Presseinformation

ILJIN und Fraunhofer ILT beseitigen Störgeräusch im E-Auto

EHLA bringt Ruhe ins Elektrofahrzeug

Der südkoreanische Automobilzulieferer ILJIN suchte eine Lösung für ein störendes Ping-Noise-Phänomen an der Schnittstelle zwischen Radlager und Antriebswelle. Gemeinsam mit dem Fraunhofer ILT entwickelte ILJIN dafür eine EHLA-basierte Funktionsschicht, die nun den Weg in die Massenproduktion schafft. Die Anwendung zeigt, wie aus einem konkreten Industrieproblem ein serienfähiger Laserprozess entsteht. Sie zeigt auch, warum die Lösung nicht im Werkstoff allein liegt, sondern in der funktionsgerechten Auslegung von Bauteil, Oberfläche und Prozess.

Ein Elektroauto fährt fast lautlos an. Die starke Geräuschreduktion der Antriebstechnologie macht akustische Phänomene hörbar, die zuvor unbemerkt blieben. Knacken, Knirschen oder metallisches Klicken fallen im Innenraum deutlich stärker auf, gerade an Schnittstellen der Kraftübertragung, etwa zwischen Radlagereinheit und Antriebswelle.

Adam Dmytryszyn ist Wheel Bearing R&D Director Europe beim südkoreanischen Automobilzulieferer und Radlagerspezialisten ILJIN. Sein Entwicklungsteam unterstützt Projekte für europäische Kunden und sucht ständig nach neuen Fertigungsverfahren mit Potenzial für die Serienfertigung. Bei ILJIN rückte dabei das sogenannte Ping-Noise-Phänomen in den Fokus: ein NVH-Problem (Noise, Vibration, Harshness), das bei vielen modernen Fahrzeugen auftritt.

ILJIN zählt zu den weltweit größten Anbietern von Radlagern und fertigt solche Komponenten in hochautomatisierten Linien in Millionenstückzahlen. Ausgehend von den Anforderungen und in enger Abstimmung mit ILJIN entwickelte das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT eine EHLA-Beschichtung, welche die Kontaktbedingungen an der Radlagereinheit gezielt verändert. EHLA steht für Extremes Hochgeschwindigkeits-Laserauftragschweißen. Das Fraunhofer ILT hat diese besonders wirtschaftliche und materialschonende Beschichtungstechnologie entwickelt.

Ursache an der Radlagereinheit-Antriebswellen-Schnittstelle

»Das Geräusch entsteht nicht, weil ein Bauteil bricht oder sich löst, was manche vermuten, wenn sie es hören. Es entsteht, weil an der Kontaktfläche zwischen Radnabe und Gleichlaufgelenk sehr hohe Kräfte auftreten«, erklärt Dmytryszyn. Beim Anfahren oder Rekuperieren wirkt bei Elektrofahrzeugen ein sehr hohes Drehmoment; es verformt die

Antriebswelle minimal. Dadurch haften die beiden Stahlflächen an der Schnittstelle zunächst aneinander, gleiten dann ruckartig und haften wieder. Dieser Stick-Slip-Effekt setzt in Sekundenbruchteilen Energie frei, die im Fahrzeug wahrnehmbare Vibrationen und Geräusche erzeugt.

Technisch handelt es sich nur um eine winzige Relativbewegung. Im Fahrzeug klingt sie jedoch wie ein hartes metallisches Knacken, also wie Ping-Noise. Bei Elektrofahrzeugen tritt dieser Effekt stärker in den Vordergrund. Sie liefern hohe Drehmomente schon aus dem Stand und fahren zugleich so leise, dass selbst kurze Impulse aus dem Fahrwerk stören.

Genau hier stoßen klassische Gegenmaßnahmen an Grenzen. »Schmierfette mindern das Reiben kurzfristig, werden aber im Betrieb verdrängt und verlieren mit der Zeit ihre Wirkung«, erläutert der Radlager-Experte. »Zusätzliche Scheiben mit reibarmen Beschichtungen bringen neue Bauteile in eine ohnehin enge Schnittstelle, erhöhen Aufwand und Kosten und verändern den Bauraum. Zusätzlich können sie PFAS-haltige Materialien enthalten, die als umweltschädlich gelten.«

Für ein Radlager, das millionenfach gebaut wird und zugleich sicherheitsrelevant ist, reicht ein Ansatz nicht aus, der nur im Versuch funktioniert oder einzelne Störgeräusche überdeckt. ILJIN suchte eine Lösung, die den hohen Qualitäts- und Kostenansprüchen entspricht und sich nahtlos in die bestehende Produktion einfügt. Aus einem akustischen Problem der Kunden wurde damit eine Frage von Design, Werkstoff und Prozess: Welche Funktionsschicht verändert die Kontaktfläche so, dass das Geräusch verschwindet, ohne das Bauteil selbst zu schwächen?

Fraunhofer ILT und ILJIN starten Entwicklungsprojekt

Den entscheidenden Impuls bekam Adam Dmytryszyn nicht in einem klassischen Automotive-Projekt, sondern beim Blick über den eigenen Tellerrand. Auf der Hannover Messe 2023 sah er eine EHLA-Anwendung des Fraunhofer ILT, bei der eine dünne metallische Schicht mit hoher Präzision aufgetragen und simultan zerspanend nachbearbeitet wurde. Eigentlich ging es dort um ein Gleitlager für Windkrafträder. Für ihn zählte aber sofort der technische Kern: eine dünne, belastbare Schicht mit geringer Oberflächenrauheit, metallisch angebunden, mit sehr geringer Wärmeeinwirkung und hoher Prozessgeschwindigkeit. Genau diese Mischung passte zum Problem an der Radlager-Schnittstelle.

Aus dem Messekontakt entstand ein Entwicklungsprojekt. ILJIN brachte das Bauteil, das Systemwissen und die Anforderungen aus der Automobilproduktion ein. Aus der funktionellen Definition des Anwendungsfalls leiteten ILJIN und das Fraunhofer ILT gemeinsam Randbedingungen für die Beschichtung ab: Werkstoff, Schichtdicke, Wärmeeinflusszone und Oberflächenqualität.

Am Fraunhofer ILT übernahmen Viktor Glushych, Gruppenleiter Beschichtung LMD und Wärmebehandlung, und Projektleiter Eduard Weisser die Aufgabe, daraus einen robusten und effizienten EHLA-Prozess zu entwickeln. Das ILJIN-Team konnte mit technischen Fragen direkt auf das Fraunhofer ILT-Team zugehen, Prozessverständnis aufbauen und die nächsten Schritte von der Musterteilfertigung bis zur seriennahen Anwendung gemeinsam mit den Aachener Fachleuten ableiten.

In der Machbarkeitsstudie zeigte sich schnell, dass der Ansatz nicht nach dem Prinzip »Werkstoff auswählen, Schicht auftragen, Problem gelöst« funktioniert. Eine metallische Schicht auf ein Bauteil aufzubringen, ist nur der erste Schritt. Entscheidend war die fachliche Tiefe, mit der das Team des Fraunhofer ILT den Prozess auf die konkrete Anwendung auslegte: auf das Bauteil, die Oberfläche, den Pulverwerkstoff, die Prozessparameter, die Schichtdicke und die Energiebilanz. Erst aus diesem Zusammenspiel entstand eine Beschichtung, die nicht nur haftet, sondern unter realen Lasten funktioniert und sich für einen industriellen Prozess eignet. Das Fraunhofer ILT-Team untersuchte systematisch verschiedene Schichtvarianten, prüfte die Anbindung an den Lagerstahl, ermittelte Härte und Wärmeeinflusszone und übertrug den Prozess Schritt für Schritt vom einfachen Muster auf das reale Radlager.

ILJIN testete und verglich die vom Fraunhofer ILT hergestellten Versuchsmuster. Dafür verfügt ILJIN in Deutschland über ein Prüffeld, in dem das Unternehmen unter fahrzeugnahen Bedingungen testet. Die Ergebnisse der ersten Funktionstests flossen in die finale Prozessauslegung ein.

Gerade weil der betroffene Bereich sicherheitsrelevant ist, stellte ILJIN besonders hohe Anforderungen an den Beschichtungsprozess. Die Beschichtung brauchte eine fehlerfreie stoffschlüssige Anbindung, durfte den darunterliegenden Stahl aber nicht durch thermische Einwirkung schädigen. Zugleich musste sie sich unter hoher Flächenpressung so verhalten, dass die Kontaktfläche über die gesamte Lebensdauer eines Fahrzeugs ihre Funktion erfüllt.

Geräusch verschwindet, Schnittstelle bleibt stabil

»Für diese Anwendung war EHLA vor allem deshalb interessant, weil sich damit sehr kurze Prozesszeiten, niedrige Stückkosten und eine einfache Integration in bestehende Produktionslinien verbinden lassen«, sagt Glushych. »Gleichzeitig entsteht eine metallisch angebundene, PFAS-freie Funktionsschicht, die genau auf die Anforderungen von ILJIN an diese Schnittstelle abgestimmt ist und bestehenden Lösungen in vielen Aspekten überlegen ist.«

Beim Extremen Hochgeschwindigkeits-Laserauftragschweißen trifft das Metallpulver nicht kalt auf die Oberfläche. Der Laserstrahl schmilzt es bereits vor dem Auftreffen auf das Bauteil auf. Dadurch verbindet EHLA hohe Beschichtungsraten mit einem geringen Wärmeeintrag in das Grundmaterial. Für das Radlager war genau das entscheidend.

Die Oberfläche musste gezielt funktionalisiert werden, der Stahl darunter aber seine mechanischen Eigenschaften behalten. So entstand eine dünne Funktionsschicht, die nicht als zusätzliches Bauteil in die Schnittstelle kommt, sondern direkt Teil der Radlageroberfläche wird. »Das macht den Ansatz besonders für Anwendungen interessant, bei denen hohe Anforderungen an Performance und Bauteilsicherheit auf strenge Kosten- und Qualitätskriterien treffen«, erklärt Glushych.

Für ILJIN zählte dabei nicht nur die technische Machbarkeit, sondern auch der Weg in die Fertigungslinie. Ein Radlager ist kein Labordemonstrator, sondern ein Bauteil, das in sehr hohen Stückzahlen und mit strengem Takt entsteht. Die Beschichtung musste deshalb am komplett montierten Radlager gelingen, sich in einen bestehenden hochautomatisierten Ablauf einfügen und die Fertigungstaktung einhalten. Nach dem Fügen, Montieren und Prüfen durfte kein langsamer, aufwändiger Spezialprozess folgen, der die ganze Linie ausbremst.

Das Team des Fraunhofer ILT arbeitete deshalb von Anfang an mit dem Ziel, die Schicht in wenigen Sekunden am fertig montierten Radlager aufzubringen. Durch eine passende Prozessauslegung entfiel die anschließende mechanische Nachbearbeitung. Auch die Beschichtungsoberfläche selbst wurde Teil der Lösung: Ihre Rauheit erwies sich nicht als Nachteil, sondern half dabei, Schutz- und Schmierstoffe aufzunehmen und die Kontaktfläche zwischen Radnabe und Antriebswelle zusätzlich zu stabilisieren.

Aus dem Labor in die Automotive-Serie

Tests auf Prüfständen und im Fahrzeug zeigten, ob der Ansatz wirklich trägt. Dort zählt nicht nur, ob eine EHLA-Schicht die in der Machbarkeitsstudie festgelegten werkstofftechnischen Kriterien erfüllt. Entscheidend ist, ob sie nach Montage, Lastwechseln, Korrosion, Schmutz, Temperaturwechseln und vielen Fahrzyklen noch immer ihre Funktion erfüllt.

Die beschichtete Kontaktfläche hielt stand. »Bei allen Langzeittests, die wir intern und mit unseren Kunden bisher durchgeführt haben, gab es keine Probleme mit der aufgetragenen Schicht«, beschreibt Dmytryszyn. »Sie ließ die Relativbewegung zu, ohne dass sich die Gegenfläche so stark beschädigte wie zuvor. Das störende Ping-Geräusch verschwand, die Schnittstelle blieb funktionsfähig. Wegen der geringen Schichtdicke eignet sich die Lösung für viele existierende Designs unserer Kunden direkt, ohne dass angrenzende Komponenten modifiziert werden müssen.«

Auch für das Fraunhofer ILT markiert die Anwendung einen wichtigen Meilenstein im Technologietransfer. Nach bereits etablierten EHLA-Anwendungen, etwa bei der Beschichtung von Bremsscheiben, gelingt damit ein weiterer Transfer aus Aachen in die Serienfertigung der Automobilindustrie. Umfangreiche Tests und intensive Prüfungen haben inzwischen dazu geführt, dass ein erster Kunde die Serienfertigung beauftragt hat. ILJIN setzt die beschichteten Radlager nun für die Massenproduktion in Millionenstückzahlen um. Das Team des Fraunhofer ILT begleitet diesen Schritt weiter und unterstützt ILJIN dabei, den Prozess stabil, wiederholbar und qualitätsgesichert in die Fertigung zu übertragen.

Das ist alles andere als selbstverständlich. Gerade bei sicherheitsrelevanten Automotive-Komponenten reichen gute Versuchsergebnisse nicht aus. Der Prozess braucht kundenseitige Freigaben, dauerhaft beherrschbare Qualität und kurze Taktzeiten. Dass dieser Weg gelungen ist, zeigt, wie weit die Arbeit von Viktor Glushych, Eduard Weisser und dem ILJIN-Team über eine klassische Machbarkeitsstudie hinausging.

»Mit der Serienanwendung am Radlager haben wir gezeigt, dass EHLA auch unter sehr anspruchsvollen Automotive-Bedingungen funktioniert«, sagt Glushych. »Jetzt geht es darum, dieses Wissen auf weitere Produkte zu übertragen – nicht als Standardlösung, sondern als Ausgangspunkt für neue, anwendungsspezifische Funktionsschichten.«

Die Anwendung bei ILJIN zeigt den erfolgreichen Transfer aus dem Fraunhofer ILT in die industrielle Serie. Aus einem Geräuschproblem an einer Schnittstelle entstand ein Laserprozess, der den Sprung in die Massenfertigung der Automobilindustrie schafft. ILJIN möchte EHLA künftig auch für Funktionsschichten in anderen Produktbereichen einsetzen, etwa in der Robotik sowie bei Fahrwerk- und Antriebskomponenten. Überall dort, wo gezielt angepasste Kontakteigenschaften Vorteile bringen.

Bild 1: Das fertig beschichtete Generation 3 Radlagereinheit von ILJIN: Die EHLA-Funktionsschicht sitzt auf der Ringfläche, an der im Fahrzeug die Schnittstelle zur Antriebswelle entsteht. Sie verändert die Kontaktfläche gezielt, ohne ein zusätzliches Bauteil in den engen Bauraum einzubringen. © ILJIN GmbH

Bild 2: Beim Extremen Hochgeschwindigkeits-Laserauftragschweißen EHLA wird Metallpulver im Laserstrahl aufgeschmolzen und als dünne Funktionsschicht auf das Bauteil aufgetragen. Für die Anwendung am Radlager war entscheidend, dass der Beschichtungsprozess kostengünstig und effizient ist und nur wenig Wärme in das Grundmaterial einbringt. © Fraunhofer ILT, Aachen.

Bild 3: Im Querschliff wird sichtbar, wie dünn die aufgetragene Funktionsschicht ist. In der Machbarkeitsstudie untersuchte das Fraunhofer ILT verschiedene Beschichtungswerkstoffe, Prozessstrategien und Verfahrensparameter, um die Beschichtung an das sicherheitskritische Radlager anzupassen. © Fraunhofer ILT, Aachen.

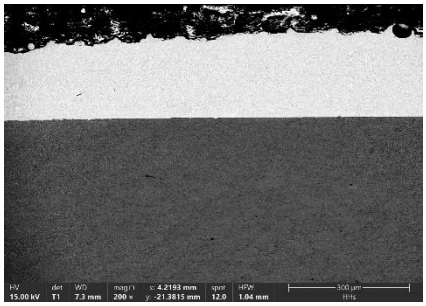

Bild 4: Mikroskopischer Blick in die Randzone: Die EHLA-Beschichtung soll metallisch fest angebunden sein, den Lagerstahl darunter aber nur minimal thermisch beeinflussen. Genau dieses Verhältnis aus Bindung und geringer Wärmeeinwirkung führte zur Auswahl des EHLA-Verfahrens für die Anwendung. © Fraunhofer ILT, Aachen.

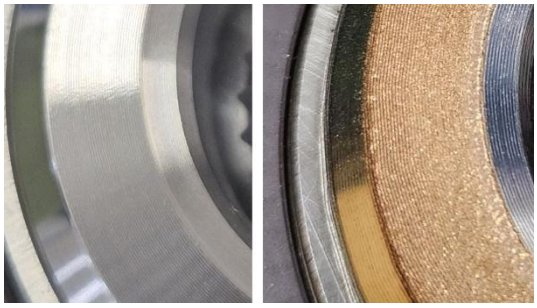

Bild 5: Die Kontaktfläche des Radlagers vor (links) und nach (rechts) der EHLA-Beschichtung. Die raue Struktur der Funktionsschicht ist gezielt erwünscht: Sie kann Schutz- und Schmierstoffe aufnehmen und trägt so dazu bei, die Kontaktfläche zwischen Radnabe und Antriebswelle dauerhaft zu stabilisieren. © ILJIN GmbH

Bild 6: Adam Dmytryszyn, Wheel Bearing R&D Director Europe bei ILJIN, stellte auf dem AKL – International Laser Technology Congress 2026 in Aachen vor, wie das Fraunhofer ILT mit ILJIN eine EHLA-basierte Funktionsschicht für Radlager entwickelte vom ersten Muster bis zur industriellen Anwendung. © Fraunhofer ILT, Aachen.

Kontakt

Fachliche Ansprechpersonen

Viktor Glushych
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT
Gruppenleiter Beschichtung LMD und Wärmebehandlung
Tel. +49 241 8906-152
viktor.glushych@ilt.fraunhofer.de

Eduard Weisser
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT
Gruppe Beschichtung LMD und Wärmebehandlung
Tel. +49 241 8906-442
eduard.weisser@ilt.fraunhofer.de

Pressekontakt

Petra Nolis
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT
Kommunikation
Gruppenleitung
Tel. +49 1714115001
petra.nolis@ilt.fraunhofer.de

www.ilt.fraunhofer.de

Die Fraunhofer-Gesellschaft mit Sitz in Deutschland ist eine der führenden Organisationen für anwendungsorientierte Forschung. Im Innovationsprozess spielt sie eine zentrale Rolle – mit Forschungsschwerpunkten in zukunftsrelevanten Schlüsseltechnologien und dem Transfer von Forschungsergebnissen in die Industrie zur Stärkung unseres Wirtschaftsstandorts und zum Wohle unserer Gesellschaft. Seit ihrer Gründung als gemeinnütziger Verein im Jahr 1949 nimmt sie eine einzigartige Position im Wissenschafts- und Innovationssystem ein.
Mehr als 30 000 Mitarbeitende an 74 Instituten und selbstständigen Forschungseinrichtungen in Deutschland erarbeiten das jährliche Finanzvolumen von 3,6 Mrd. €. Davon entfallen 3,2 Mrd. € auf das zentrale Geschäftsmodell von Fraunhofer, die Vertragsforschung.