PRESSEINFORMATION

Per 3D-Druck elektrische Funktionen direkt in Bauteile integrieren: robust und filigran mit WEAM

Auf der Formnext 2025 stellt das Fraunhofer IWU die neueste Generation des WEAM-Werkzeugs (Wire Encapsulating Additive Manufacturing) vor. Diese Technologie eröffnet völlig neue Möglichkeiten: Bauteile können mit vielfältigen integrierten elektrischen Funktionen hergestellt werden – und das mit deutlich besserer Performance für sensorische und lasttragende Aufgaben als pasten-, tinten- und pulverbasierte Druckverfahren. Der Schlüssel liegt in der Verwendung von Standarddrähten und -litzen, die durch ihre homogene Legierung und den konstanten Leiterquerschnitt perfekte elektrische Eigenschaften garantieren.

Der entscheidende Vorteil liegt in der präzisen Steuerung der elektrischen Eigenschaften durch die Wahl der Legierung und des Leiterdurchmessers sowie des Leiterbahnlayouts in Kombination mit einer Endlosrotation des Werkzeuges. Damit lassen sich Funktionen wie Leistungs- und Datenleitungen, integrierte Sensorik für Näherung, Belastung, Füllstände, Temperatur oder auch Abschirmungen im Sinne der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) direkt auf bestehende Bauteile aufbringen oder durch nachfolgende Prozesse unsichtbar integrieren. Auf der Formnext präsentiert das Fraunhofer IWU einen serienreifen, in die Anlage des Herstellers CR3D integrierten WEAM-Druckkopf. An vier Beispielen demonstriert das Team um Lukas Boxberger den industriellen Nutzen von WEAM.

Beispiel Radomheizung zum Schutz von RADAR-Sensoren in Automobilen: Maximale Designfreiheit, perfekte Funktion, geringer Materialeinsatz

Unter Radom, eine Wortkombination aus RADAR und Dome (Kuppel), versteht man eine wetterfeste, strukturelle Schutzhülle, die eine Antenne umgibt und diese vor äußeren Einflüssen schützt, während sie gleichzeitig für Radiowellen durchlässig bleibt. Sie muss für einen zuverlässigen Betrieb von Radar- und Sensoriksysteme bei extremen Witterungsbedingungen eisfrei bleiben. Bisherige Lösungen setzen auf Heizfolien oder mittels Ultraschall eingebettete Drähte, welche nur moderate Umformungen vertragen und damit nicht jedes Design ermöglichen. Als Demonstrator-Bauteil brachte das Fraunhofer IWU für den Automobil-Zulieferer Nissha im WEAM-Verfahren Heizleiter direkt auf einer Folie auf, die anschließend umgeformt und in das Bauteil integriert wurde. Für das WEAM-Verfahren spricht, dass der Draht selbst nach dem Hinterspritzen exakt an seiner Position bleibt – es treten weder Funktionsverluste noch Ablösungserscheinungen (Delamination) auf. Der Materialverbrauch ist sehr sparsam, dennoch kann eine sehr hohe Heizleistung sichergestellt werden.

Kontakt Pressestelle
Andreas Hemmerle | Fraunhofer-IWU | Telefon +49 371 5397-1372 |
Reichenhainer Straße 88 | 09126 Chemnitz | www.iwu.fraunhofer.de | presse@iwu.fraunhofer.de |

Integrierte Heizdrähte in Radomen könnten für eine energieeffiziente Enteisung sorgen und so beispielsweise in batterieelektrischen Fahrzeugen zu höheren Reichweiten beitragen. In Fahrzeugen lassen sich solche Heizdrähte als körpernahe Wärmespender in Armauflagen, Seitenelemente oder die Rückseiten der Vordersitze integrieren – dies senkt den Energiebedarf gegenüber Innenraumheizungen deutlich. Neben der Automobilbranche könnten auch militärische Fahrzeuge und Drohnen von zuverlässiger Sensorik bei Schnee, Eis und extremen Temperaturen profitieren. In Flugzeugen könnte ein Vereisungsschutz Wartungsaufwände reduzieren helfen und dabei die Sicherheit erhöhen. In vielen industriellen Anwendungen wären Sensorabdeckungen für autonome Systeme ein Garant für zuverlässige Funktion unter widrigen Bedingungen.

Beispiel hochflexible, dehnbare und 3D-formbare Platinen

Mit WEAM ist es möglich, auf einer 0,1 mm dünnen thermoplastischen Polyurethan-Folie (TPU) komplexe Leitungslayouts zu applizieren. Die Leiterbahnen können vollständig oder partiell kunststoffummantelt sein – je nach elektrischer Anforderung (z. B. Durchschlagfestigkeit). Für Kontaktierungen kann der Mantel entfallen. Leitungen dürfen sich kreuzen und bleiben elektrisch isoliert. TPU kombiniert die Eigenschaften von Kunststoff wie Umformbarkeit und chemische Beständigkeit mit denen von Gummi (Elastizität, Flexibilität); derartig hergestellte Platinen vertragen ein sehr hohes Maß an dreidimensionaler Verformung, bei der herkömmliche Flex- bzw. Strech-Platinen mit tinten-, pasten- oder pulverbasierten Leiterbahnen bereits versagen.

Außerdem bietet WEAM die Option, unterschiedliche Legierungen und Layouts auf einer Fläche zu kombinieren, um Sensorik, Aktorik und Daten-/Leistungsleitungen auf der Folienebene zu integrieren. Der Polymermantel kann je nach elektrischer Anforderung angepasst werden. Für eine perfekte Kontaktierung darf die Ummantelung aufgrund ihrer hohen Isolation entfallen. Auch hier gilt: Die Designfreiheit ist nahezu grenzenlos. Bei der Verwendung einer »TPU-Schmelzklebefolie« kann die gedruckte Platine bzw. ein Kabelbaum direkt auf verschiedenste Materialien (Textil, Vlies, Teppich, Holz, Metall…) »aufgebügelt« werden. Zahlreiche Anwendungsgebiete sind denkbar:

- **Wearables:** Elektronik, die wie eine zweite Haut nahtlos integrierbar ist – für mehr Komfort, weniger Bruchstellen und neue Designoptionen.
- **Interieur/Bau:** Formflexible Flächenheizsysteme, Stromleitungen, Shy-Tech-Anwendungen (mit möglichst unauffälliger Einbettung) bei bauteilintegrierter Sensorik/Aktorik.
- **Automotive:** Innenraumkomponenten mit integrierter Elektronik oder Intramodulleitungen; der Bedarf an Kabelbäumen könnte sinken, die

Gestaltungsfreiheit bei gleichzeitig reduziertem Gewicht zunehmen. Außerdem sind zusätzliche modulare Lösungen denkbar.

- **Verteidigung:** In Frage kommen Sensorfolien für Belastungs- und Verformungserkennung, die Integration von Aktoren für Entriegelungsmechanismen, Intramodulverbindungen, besser geschützte Platinen sowie komplexgeformte Radarantennen.

Beispiel: PFAS-freie Hochtemperatur-Flexleiter

WEAM ermöglicht die Herstellung thermoplastischer Flexleiter oder Platinen, die bis 260 °C (kurzfristig 300 °C) temperaturbeständig sind. Bislang ist dies nur mit dem Werkstoff Polyimid (PI) erreichbar, der mit fluorhaltigen Materialien beschichtet ist, um metallische Leiter zu fixieren. Mit WEAM entfällt diese Beschichtung, da der Leiter mit demselben Material wie das Foliensubstrat fixiert wird.
Aus der »Artgleichverbindung« ergeben sich Vorteile wie eine hervorragende mechanische Stabilität (der Leiter bleibt auch bei hohen Biegebeanspruchungen intakt), geringer Materialverbrauch für die elektrische Isolation und nicht zuletzt eine hohe Recyclingfähigkeit dank Sortenreinheit. WEAM darf also als nachhaltige Lösung für Hochtemperaturanwendungen gelten.

In den Bereichen **Automotive** und **Luftfahrt** bietet sich der Einsatz solcher Lösungen im Motorraum oder in Triebwerksnähe an, wo hohe Temperaturfestigkeit bei geringem Gewicht gefragt ist. Im **Verteidigungsbereich** könnte Elektronik in extremen Umgebungen robust und langlebig ausgelegt werden. **Maschinenbau und Robotik** könnten von langlebigen, umweltfreundlichen Leitungen für Hochlastbereiche ebenso profitieren wie von filigranen Flächenheizsystemen.

Beispiel Drohne: Bauteilgehäuse mit integrierten elektrischen Funktionen

Am Beispiel eines Drohnengehäuses mit integrierten elektrischen Funktionen zeigt das Fraunhofer IWU, dass mit WEAM das Gehäuse zur Platine wird – oder die Platine zum Gehäuse. Funktionen wie Sensorik, Aktorik, elektromagnetische Abschirmung oder induktive Ladespulen können im Sinne einer optimierten Energieübertragung direkt integriert werden: Elektromagnetische Abschirmungen sind in dieser Lösung nicht mehr an feste Maschenweiten gebunden und entfalten somit eine konstante Schutzwirkung auch bei komplexen Formen.

Funktionale Bauteilgehäuse schaffen in unterschiedlichsten Anwendungen einen klaren Mehrwert. In Powertools & Outdoor-Elektronik müssen Gehäuse extremen Belastungen standhalten, vor eindringendem Wasser schützen oder Schläge aushalten. Integrierte Sensorik könnte für die Nutzererkennung oder zur Ermittlung der Belastung eingesetzt werden. Im Verteidigungsbereich sind kostengünstige, robuste Automatisierungslösungen

und eine lokale, bedarfsgerechte Fertigung vorstellbar. Consumer-Produkte könnten besonders kompakt gestaltet werden und zusätzliche Funktionen auf reduziertem Raum bieten, dabei kostengünstig produziert werden und eine längere Lebensdauer aufweisen.

+++ Weitere auf der Formnext präsentierte 3D-Drucklösungen veröffentlichen wir ab 12. November in unserem Presseportal +++

Abb. 1 Radom-Heizung, hergestellt im WEAM-Verfahren: maximale Designfreiheit, perfekte Funktion, geringer Materialeinsatz
© Fraunhofer IWU

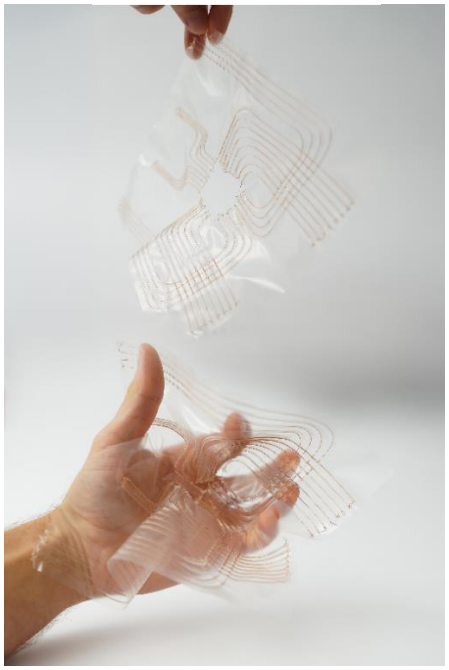

Abb. 2 Hochflexible, dehnbare und 3D-formbare Platinen – WEAM-Aufdruck einer Kupferleitung mit 0,1 mm Durchmesser auf einer 0,1 mm dünnen thermoplastischen Polyurethan-Folie
© Fraunhofer IWU

Abb. 3 PFAS-freie Hochtemperatur-Flexleiter
© Fraunhofer IWU

Abb. 4 Beispiel Drohne: Bauteilgehäuse mit integrierten elektrischen Funktionen
© Fraunhofer IWU

Abb.5 Rendering des Formnext-Messestandes: Das Fraunhofer IWU druckte sein gesamtes Mobiliar selbst (helle Elemente: biokompostierbarer Kunststoff; dunkle Elemente: recyclingfähiges Polypropylen).
© Fraunhofer IWU I Constanze Kuring

Das **Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU** ist innovationsstarker Partner für die angewandte Forschung und Entwicklung in der Produktionstechnik. Mit rund 670 hochqualifizierten Mitarbeitenden sind wir an den Standorten Chemnitz, Cottbus, Dresden, Leipzig, Wolfsburg und Zittau vertreten. Wir erschließen Potenziale für die wettbewerbsfähige Fertigung beispielsweise im Automobil- und Maschinenbau, der Luft- und Raumfahrt, der Elektrotechnik oder der Feinwerk- und Mikrotechnik. Im Fokus von Wissenschaft und Auftragsforschung stehen Bauteile, Verfahren und Prozesse sowie die zugehörigen komplexen Maschinensysteme und das Zusammenspiel mit dem Menschen – die ganze Fabrik. Als eines der führenden Institute für ressourceneffiziente Fertigung setzen wir auf eine hochflexible, skalierbare und von der Natur lernende, kognitive Produktion. Dabei haben wir ganz im Sinne der Kreislaufwirtschaft die gesamte Prozesskette im Blick. Wir entwickeln Technologien und intelligente Produktionsanlagen. Wir optimieren umformende, spanende und fügende Fertigungsschritte. Auch maßgeschneiderte Leichtbaustrukturen, die Verarbeitung unterschiedlichster Werkstoffe sowie neueste Technologien der additiven Fertigung (3D-Druck) sind wichtige Bestandteile unseres Leistungsportfolios. Damit die Energiewende gelingen kann, zeigen wir Lösungsräume für den klimaneutralen Fabrikbetrieb und die Großserienfertigung von Wasserstoffsystemen auf.