

Protokoll zur Herbstsitzung des AK Kaltpressen am 29. Oktober 2024

Ort: Kleiner Hörsaal (1.018), IFU Stuttgart
Protokollant: Tahsin Deliktas
Zeit: Beginn 10:00 Uhr, Ende 15:00 Uhr

TOP 1: Begrüßung der Teilnehmer und kartellrechtliche Hinweise

Herr Prof. Liewald (IFU) eröffnet um 10:05 Uhr die Herbstsitzung 2024 des *Arbeitskreises für Entwicklung und Erforschung des Kaltpressens* und begrüßt die anwesenden Mitglieder. An der Sitzung nehmen Vertreter von insgesamt 11 Mitgliedsunternehmen teil (s. Anlage 1 – Teilnehmerliste). Prof. Liewald stellt die Agenda der Herbstsitzung 2024 vor. Die anwesenden Mitglieder werden nachfolgend über kartellrechtliche Hinweise aufgeklärt. Es bestehen keinerlei Anmerkungen der Mitglieder bzgl. des Protokolls zur Frühjahrssitzung 2024. Das Protokoll ist damit genehmigt.

TOP2.1: Bericht zur aktuellen Forschung am IFU

1. Fachvortrag:

Entwicklung eines Fertigungsprozesses basierend auf Kaltumformen, Querfließpressen und Induktionshärten zur Herstellung von Welle-Nabe-Verbindungen

Tahsin Deliktas, IFU Stuttgart

Herr Deliktas stellte die bisherigen Forschungsergebnisse des ZIM-Forschungsprojekts mit dem Kurztitel „ZwUm – Zwischenwelle Umformtechnisch“ vor, das in Zusammenarbeit mit der Fa. IDEA GmbH und der Fa. Schulz Werkzeugbau GmbH am IFU Stuttgart durchgeführt wird.

In seiner Präsentation erläuterte Herr Deliktas die Vorarbeiten zum Umformfügen am IFU Stuttgart. Das aktuelle Projekt erweitert die bisherigen Forschungsarbeiten in diesem Bereich durch eine anschließende Wärmebehandlung der umformgefügten Welle-Nabe-Verbindung. Nach einer kurzen Einführung in das Thema präsentierte er die numerischen Untersuchungsergebnisse zur Prozesskette, die aus dem Umformfügen und der nachfolgenden induktiven Wärmebehandlung der Nabe besteht. Zusätzlich zeigte Herr Deliktas experimentelle Versuche zur Herstellung von Laborproben, die umformtechnisch gefügt und anschließend in verschiedenen Varianten von der Fa. IDEA wärmebehandelt wurden. Die Validierung der Verbindungsfestigkeit der unterschiedlichen wärmebehandelten Welle-Nabe-Verbindungen erfolgte durch axiales Auspressen der Welle. Er betonte, dass die beste Verbindungsfestigkeit im aktuellen Projektstand durch das Einsatzhärten (bestehend aus Aufkohlen, Vorwärmen der Welle, anschließender Kühlung mit Wasser nach 1 Sekunde und anschließender Härtung) erzielt wurde.

Diskussion:

- Dr. Zimmermann: Weshalb besteht eine hohe Unrundheit beim Umformfügen einer 16MnCr5 -Nabe?
 - ➔ Hr. Deliktas: Die Unrundheit bildet sich vermutlich durch plastische Formänderung an der Nabe beim Vorspannen, wodurch Werkstoff in die Trennfugen des segmentierten Werkzeugs fließt.
- Hr. Berndt: Kann dieses Forschungsthema auf hohle Wellen übertragen werden?
 - ➔ Grundsätzlich ja. Hierbei müsste das Querfließpressen mit einem Dorn durchgeführt werden und demnach als Hohl-Querfließpressprozess. Dies wurde bisher jedoch nicht erforscht und kann Forschung von Folgeprojekten zu diesem Thema werden.

TOP2.2: Bericht zur aktuellen Forschung am IFU

2. Fachvortrag:

Entwicklung eines neuen Verfahrens zur Herstellung eines Aktivmaterials für elektrische Maschinen aus recycelten Blechabfällen

Karl Grötzinger, IFU Stuttgart

Herr Grötzinger präsentierte die Ziele und Ansätze des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Forschungsprojekts, das sich mit der Verringerung der CO₂-Emissionen durch die Entwicklung eines neuen, recycelten Aktivmaterials für elektrische Maschinen beschäftigt. Das Projekt stellt eine Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Umformtechnik (IFU), dem Institut für elektrische Energiewandlung (IEW) und weiteren Industriepartnern dar, die in den Bereichen Recycling sowie der Herstellung von Elektromotoren und passiven magnetischen Komponenten aktiv sind. In seinem Vortrag erläuterte Herr Grötzinger zunächst die Vorarbeiten die vor Beginn des Projekts durchgeführt wurden. Hierbei seien phosphatierte Späne aus Baustahl kompaktiert worden, um damit Aktivkomponenten für elektrische Maschinen herzustellen. Diese Aktivkomponenten seien dann am IEW hinsichtlich derer elektromagnetischer Eigenschaften geprüft und mit einem monolithischen Bauteil gleicher Dimension aus Baustahl verglichen worden sein. Die vielversprechenden Ergebnisse der Magnetflussmessungen führten zum DBU-Projekt, welches seit August 2024 bearbeitet wird. Herr Grötzinger zeigt zum Ende seines Vortrags noch die bisherigen Ergebnisse im Rahmen des Projekts bestehend aus Zerkleinerungsversuchen mit Elektroblechabfällen bei Projektpartner WEIMA.

Diskussion:

- Dr. Missal: Es gab ähnliche Arbeiten in Karlsruhe. Karlsruhe hat das Kompaktieren von Spänen mit unterschiedlichen Beschichtungsarten ausprobiert. Hier sollte nochmal recherchiert werden.
- Dr. Zimmermann: Weshalb wurde Manganphosphat im Rahmen der Vorarbeiten als Trennschicht zwischen den Spänen benutzt?
 - ➔ Hr. Grötzinger: Manganphosphat wurde auf Empfehlung vom Institut für Elektrische Energiewandlung der Universität Stuttgart ausgewählt. Gab bisher noch keine Untersuchung beim Einsatz anderer Trennschichten und wird innerhalb des DBU-Projekts analysiert.
 - ➔ Dr. Holz: Manganphosphat wurde vermutlich deshalb empfohlen, da es eine besonders gute Haftung auf gestrahlten bzw. rauen Oberfläche sowie eine große Schichtdicke hat. Diese Eigenschaften können es fördern, dass nach dem Kompaktieren kein elektrischer Kontakt zwischen den Spänen auftritt.
- Hr. Berndt: Es sollte im Kontext dieses Forschungsthema erforscht werden, wie die CO₂-Bilanz dieser kompaktierten Bauteile über die gesamte Produktlebenszyklus ist. Insbesondere das Recycling sollte betrachtet werden. Wie beeinflussen diese Chemikalien (Phosphate) die Umwelt? Ist eine Trennung von Phosphat und Spänen möglich?
 - ➔ Hr. Grötzinger: Das ist ein wichtiger Punkt. Wir werden das bei Projektbearbeitung mitberücksichtigen.
- Dr. Zimmermann: Wurden die Stangen aus denen die Späne „hergestellt“ wurden mittels Weichglühen oder Reminiszenzglühen wärmebehandelt?
 - ➔ Hr. Grötzinger: Weichglühen.
- Dr. Killmann: Weshalb wurde beim Kompaktieren nicht direkt ein Ring hergestellt?
 - ➔ Hr. Grötzinger: Es gab Versuche die Ringe mittels Napf-Rückwärts-Fließpressen herzustellen, jedoch es bei freier Umformung des kompaktierten Werkstücks zum Bauteilversagen. Die Umformung der kompaktierten Rohteile kann daher nur unter hydrostatischem Druck stattfinden, was jedoch komplexe Werkzeugtechnik erfordert. Im Rahmen

der Vorarbeiten wurden daher ein pragmatischer Ansatz durch das Bohren unter Druckbeaufschlagung gewählt.

- Hr. Berndt: Was soll das Endprodukt sein? Falls das Endprodukt stets hohl ist, sollte im Rahmen des Projekts überdacht werden einen Ring zu formen.
 - ➔ Hr. Grötzinger: Korrekt. Wir werden das berücksichtigen. Wenn nicht in diesem, dann spätestens im Folgeprojekt zu diesem Thema.
- Dr. Zimmermann: Wie wirkt sich das Weichglühen auf die Phosphatschicht aus?
 - ➔ Dr. Holz: Das Phosphat wird thermisch zersetzt. Es kann sein, dass das thermisch zersetzte Phosphat eine gute elektrische Trennwirkung hat.
 - ➔ Dr. Zimmermann: Es sollte im Projekt auf erforscht werden, wie die elektromagnetischen Eigenschaften des Bauteils sich ändern, wenn zuerst weichgeglüht und dann phosphatiert wird.

TOP2.3: Bericht zur aktuellen Forschung am IFU

3. Fachvortrag:

Dünnschichtsensoren zur datengesteuerten Vorhersage der Stempelkonzentrität beim Napf-Rückwärts-Fließpressen

Karl Grötzinger, IFU Stuttgart

Herr Grötzinger stellt in seinem Vortrag die Vorarbeiten zum Verbundprojekt „Validierung eines dünn-schichtbasierten Messsystems zur Bestimmung vektorieller Presskraftwirkungen (VIPress)“. Das bilaterale Forschungsprojekt zwischen Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST und IFU Stuttgart befinde sich nach Aussage von Herr Grötzinger aktuell bei der Begutachtung bei der BMBF-Fördermaßnahme „Validierung des technologischen und gesellschaftlichen Innovationspotenzials wissenschaftlicher Forschung - VIP+“. Im Rahmen seines Vortrags stellt er die Umsetzung einer sensorischen Beschichtung vor, welche in einem Vorprojekte zwischen Fraunhofer IST, Hahn-Schickard-Gesellschaft und IFU Stuttgart entwickelt wurde. Die sensorische Beschichtung wurde im Vorprojekt auf einem Stempel zum Napf-Rückwärts-Fließpressen aufgebracht und zur Messung von Temperatur und Verschleiß eingesetzt. Im VIP+ - Folgeprojekt erfolgt nun die Entwicklung einer sensorischen Beschichtung zur Kraftmessung, wobei diese Beschichtung auf einer dünnen Platte aus Werkzeugstahl appliziert wird. Durch eine gleichmäßige Verteilung von mind. 3 sensorischen Beschichtungsmesspunkten auf dieser Werkzeugplatte und der Installation dieser Werkzeugplatte im Kraftfluss des Umformstempels, soll diese Werkzeugplatte als Sensorscheibe fungieren. Die Sensorscheibe soll es ermöglichen Konzentrizitätsabweichung von fließgepressten Bauteilen auf Basis der inline gemessenen Kontaktdruckverteilung in der Sensorscheibe vorherzusagen.

Diskussion:

- Dr. Meidert: Die Kraftmessung an den einzelnen Messpunkten auf der Kraftmessscheibe scheint gut funktioniert zu haben. Weshalb konnte keine finale Anzeige der Stempelkonzentrität erarbeitet werden?
 - ➔ Hr. Grötzinger: Die Sensorkennlinien der einzelnen Punkte sind individuell. D.h. um eine korrekte Aussage über die Stempelkonzentrität zu treffen ist eine Kalibrierung der einzelnen Sensormesspunkte notwendig. Es handelt sich demnach um eine Beschichtungsproblematik.
- Dr. Meissner: Die Anzeige der Stempelkonzentrität sollte in Referenz zum Gutzustand erfolgen. Der Anspruch liegt nicht in der Messung der Kraft, sondern der Veränderung der Kraftverteilung an der Kraftmessscheibe. Damit kann die Kalibrierung der einzelnen Punkte direkt am Prozess durchgeführt werden.
 - ➔ Dr. Zimmermann: Je Kraftmessscheibe macht eine separate Kalibrierung in der Anwendung am Prozess notwendig. Das ist ein Problem.

Arbeitskreis für Entwicklung und Erforschung des Kaltpressens

Im Forum Umformtechnik Stuttgart e.V.

- ➔ Hr. Grötzinger: Das ist korrekt. Dieser Problematik muss zwingend begegnet werden, um einen Transfer der Technologie in die Industrie möglich zu machen.
- Dr. Meissner: Die Kalibrierung von Körperschallmessungen erfordert ist ebenfalls sehr aufwendig und für jeden Prozess individuell durchzuführen. Empfehlung: Nutzung von ML-Modellen und Methodiken der Bildverarbeitung, um eine Kalibrierung der Kraftmessscheibe im Prozess durchzuführen.
- Hr. Berndt: Die Kraftmessscheibe kann eventuell durch Belastung der einzelnen Messpunkte kalibriert werden, wodurch sowohl die Kraft- als auch die Exzentrizität messbar gemacht werden kann.
- Hr. Bürgin: Die Exzentrizität beim Kaltpressmaschinen ist äußerst wichtig für den Anwender. Vor allem bei der Warmlaufthematik bzw. Anlaufprozessen besteht ein hohes Potential zur Anwendung der Kraftmessscheibe, insbesondere in Kombination mit einer Verstelleinheit, um die ermittelte Zustandsänderung am Stempel zu kompensieren.
- Dr. Meissner: Hinweise an den Maschinenbediener, welche Handgriffe durchzuführen sind, um auftretende Exzentrizität auszugleichen, wären für die Industrie schon sehr hilfreich.
- Hr. Amann: Wäre es nicht sinnvoll die Kraftmessscheibe in den Pressenaufbau zu integrieren, um damit aus verschleißbehafteten Werkzeugbereichen rauszukommen?
 - ➔ Dr. Zimmermann: Das ist keine gute Idee. Es kann aufgrund von Belastungsüberlagerungen zu einem fehlerhaften Ergebnis der Exzentrizität kommen.

TOP3: Abschlussvortrag AK-Studie

Einsatz faserverstärkter Armierungsringe in der Kaltmassivumformung

Nikola Nezc, IFU Stuttgart

Herr Nezc präsentierte in seinem Abschlussvortrag eine Zusammenfassung aller Forschungsergebnisse der aktuellen AK-Studie zum Thema Faserarmierungen. Abschließend geht er auf die aktuellsten experimentellen Ergebnisse ein, welche beim armieren mit einer Faserarmierung und einer analog aufgebauten Stahlarmierung erzielt wurden. Die Armierungssysteme mit jeweils einem Übermaß von 0,2 mm wurden mit einer Matrizenkern armiert und es konnte hierbei eine deutlich niedrigere Leistungsfähigkeit am Faserarmierungssystem festgestellt werden. Nachfolgende Untersuchungen ergaben laut Hr. Nezc, dass die geringe Leistungsfähigkeit auf anisotrope Werkstoffeigenschaften am Faserarmierungsring zurückzuführen ist. So würde der Stahlarmierungsring sich elastisch derart deformieren, dass dessen Höhe abnimmt wohingegen sein Außen- und Innendurchmesser zunehmen. Bei der Faserarmierung würde stattdessen die Höhe des Faserarmierungsringes sowie dessen Innendurchmesser zunehmen, während der Außendurchmesser abnimmt. Demnach äußere sich die Anisotropie beim Faserarmierungsring durch eine reduzierte Steifigkeit in axiale Richtung. Aus diesem Grund erfolgte im nächsten Schritt der experimentellen Untersuchungen eine axiale Vorspannung des Faserarmierungsringes mittels zwölf M10-Schrauben zwischen zwei flanschartigen Stahlplatten. Diese Maßnahme verbesserte die Leistungsfähigkeit der Faserarmierung nur marginal. Die Ergebnisse der Studie zeigen auf, dass der Einsatz von Faserarmierungen für die Kaltmassivumformung aufgrund der anisotropischen Werkstoffeigenschaften von Faserarmierungsringen erschwert ist. Zudem konnten in Vorarbeiten am Institut für Flugzeugbau der Universität Stuttgart beobachtet werden, dass Faser-Verbund-Bauteile stets Harzeinschlüsse bzw. -ansammlungen im Mikrobereich aufweisen, was in einer verminderten Kraftübertragung an die Faser resultiert. Nach aktuellem Stand der Technik können damit Faserarmierungssysteme nicht die gleiche Leistungsfähigkeit von Stahlarmierungssystemen erreichen.

Arbeitskreis für Entwicklung und Erforschung des Kaltpressens

Im Forum Umformtechnik Stuttgart e.V.

Diskussion:

- Dr. Killmann: Grund für die niedrige Leistungsfähigkeit von Faserarmierungssystemen ist vor allem die niedrige Druckfestigkeit von Harzsystemen. Vermutlich plastifiziert das Harz bei diesen hohen mechanischen Belastungen im Armierungsprozess.
- Hr. Amann: Wurde es erprobt Faserarmierungen im Autoklaven auszuhärten?
 - ➔ Hr. Nezic: Nein, das wurde vom Institut für Flugzeugbau abgeraten, da es hierbei zu Problemen wie Welligkeiten an Bauteiloberflächen kommen kann.
- Dr. Killmann: Gibt es Aussagen vom Hersteller des Faserarmierungsringes (Fa. Crosslink Murtfeldt) hinsichtlich der „niedrigen“ Bauteilsteifigkeit des gefertigten Faserverbundrings?
 - ➔ Hr. Nezic: Der Hersteller wurde informiert über diese Ergebnisse, jedoch gab es keine Begründung für die niedrigere Steifigkeit. Fa. Crosslink-Murtfeldt befindet sich aktuell in der Untersuchung dieser Thematik.
- Dr. Zimmermann: Sind andere Kombinationen von Faser-Harz-Systemen sinnvoll, um die Anisotropie des Faserrings zu reduzieren?
 - ➔ Hr. Nezic: Es gibt tatsächlich keramikgefüllte Keramikharze für bspw. Hochtemperaturanwendungen. Jedoch sind diese Werkstoffe sehr teuer und daher konnte es im finanziellen Rahmen der AK-Studie nicht untersucht werden.
- Prof. Liewald: Besteht die Möglichkeit ohne Harz zu arbeiten bei der Fertigung eines Faserrings?
 - ➔ Hr. Nezic: Wurde vom Institut für Flugzeugbau der Uni Stuttgart abgeraten, da es ohne Harz keine Kraftübertragung zwischen den einzelnen Fasern gibt.
 - ➔ Dr. Killmann: Strecon hat das bereits ausprobiert und keine besseren Ergebnisse erzielen können. Herausforderung hierbei ist auch das Handling mit den losen Fasern, welche bei Strecon mit axialen Anschlägen gesichert wurden.

TOP4: Gastvortrag:

Herausforderungen bei der Metallfertigung variantenreicher Großserien

Dr.-Ing. Robert Meissner, fischerwerke GmbH

Herr Dr. Meissner stellt sich und seinen Werdegang kurz vor und geht dann zur Vorstellung der Fischer Holding GmbH über. Hierbei stellt er die verschiedenen Geschäftsfelder von Fa. Fischer bestehend aus Metallherstellung, Kunststoffherstellung, fischertechnik, Consulting, Fischer Electronics sowie Fischer Automation vor und geht dabei auch auf die weltweiten Fertigungsstandorte ein. Weiterhin stellt Dr. Meissner die Produkte der Fa. Fischer im Bereich von Befestigungssysteme vor und verweist dabei auf technische Herausforderungen in der Fertigung. Zuletzt beschreibt er die Relevanz von Managementsystemen in der Großserienfertigung, um damit bspw. Rüstzeiten zu reduzieren, Maschinenfehler zu vermeiden und um unnötige Leerzeiten (durch lange Fußwege) zu minimieren.

Die Präsentation von Dr. Meissner zum Fischer Konzern wird im Rahmen des Arbeitskreises Kaltpressen nicht verbreitet. Sie kann jedoch auf Anfrage direkt bei Dr. Meissner angefordert werden.

Diskussion:

- Prof. Liewald: Haben Sie in der Großserienfertigung von Schrauben ebenfalls Probleme mit Prozessanlaufphasen?
- Dr. Meissner: Ja, auch wir haben mit ähnlichen Herausforderungen zu kämpfen. Die Prozessanlaufphasen dauern in der Regel zwischen 5 und 30 Minuten, während dieser Zeit wird gezielt Ausschuss produziert. Die Dauer der Anlaufphase variiert stark, abhängig von Faktoren wie Maschine, Prozess und Werkstoff. Daher wäre es besonders vorteilhaft für

Arbeitskreis für Entwicklung und Erforschung des Kaltpressens

Im Forum Umformtechnik Stuttgart e.V.

die Industrie, wenn eine Lösung wie die im IFU-Forschungsprojekt „Verkürzung von Prozessanlaufphasen“ entwickelte in einem Pilotprojekt umgesetzt werden könnte. Dies würde die Sichtbarkeit erhöhen und es anderen Kaltpressern erleichtern, überzeugt zu werden.

- Dr. Zimmermann: Wieso fertigen Sie zunächst kurze und dann lange Schrauben beim Management Ihrer Produktion?
 - ➔ Dr. Meissner: Das hat logistische Gründe. Dadurch müssen wir nur wenige Teile im Werkzeug austauschen, wohingegen ein Wechsel im Durchmesser bei der Schraubenfertigung deutlich aufwendig ist.

TOP 5: Gastvortrag:

FN Steel – Firmenvorstellung

Denis Bode, FN Steel

Herr Bode stellt in einer ausführlichen Präsentation die Firma FNSteel aus. FN Steel ist ein international tätiger Stahlhersteller mit Sitz in den Niederlanden. Das Unternehmen ist auf die Produktion von hochwertigen Stahlprodukten spezialisiert, insbesondere für die Automobilindustrie, den Maschinenbau und die Bauwirtschaft. FN Steel bietet eine breite Palette an kaltgezogenen und warmgewalzten Stählen, wobei diese bevorzugt als Draht vertrieben werden. Aktuelle Entwicklungen bei FN Steel zielen auf die Herstellung von Green Steel ab. Dieses Vorhaben wird gemeinsam mit einem skandinavischen Stahlhersteller umgesetzt, der nahezu alle Anforderungen zur nachhaltigen Stahlherstellung erfüllt. In Kooperation mit dem Stahllieferanten soll langfristig eine Fertigungsroute für Draht aus Green Steel aufgebaut werden, um damit die CO₂-Emissionen bei der Drahtfertigung von 330 kgCO₂/ton im Jahr 2025 auf 45 kgCO₂/ton im Jahr 2035 zu reduzieren.

Diskussion:

- Dr. Meidert: Wie intensiv ist die Umstellung auf GreenSteel?
 - ➔ Hr. Bode: Wir beziehen bereits Green Steel aus Skandinavien und streben an, unsere Fertigungsprozesse bis 2035 schrittweise CO₂-neutral zu gestalten. In diesem Zusammenhang sind unsere Umstellungskosten im Vergleich zur eigenen Herstellung von Green Steel relativ gering. Die Umsetzung der eigenen Produktion erfordert jedoch erhebliche Investitionen, um moderne Technologien der Stahlherstellung auf den neuesten Stand zu bringen.

TOP 6: Schlussworte, Ankündigungen und Danksagung

Herr Prof. Liewald kündigt die kommende Frühjahressitzung des AK Kaltpressen am 27. März 2025 an. Am selben Tag findet ebenfalls die Netzwerkveranstaltung Forums-Ge(h)spräche des Forum Umformtechnik Stuttgart e.V. statt. Prof. Liewald lädt die Sitzungsteilnehmer herzlich zu beiden Veranstaltungen ein. Er dankt den anwesenden Mitgliedern des AK Kaltpressen sowie den Gästen für Ihre Teilnahme und schließt die Sitzung.

Stuttgart, 04.November 2024

gez. Tahsin Deliktas
Sekretär des Arbeitskreises Kaltpressen

Anlage 1 Teilnehmerliste

Alle verfügbaren Präsentationen der Veranstaltung werden aufgrund der Dateigröße im internen Bereich des Arbeitskreises auf der IFU-Webseite zum Download bereitgestellt.