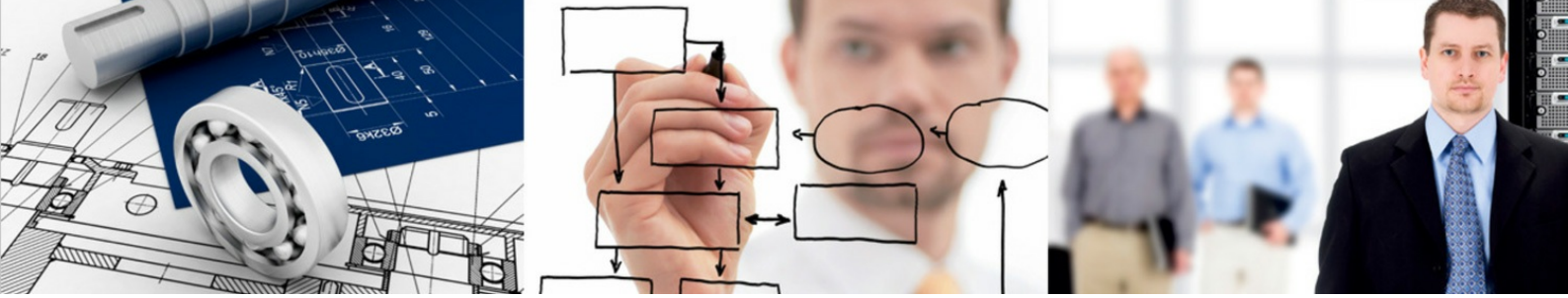


KME – Kompetenzzentrum Mittelstand GmbH

Zukunft durch Innovation und Forschung

Future of Tooling – Resiliente Produktionsmethoden für funktionsoptimierte smarte Stanzwerkzeuge unter Nutzung additiver Fertigungsverfahren

Kontinuierlich ansteigender Kosten- und Zeitdruck im Umfeld der Blechbearbeitung erfordern auch ein Weiterdenken der zum Einsatz kommenden Werkzeuge, um immer komplexer werdende Bauteile kosteneffizient und termingerecht zu fertigen. Im vorliegenden Vorhaben sollen Produktionsmethoden für funktionsoptimierte smarte Stanzwerkzeuge erforscht werden. Als zu entwickelnde und untersuchende Fallstudien sind eine schmierungs- und leichtbauoptimierte Führungsplatte mit integrierten Dehnungsmessstreifen (DMS) sowie ein Form- und ein Schneidstempel, jeweils mit Matrize, geplant. Im Besonderen durch den Einsatz additiver Fertigungsverfahren sollen die entworfenen Werkzeuge aus resilient beschaffbaren Legierungen gefertigt werden. Die Erkenntnisse aus Entwurf, Fertigung und Test werden als Praxisleitfaden verfügbar gemacht.

Problemstellung

Die Werkzeuge sind entscheidend für die Effizienz der Prozessführung beim Stanzen, da sie maßgeblich die realisierbare Hubzahl festlegen. Im letzten Jahrzehnt ist der Kosten- und Zeitdruck auf produzierende Unternehmen teils dramatisch angestiegen. Zugleich sind die Methoden und Fertigungsprozesse zur Entwicklung und Herstellung von Werkzeugen weitestgehend gleichgeblieben.

Der Regelfall ist eine erfahrungsbasierte Werkzeugauslegung von spezialisierten Einzelpersonen. Die daraus resultierenden Werkzeugkonzepte werden dann „klassisch“ mittels Sintern, Fräsen, Feinbearbeitung und Erodierverfahren realisiert. Mit diesem Vorgehen werden zwar leistungsfähige Werkzeuge entwickelt, es wird aber zugleich das Potenzial, das neue Fertigungsverfahren bieten, kaum genutzt. Ursachen hierfür sind fehlendes Know-how bei kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) sowohl bzgl. der Existenz von Technologien als auch der Kenntnis zu Potenzialen neuer Verfahren. Darüber hinaus mangelt es an Vertrauen in die Materialeigenschaften der Werkzeuge, die unter Nutzung neuer Fertigungsverfahren und Legierungen entstehen.

Zielsetzung und Vorgehensweise

Innerhalb des Forschungsvorhabens „Future of Tooling“ sollen funktionsoptimierte und Dehnungsmessstreifen-integrierte Stanzwerkzeugkomponenten unter der Zuhilfenahme additiver Fertigungsverfahren erforscht werden. Im Fokus stehen die beiden pulverbettbasierten additiven Fertigungsverfahren Elektronen- und Laser-Strahlschmelzen (kurz: PBF-EB/M bzw. PBF-LB/M). Diese erlauben es, komplexe Außen- und Innengeometrien funktionsoptimiert zu fertigen.

Konkret sollen die Arbeiten im Rahmen von „Future of Tooling“ in folgende Demonstratoren münden:

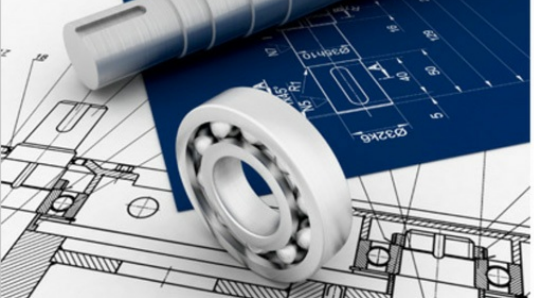
- 2 Paar Aktivelemente (ein Form- und ein Schneidstempel) sollen funktionsoptimiert und teilweise mit integrierten Dehnungsmessstreifen und den dazugehörigen Matrizen additiv gefertigt werden. Die Stahlwerkstoffe sollen eine hohe Härte (>60 HRC) aufweisen und aus resilient beschaffbaren Legierungselementen bestehen. Die Auswahl erfolgt im Rahmen des ersten Arbeitspaketes gemeinsam mit den Partnern aus der Industrie.
- 1 Führungsplatte soll hinsichtlich Leichtbauansätzen und Schmierung verbessert und mit Dehnungsmessstreifen ausgestattet werden.

Um diese Demonstratoren herstellen zu können, sind umfangreiche Parameterstudien, Vortests und werkstoffkundliche Tests mit Stählen notwendig, die zum einen die technischen Anforderungen (insbesondere Härte) erfüllen und zum anderen aus bayerischer Sicht hinsichtlich ihrer Legierungselemente resilient zu beschaffen sind.

Die Ergebnisse von Praxistests und von umfassenden Werkstoffprüfungen sind verständlich aufzubereiten und stellen ein Kernergebnis dieses Vorhabens dar. Nur durch belastbare Daten sowohl zu den Werkstoffeigenschaften als auch zur Messgenauigkeit der integrierten Dehnungsmessstreifen kann ein nachhaltiger Nutzen für die bayerische Metall- und Elektroindustrie geschaffen werden. Darüber hinaus entstehen weitere Potenziale und praktischer Nutzen für angrenzende Bereiche des Werkzeugbaus.

Als übergeordnete Ziele werden angestrebt:

- Schnellere Werkzeugverfügbarkeit für das Stanzen durch den Einsatz additiver Fertigungsverfahren



- Produktionsmethoden zur Herstellung funktionsoptimierter Stanzwerkzeuge mit integrierten Dehnungsmessstreifen bzw. mit variierenden Werkstoffeigenschaften unter Nutzung einer angepassten Prozessführung beim Laser- bzw. Elektronenstrahlschmelzen
- Initial nachgewiesene Potenziale durch die Integration von Dehnungsmessstreifen für die Prozessüberwachung und -regelung bzw. zur Vereinfachung der Werkzeugnacharbeit

Ergebnisse / Nutzen

Als konkrete Ergebnisse werden angestrebt:

- Erhöhung der Ausbringungsrate und Lebensdauer von Stanzwerkzeugen aus Stahl durch Funktionsoptimierung und die Integration von Dehnungsmessstreifen („smarte Stanzwerkzeuge“), gezeigt am Beispiel von
  - einer schmierungs- und leichtbauoptimierten Führungsplatte mit integrierten Dehnungsmessstreifen sowie
  - einem Form- und einem Schneidstempel, jeweils mit Matrize und exemplarisch ebenfalls mit integriertem Dehnungsmessstreifen.
- Materialkennwerte zu additiv verarbeiteten Werkzeugstählen, welche eine besondere Relevanz in der Stanztechnik besitzen
- Produktionsmethoden für die hauptzeitoptimierte Herstellung von Stanzwerkzeugen in Kombination aus Drahterodieren und additiven Fertigungsverfahren
- Technologischer und wirtschaftlicher Vergleich der additiven Fertigungstechnologien Laser- und Elektronen-Strahlschmelzen zur Verarbeitung von Werkzeugstählen
- Leicht verständlicher, praxisorientierter Leitfaden für die Werkzeugkonzeptionierung

Hierzu werden folgende Forschungsfragen beantwortet und es wird der nachfolgend beschriebene Erkenntnisgewinn angestrebt:

- Welche Vorteile (technologisch, wirtschaftlich, Qualitätssicherung) bietet der Elektronenstrahl gegenüber dem Laserstrahl in der additiven Fertigung von Werkzeugen?
  - Möglichkeiten und Grenzen des Elektronen-Strahlschmelzens zur Verarbeitung hochharter und werkzeugtauglicher Stähle unter Nutzung von schmelzpunktnahen Vorheiztemperaturen um 1.000 °C sind bekannt.
  - Eine Einschätzung zum Potenzial von Rückstreuelektronen zur prozessbegleitenden Qualitätssicherung liegt vor.
  - Erkenntnisse zur Herstellbarkeit von innenliegenden Strukturen bei der Nutzung des Elektronenstrahls liegen vor. Bislang existieren hier nicht quantifizierte Einschränkungen durch Versintern des Pulvers im aufschmelznahen Bereich.
- Wie verhalten sich Werkzeuge, die unter Nutzung neuartiger Produktionsmethoden hergestellt wurden, während der Fertigung und im Betrieb?
  - Es liegen belastbare Werkstoffkennwerte für additiv gefertigte Stanzwerkzeuge abhängig vom additiven Herstellverfahren (Laser- bzw. Elektronen-Strahlschmelzen), den benötigten Folgeprozessen und der thermischen Nachbehandlung vor.
- Welchen Mehrwert bieten während der additiven Fertigung in das Bauteilinnere integrierte Dehnungsmessstreifen für Stanzwerkzeuge?
  - Die Integrationskonzepte sind unter Berücksichtigung der während der Fertigung vorherrschenden Umgebungsbedingungen, bspw. Temperatur, Pulverwerkstoffe, sowie der Gegebenheiten beim Werkzeugeinsatz bewertet und dokumentiert. Vorarbeiten des Fraunhofer IGCV mit Aluminumbauteilen werden genutzt.
  - Die Möglichkeiten zur Datenerfassung, -weiterleitung und -verarbeitung liegen praxisnah vor, um die Werkzeuge in Folgeprojekten im Kontext von Industrie 4.0 zu automatisieren.
  - Die Genauigkeitsgrenzen und erste Erkenntnisse zur Langlebigkeit sind bekannt. Alle Ergebnisse sollen als praxisorientierter Leitfaden für Praktiker und Praktikerinnen im Werkzeugbau aufbereitet werden. Bei der Dokumentation soll im Besonderen auch der Nutzen über die Anwendung für Stanzwerkzeuge hinaus herausgearbeitet werden.

Forschungspartner

Hochschule München
Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften u. Mechatronik
Smart Manufacturing Lab
Prof. Dr.-Ing. Christian Seidel

Projektpartner

Alpha Laser GmbH
emz-Hanauer GmbH & Co. KGaA
iwis SE & Co. KG
LSV Lech-Stahl Veredelung GmbH
Otto Bihler Maschinenfabrik GmbH & Co. KG
SCHERDEL INNOTEC Forschungs- und Entwicklungs-GmbH
toolcraft AG