakurzpulslaser, Hartstoffschichten, Eisphobie,Tribologie, Windenergie		

Projektbeschreibung

Der Klimawandel stellt eine globale Bedrohung dar, zu dessen Bewältigung eine Vielzahl von Maßnahmen zur Reduktion der CO2-Emissionen umgesetzt werden müssen. Die Erzeugung erneuerbarer Energie, wie Windkraft, kann dazu einen maßgeblichen Beitrag leisten. Allerdings kann sowohl die Vereisung als auch die Erosion der Rotorblätter einer Windkraftanlage (WKA) den Energieertrag vermindern. Zudem stellt ein Ablösen größerer Eisstücke eine Gefährdung für Personen und Infrastruktur in der Nähe der Anlagen dar. Eine Erosion der Rotorblätter ist unvermeidbar, da sie durch Kollision mit Sandpartikeln, Regentropfen, Insekten, Schnee, Hagel und Vögel hervorgerufen wird. Durch Erosion und durch mögliche Vereisungsereignisse steigt einerseits der Wartungsaufwand, anderseits sinkt der Wirkungsgrad. Der Klimawandel führt zudem zu einer Zunahme an Extremwetterereignissen, welche wiederum zur erhöhten Belastung der Rotorblätter von WKAs beitragen. Im Rahmen des Projekts werden wir uns daher mit Maßnahmen zur Verbesserung des Schutzes vor Erosion und Verminderung der Vereisung beschäftigen.
Mit einem Ultrakurzpulslaser werden wir Mikro- und Nanostrukturen herstellen um die Eisadhäsion zu vermindern und deren Verschleißbeständigkeit durch eine Hartstoffbeschichtung verbessern. Die prinzipielle Tauglichkeit einer Laserstrukturierung zur Verminderung der Eisadhäsion konnte bereits im Zuge eines Vorgängerprojekts NICE (FFG#871733) gezeigt werden.
Wir werden im Projekt neue Hartstoffschichten als Erosionsschutz für Faserverbundmaterialen entwickeln, testen und ihre Adhäsion zwischen Faserverbundmaterial und Hartstoffschicht optimieren. Aus der Literatur ist bekannt, dass größere Schichtdicken bspw. von Titannitrid grundsätzlich einen sehr hohen Verschleißschutz bieten, allerdings ist bisher die Adhäsion der Schichten mangelhaft. Wir werden daher gezielt die Adhäsion der Schichten untersuchen um eine bessere Haftung zu erzielen und die mögliche Delamination bei größeren Schichtdicken zu reduziert. Unser Projekt zielt auf die Entwicklung erosionsbeständiger und passiv eisabweisender Oberflächen, welche Eisakkumulationen und den Wartungsaufwand bei Windkraftanlagen signifikant reduzieren.
Um die Leistungsfähigkeit der in HELOW entwickelten eisabweisenden beschichteten Strukturen zu beurteilen, werden experimentelle Vereisungstests mit verschiedenen Probenkörpern durchgeführt. Dazu wird das Benetzungs- und Enteisungsverhalten gemessen, sowie Untersuchungen unter aerodynamischen Anströmungsbedingungen im TUW-Klimawindkanal durchgeführt. Zusätzlich werden UV- und thermische Beständigkeit sowie die Sanderosionsbeständigkeit im Laborexperiment bestimmt. Um Aufschluss über die eisabweisenden Eigenschaften unter realen Bedingungen im Feld, die

Dauerhaftigkeit bei realistischen Anströmungsbedingungen an einem Rotorblatt sowie über das Ablösungsverhalten und die Eisabwurfneigung zu erhalten, sollen ausgewählte eisabweisende Oberflächen auf den Rotorblättern einer Kleinwindkraftanlage aufgebracht und im Feldversuch getestet werden. Dabei soll die Eisakkumulation überwacht und mit einem nicht modifizierten Referenzrotorblatt verglichen werden.
Durch die verminderte Erosion erwarten wir auch einen reduzierten Eintrag von Mikroplastik in die Umwelt.

Abstract

Climate change is a global threat that requires a wide range of measures to be implemented to reduce CO2 emissions. The generation of renewable energy, such as wind power, can make a significant contribution to this. However, both icing and erosion of the rotor blades of a wind turbine can reduce the energy yield. In addition, the detachment of large pieces of ice poses a risk to people and infrastructure near the turbines. Erosion of the rotor blades is unavoidable, as collisions with sand particles, raindrops, insects, snow, hail, and birds cause it. Erosion and possible icing events increase maintenance costs on the one hand and reduce efficiency on the other. Climate change is also leading to an increase in extreme weather events, which in turn contribute to increased stress on the rotor blades of wind turbines. As part of the project, we will look at measures to improve protection against erosion and reduce icing.
We will use an ultrashort pulse laser to produce micro- and nanostructures to reduce ice adhesion and improve their wear resistance with the help of hard coatings. The basic suitability of laser structuring to reduce ice adhesion has already been demonstrated in a previous project, NICE (FFG#871733).
In the project, we will develop and test new hard material layers as erosion protection for fiber composite materials and optimize their adhesion between the fiber composite material and the hard material layer. It is known from the literature that thicker layers, e.g., of titanium nitride, generally offer very high wear protection, but the adhesion of the layers has so far been inadequate. We will, therefore, specifically investigate the adhesion of the coatings to achieve better adhesion and reduce possible delamination at greater coating thicknesses. Our project focuses on developing erosion-resistant and passively ice-repellent surfaces that significantly reduce ice accumulation and maintenance requirements on wind turbines
Experimental icing tests will be carried out with various samples to assess the performance of the ice-repellent coated structures developed in HELOW. For this purpose, the wetting and de-icing behaviour is measured, and tests are carried out under aerodynamic flow conditions in the TUW climatic wind tunnel. In addition, UV and thermal resistance, as well as sand erosion resistance, are determined in laboratory experiments. To obtain information about the ice-repellent properties under actual conditions in the field, the durability under realistic inflow conditions on a rotor blade, as well as the detachment behaviour and the ice shedding tendency, selected ice-repellent surfaces are to be applied to the rotor blades of a small wind turbine and tested in field trials. The ice accumulation will be monitored and compared with an unmodified reference rotor blade.
By reducing erosion, we also expect to reduce the amount of microplastics released into the environment.

Projektkoordinator

- Technische Universität Wien

Projektpartner

- Energiewerkstatt