

Schlussbericht vom 12.12.2025

zum IGF-Vorhaben 01IF22645N

Thema

Entwicklung tribologisch optimierter Werkzeugoberflächen für
eine wirtschaftliche Umformung von hochfesten Ti(Al)-Legierungen bei
750-1250 °C

Berichtszeitraum

01.10.2022 – 30.06.2025

Forschungsvereinigung

Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V.

Gostritzer Str. 63

01217 Dresden

Forschungseinrichtung(en)

FE1: Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

Reichenhainer Str. 88

09126 Chemnitz

FE2: Fraunhofer-Institut für Schicht und Oberflächentechnik IST

Riedenkamp 2

38108 Braunschweig

Inhaltsverzeichnis

1	Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse im Berichtszeitraum	3
1.1	Arbeitspaket 1: Definition der Anforderungen und Analyse der Ausgangssituation [bearbeitet durch IWU FE1 + IST FE2]	4
1.2	Arbeitspaket 2: Werkstoffanalyse und Simulation [bearbeitet durch IWU FE1]	5
1.3	Arbeitspaket 3: Oberflächenbehandlung von Testsubstraten und Werkzeugen / IST	8
1.4	Arbeitspaket 4: Charakterisierung der Testsubstrate [IST]	22
1.5	Arbeitspaket 5: Modellversuche / Anwendungsversuche im Labormaßstab / IWU.....	45
1.6	Arbeitspaket 6: Anwendungsversuche in der Industrie und Verschleißanalyse.....	55
2	Verwendung der Zuwendung	57
3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	58
4	Darstellung des wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Nutzens der erzielten Ergebnisse insbesondere für KMU sowie ihres innovativen Beitrags und ihrer industriellen Anwendungsmöglichkeiten	58
5	Wissenstransfer in die Wirtschaft.....	59
6	Durchgeführte Transfermaßnahmen (von Projektbeginn bis 12.12.2025)	61
7	Geplante spezifische Transfermaßnahmen nach der Projektlaufzeit	62
8	Literaturverzeichnis	63

1 Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse im Berichtszeitraum

Im Projekt TiAlHighEnd wurden systematische Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Verbesserung der tribologischen Eigenschaften von Werkzeugoberflächen für die Hochtemperaturumformung hochfester Titan- und Titanaluminid-Legierungen durchgeführt. Ausgangspunkt war der in der industriellen Praxis bestehende Zielkonflikt zwischen hohen Umformtemperaturen bis 1250 °C, starkem Adhäsionsverschleiß und begrenzten Standzeiten konventioneller Werkzeugwerkstoffe. Insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen bestand ein erheblicher Bedarf an belastbaren Werkstoff- und Prozessdaten sowie an praxistauglichen Lösungsansätzen zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit entsprechender Umformprozesse.

Die im Projekt durchgeführten Arbeiten waren notwendig, da für die eingesetzten Hochtemperaturwerkstoffe auf Nickel-, Kobalt- und Molybdänbasis bislang nur unzureichende Kenntnisse zur gezielten Randschichtmodifikation unter realitätsnahen Umformbedingungen vorlagen. Vor diesem Hintergrund wurden die Arbeiten entlang klar definierter Arbeitspakete durchgeführt, beginnend mit der Analyse industrieller Anforderungen und der Auswahl geeigneter Werkzeug- und Werkstückwerkstoffe. Darauf aufbauend erfolgte die Entwicklung und Anpassung geeigneter Diffusionsbehandlungen, insbesondere des Borierens sowie ergänzend des Nitrierens, für die ausgewählten Werkstoffsysteme.

Die Randschichtbehandlungen wurden systematisch variiert und anschließend umfassend charakterisiert. Hierzu zählten metallografische Untersuchungen, Härte- und Diffusionstiefenmessungen sowie rasterelektronenmikroskopische Analysen. Ergänzend wurden Hochtemperatur-Tribologieversuche durchgeführt, um das Reib- und Verschleißverhalten der behandelten Oberflächen unter praxisnahen Bedingungen zu bewerten. Die gewonnenen Ergebnisse bildeten die Grundlage für weiterführende Modell- und Anwendungsversuche, unter anderem in Form von Ringstauchversuchen zur Validierung der tribologischen Wirkung in einem umformtechnisch relevanten Lastfall.

Die durchgeführten Arbeiten waren sowohl in Umfang als auch in Tiefe angemessen und entsprachen den im Projektantrag definierten Zielsetzungen. Die experimentellen Ergebnisse zeigen, dass durch geeignete Randschichtbehandlungen insbesondere borierte Werkzeugoberflächen eine signifikante Verbesserung der tribologischen Eigenschaften bei hohen Temperaturen erreichen. Die erzielten Erkenntnisse stellen eine belastbare wissenschaftlich-technische Basis für die industrielle Anwendung dar und leisten einen wesentlichen Beitrag zur wirtschaftlichen Hochtemperaturumformung von Ti- und TiAl-Legierungen.

Das Ziel des Forschungsvorhabens wurde erreicht.