

Fraunhofer IWU Chemnitz

Name der Forschungsstelle

9EBG

AiF-Vorhaben-Nr.

01.04.2008-30.09.2010

Bewilligungszeitraum

**Zwischenbericht für den Zeitraum: 01.04.2008-31.12.2008**

(Forschungsstelle 1 von 1 )

zu dem aus Haushaltsmitteln des BMWA über die



geförderten IGF-Forschungsvorhaben

Normalverfahren

Fördervariante ZUTECH

Forschungsthema :

Load-related Design of Coatings for Forming Tools (LorCoT)

Für ein ZUTECH-Vorhaben sind folgende zusätzliche Angaben zu machen:

Der fortgeschriebene Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft

ist beigefügt

liegt bereits vor

wird fristgerecht nachgereicht

30.04.2009

Ort, Datum

Unterschrift des Projektleiters

## **Zwischenbericht für den Zeitraum 01.04. bis 31.12.2008**

(Forschungsstelle: Fraunhofer IWU)

### 1. Forschungsthema

Load-related Design of Coatings for Forming Tools (LorCoT)

### 2. Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Das Potenzial von Werkzeugbeschichtungen für die Umformtechnik ist allgemein bekannt. Bei den Unternehmen der Blechumformung herrscht aber vielfach noch eine große Unsicherheit bei der Auswahl geeigneter Beschichtungen. Negative Erfahrungen durch falsch ausgelegte Beschichtungen bleiben häufig nicht aus. Dies führt oft zu einer Zurückhaltung bei der Anwendung, besonders bei neuen Schichtsystemen und Umformoperationen mit denen noch wenig Erfahrungen vorliegen. Die Möglichkeiten zur Kosteneinsparung und zu einer prozesssichereren Fertigung durch Werkzeugbeschichtungen werden deshalb nur unzureichend genutzt.

Folgender Bedarf wird bei den Unternehmen der Blechumformung gesehen, sowohl bei Anwendern als auch bei Werkzeugbauern und Lohnbeschichtern:

- Hilfestellung bei der Auswahl geeigneter Schichtsysteme und Schichten für Umformwerkzeuge
  - ⇒ In Form von allgemeinen Anwendungsempfehlungen teilweise vorhanden
  - ⇒ Systematisierung fehlt noch
- Bereitstellung belastungsbezogener Grundlagen für die Schichtauslegung
  - ⇒ Welche Korrelationen bestehen zwischen Werkzeugbelastung, Schichtkennwerten und Einsetzeignung einer Beschichtung?
  - ⇒ Welche Größe müssen Kennwerte wie Haftfestigkeit, kritische Last, Härte, usw. mindestens für einen konkreten Einsatzfall aufweisen?
- Bereitstellung einer Vor-Ort-Kontrollmöglichkeit von Werkzeugbeschichtungen in kritischen Bereichen
  - ⇒ Einfache Überprüfung der Mindestanforderungen an die Beschichtung

### 3. Forschungsziel / Ergebnisse / Lösungsweg

#### 3.1 Forschungsziel

Die angestrebten Forschungsergebnisse leiten sich direkt aus dem Bedarf bei den Unternehmen:

- Die Bereitstellung belastungsbezogener Grundlagen für die Auslegung von Werkzeugbeschichtungen. Diese sollen in Form einer Richtlinie für die Erstellung von Lastenheften zur belastungsbezogenen Auslegung von Werkzeugbeschichtungen allgemein verfügbar gemacht werden.
- Die Bereitstellung eines geeigneten Prüfverfahrens zur belastungsbezogenen Prüfung von Beschichtungen direkt auf der Werkzeugoberfläche. Nach Projektende soll dazu eine Prüfrichtlinie zur Verfügung stehen.

Mit Hilfe der Forschungsergebnisse soll den Unternehmen der Blechumformung, den Werkzeugbauern und Beschichtern die Möglichkeit gegeben werden, auf Basis der am Werkzeug zu erwartenden Belastungen, Mindestanforderungen in Form eines Lastenheftes an eine Werkzeugbeschichtung stellen zu können, die mit Standard-

prüfverfahren verifizierbar sind. Durch Einhaltung der Mindestanforderungen seitens der Beschichter soll mit hoher Wahrscheinlichkeit vermieden werden, dass es zu einem vorzeitigen Versagen der Beschichtung kommt. Zusätzlich soll eine Qualitätssicherung an dem beschichteten Werkzeug durch die Bereitstellung eines geeigneten Prüfverfahrens ermöglicht werden. Für den Anwender führt dies zu einem deutlich vermindertem technischem und wirtschaftlichen Risiko beim Einsatz von Beschichtungen. Fehlschläge bei der Anwendung von Werkzeugbeschichtungen können reduziert werden.

### 3.1.1 Erzielte Forschungsergebnisse

In zahlreichen Umformoperationen lässt sich durch den Einsatz beschichteter Aktivteile und deren reibungs- und verschleißmindernder Wirkung eine erhebliche Verlängerung der Werkzeug-Standmenge bei gleichzeitiger Minimierung des Schmierstoffeinsatzes erzielen. Je nach Umformprozess sind als stark beanspruchte Zonen die Flächen zwischen Matrize, Blechwerkstoff und Niederhalter sowie die Kontaktflächen zwischen Stempelradius, Blech und Matrizenradius bzw. zwischen den Biegekanten und dem Blechwerkstoff zu nennen.

#### AP1: Auswahl eines repräsentativen Umformprozesses

Im Rahmen dieses Arbeitspunktes wurden speziell Umformprozesse mit einer großen Anwendungsbreite, wie z.B. Tiefziehen und Biegen, hinsichtlich der Intensität und der Größe der auftretenden Werkzeugbelastungen untersucht und unter folgenden Aspekten analysiert werden:

- Konturelemente innerhalb der Werkstückgeometrie
- Blechwerkstoff und -dicke
- verwendete Werkzeug-Werkstoffe
- Größe der Zieh- bzw. Biegeradien
- Umfang der Aktivteilbeschichtung
- Art der Beschichtung
- Schmierstoffeinsatz

Um bei der Vielfalt der Parameter im geplanten Zeitraum eine verwertbare Aussage erzielen zu können, erfolgte die Belastungsanalyse für ein mit dem projektbegleitenden Ausschuss abgestimmtes Teilespektrum.

#### AP2: Konzipierung und Bau eines Versuchswerkzeuges

Basierend auf den Ergebnissen des ersten Arbeitspunktes steht bei der Erarbeitung des Werkzeugkonzeptes die Realisierung verschiedener Belastungszustände auf der Werkzeugoberfläche im Vordergrund. Dies erforderte eine Gestaltung des Werkzeuges mit auswechselbaren Aktivteilen, so dass mit vertretbarem Aufwand die Prüfung von Beschichtungen auf den Werkzeugelementen in unterschiedlichen Belastungssituationen erfolgen kann.

Mit dem geringsten Aufwand verbunden ist der Streifenziehversuch. Für diesen wurden Aktivelemente konzipiert und gefertigt.

Da durch Tiefziehen das Blech je nach Phase des Umformvorganges auf Biegung, Druck und Zug mit entsprechender Wirkung auf das Werkzeug beansprucht wird, erschien auch die Konzipierung eines einfachen Tiefziehwerkzeuges, eines quadratischen Napfes mit Flansch, als geeignete Lösung. Nach der Fertigstellung des Werkzeugkonzeptes erfolgte die Konstruktion und der Bau des Versuchswerkzeuges.

#### AP3: FEM-Simulation der Belastungszustände des Versuchswerkzeuges

Die im Arbeitspunkt 2 definierten Geometrien der Aktivteile bildet die Eingangsinformation für die FEM-Simulation. Nach Übernahme der Geometriedaten erfolgte die Modellierung der Werkzeuge aus Volumenelementen sowie die Modellerstellung für den umzuformenden Blechzuschnitt aus Schalenelementen. Als Software wurde das System ABAQUS verwendet.

Die FEM-Simulation des Umformprozesses lieferte als Ergebnis die Spannungsverteilung im Werkzeug sowie die Größe der Flächenpressung an der

Werkzeugoberfläche. Jede Veränderung des Umformprozesses hinsichtlich der Werkzeuggeometrie, der Werkstoffparameter für Werkstück und/oder Werkzeug sowie der Prozessparameter erforderte eine neue Simulationsrechnung.

Die Bearbeitung der einzelnen Arbeitspakete erfolgte entsprechend der Zuwendung durch den Einsatz von einem wissenschaftlichen Mitarbeiter und einer wiss. bzw. stud. Hilfskraft. Der wissenschaftliche Mitarbeiter koordinierte die Auswahl der entsprechenden Umformverfahren und konzipierte und konstruierte die Versuchswerkzeuge. Er führte auch die Modellierung und die Modellerstellung für die FE-Simulation der Belastungszustände durch. Die wissenschaftliche Hilfskraft übernahm unterstützende Tätigkeiten bei Belastungsanalyse, der Bereitstellung der Geometriedaten für die FE-Simulation sowie bei der Auswertung und Systematisierung der Ergebnisse.

### 3.1.2 Innovativer Beitrag der angestrebten Forschungsergebnisse

Mit Hilfe des angestrebten Forschungsergebnisses soll es möglich werden, Beschichtungen in den Konstruktionsprozess eines Werkzeuges in gleicher Weise mit einzubeziehen, wie es bei Werkzeugwerkstoffen bereits Stand der Technik ist. Dort wird ausgehend vom Belastungsprofil eines Werkzeugs ein Lastenheft für den Werkzeugwerkstoff erstellt. Darin sind Grenzen für Materialkennwerte definiert, die für eine sichere Funktion des Werkzeuges eingehalten werden müssen. Nach diesen Vorgaben erfolgt die Auswahl und ggf. Wärmebehandlung des Werkstoffes. Dagegen beruht die Auswahl von Werkzeugbeschichtungen innerhalb des Konstruktionsprozesses bisher fast ausschließlich auf Erfahrungswerten. Damit sind große Unsicherheiten verbunden. Bei Erreichung der angestrebten Forschungsergebnisse wird ein wesentlicher Beitrag für eine belastungsgerechte Auslegung von Werkzeugbeschichtungen geleistet.

Zusätzlich soll gezeigt werden, dass es möglich ist, vor dem Einsatz eines beschichteten Werkzeuges, dessen Schichteigenschaften belastungsbezogen zu prüfen. Dadurch wird die Grundlage dafür geschaffen, eine Qualitätskontrolle der Beschichtung direkt auf der Werkzeugoberfläche etablieren zu können. Dies würde einen erheblichen Fortschritt für die Prozesssicherheit beim Einsatz von beschichteten Werkzeugen bedeuten.

### 3.2 Lösungsweg zur Erreichung des Forschungsziels

Im Einzelnen sollen die folgenden Arbeitspunkte bearbeitet werden:

- AP1: Auswahl eines repräsentativen Umformprozesses
- AP2: Konzipierung und Bau eines Versuchswerkzeuges
- AP3: FEM-Simulation der Belastungszustände des Versuchswerkzeuges
- AP4: Beschichtung der Werkzeugaktivteile sowie von Referenzproben für die Ermittlung der Schichtkennwerte
- AP5: Ermittlung von Schichtkennwerten auf Referenzproben mit Standardprüfverfahren
- AP6: Ermittlung von Schichtkennwerten auf Werkzeugaktivteilen
- AP7: Auswertung der Versuchsergebnisse
- AP8: Ableitung einer Richtlinie für die Erstellung von Lastenheften für die Werkzeugbeschichtung
- AP9: Ableitung einer Richtlinie für die Prüfung von Beschichtungen auf Werkzeugaktivteilen in belastungsrelevanten Zonen
- AP10: Abschlussdokumentation

## 4. Nutzen und wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas für kleine und mittlere Unternehmen (KMU)

### 4.1 Voraussichtliche Nutzung der angestrebten Forschungsergebnisse

Die Bewertung von Werkzeugbeschichtungssystemen in Abhängigkeit der definierten Umformbedingungen und die Prüfung dieser Systeme vor dem Einsatz ist übergreifend für die Werkzeugbeschichteter, Werkzeugbauer und die Fertiger (Presswerksbetreiber)

von Umformteilen von größter Bedeutung im Hinblick auf die Erzielung hoher Standmengen der Werkzeuge, reproduzierbarer Teilequalitäten und Stabilität der Umformprozesse

#### 4.2 Möglicher Beitrag zur Steigerung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit der KMU

Das geplante Forschungsvorhaben ist besonders für die sich mit diesem Themenkreis beschäftigenden Anwender der kleinen und mittelständischen Industrie von großer Bedeutung. Ein entscheidender Punkt dabei ist für diese Unternehmen die Gewährleistung der Prozesssicherheit, in dem bereits im Vorfeld eine präzise Schichtauslegung im Vergleich zu den gestellten Forderungen des geplanten Umformprozesses unter Beachtung der eingesetzten Aktivteilgeometrien ermöglicht wird. Mit der Ermittlung von Kenngrößen zur Schichtbeschreibung sowie durch die Lokalisierung der Werkzeugbelastung im Umformprozess (Biegen und Tiefziehen, insbesondere bei höher und hochfesten Blechwerkstoffen) erfolgt die Schaffung von Grundlagen zur verfahrensspezifischen Charakterisierung der Schichteigenschaften. Die aus dem Vorhaben abgeleiteten Erkenntnisse zur Auslegung der Schichten und zur beschichtungsgerechten Aktivteilgestaltung dienen in Form von Anwenderrichtlinien sowohl dem Hersteller von Umformteilen als auch dem Beschichter. Darüber hinaus werden Methoden zur Überprüfung der erzeugten Schichteigenschaften (z.B. Haftfestigkeit, Schichtdicke, kritische Last der Schicht) über die relevanten Flächenanteile aufgezeigt.

#### 5. Beabsichtigter Transfer der angestrebten Forschungsergebnisse

Über die ohnehin bestehenden Verpflichtungen hinaus (Projektbegleitender Ausschuss / Zwischenbericht / Schlussbericht / Veröffentlichung) sind weitere Transfermaßnahmen beabsichtigt, wie z.B.:

Die erzielten Forschungsergebnisse sollen in Form eines Leitfadens praxisnah aufbereitet werden. In dem Leitfaden werden Empfehlungen formuliert, welche Modelle für welche Anwendung geeignet sind. Die Ergebnisse sind somit sofort nach Beendigung des Projektes allen interessierten Firmen zugänglich und können bei den anstehenden Arbeiten einbezogen werden.

Ein schneller Ergebnistransfer in die betriebliche Praxis erfolgt gleichzeitig über die beteiligten Softwarehäuser, die Teilergebnisse in ihre Software, d.h. die FE-Berechnungsprogramme, implementieren können.

Weiterhin beabsichtigen die Forschungseinrichtungen sowohl bei den beteiligten Unternehmen als auch weiteren interessierten Firmen Schulungen durchzuführen, damit die geplante Richtlinie sofort fachgerecht angewendet werden kann. Die Zwischen- und Endergebnisse werden in Fachzeitschriften, dem Internet, Fachvorträgen sowie einem Abschlussbericht publiziert und damit einer breiten Basis von Anwendern zugänglich gemacht.

#### 6. Durchführende Forschungsstelle

##### Forschungsstelle:

Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

Reichenhainer Straße 88

09126 Chemnitz

Institutsleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr.-Ing. E. h. Dr. h.c.

Reimund Neugebauer

Projektleiter: Dr.-Ing. Roland Müller