

**Protokoll zur Herbstsitzung des Arbeitskreises  
am 30. Oktober 2022, IFU Stuttgart**

Ort: IFU Stuttgart, kleiner Hörsaal 1.018  
Protokollant: Tahsin Deliktas  
Zeit: Beginn 09:00 Uhr, Ende 13:00 Uhr

**TOP 1: Begrüßung der Teilnehmer**

Herr Prof. Liewald (IFU) eröffnet um 09:00 Uhr die Herbstsitzung 2023 des *Arbeitskreises für Entwicklung und Erforschung des Kaltpressens* und begrüßt die anwesenden Mitglieder. An der Sitzung nehmen Vertreter von insgesamt 10 Mitgliedsunternehmen und 2 Gastunternehmen und ein Institut der Universität Stuttgart teil (s. Anlage 1 – Teilnehmerliste). Prof. Liewald verweist auf die kartellrechtliche Leitlinie des Arbeitskreises, welche im Rahmen der rechtzeitigen Einladung zur Herbstsitzung am 11.09.2023 versendet wurden.

**TOP 2: Gastvortrag: „CFK-Armierungsring – Idee, Auslegung und Fertigung“**

- Andre Gödde, Crosslink-Murtfeldt Composites GmbH & Co. K
- Holger Rothenburger, Carbovation Murtfeldt Composites GmbH

Herr André Gödde und Herr Holger Rothenburger eröffnet Ihren Vortrag mit einer kurzen Vorstellung derer Unternehmensgruppe Murtfeldt Group. Herr Gödde stellt im ersten Teil des Vortrags die wichtigsten Eckdaten zum Konzern vor und verweist auf die Aufteilung in die beiden Unternehmen Crosslink-Murtfeldt und Carbovation Murtfeldt. Weiterhin präsentiert Herr Gödde Produktbeispiele und die entsprechenden Branchen, die mit den produzierten Kompositbauteilen bedient werden. Im zweiten Teil des Vortrags stellt Herr Rothenburger das Herstellungsverfahren bzw. die Wickeltechnik vor, die zur Fertigung dieser Komponenten eingesetzt wird. Er beschreibt dabei den prinzipiellen Aufbau der Maschine und deren wesentlichen Spezifikationen. In diesem Kontext werden auch Anwendungsbeispiele aufgezeigt und Realbauteile im Konsortium durchgereicht. Zum Abschluss der Präsentation stellt Herr Rothenburger detailliert die Vorgehensweise bei Auslegung und Fertigung des IFU-Armierungsrings vor.

Die Diskussion während und nach der Präsentation kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Hr. Jepsen: Werden die Fasern unter Vorspannung gewickelt?
  - Hr. Rothenburger: Es wird eine leichte Vorspannung aufgebracht, welche jedoch nur zum definierten Ablegen der Fasern im Wickelprozess und nicht zur Aufbringung einer radialen Druckvorspannung am Dorn dient.
- Frage Hr. Berndt: Wird der Kern vom Verbundbauteil gelöst?
  - Antwort Hr. Rothenburger: Aufgrund der thermischen Längenausdehnung des Kerns während des nachfolgenden Aushärteprozesses, erfolgt eine selbstständige Abhebung vom Verbundbauteil.
- Frage Hr. Gerhardt: Erfolgt eine Auslegung des Verbundbauteils basierend auf der Zugspannung der eingesetzten Faser?

## Arbeitskreis für Entwicklung und Erforschung des Kaltpressens

### Im Forum Umformtechnik Stuttgart e.V.

- Antwort Hr. Rothenburger: Es erfolgt eine Auslegung basierend auf der Fasersteifigkeit mit Hilfe einer internen Software.
- Frage Prof. Liewald: Werden im Wickelprozess vorimprägnierte oder trockene Fasern eingesetzt?
  - Antwort Hr. Rothenburger: Trockene Rovings werden im Prozess durch ein Tränkbad geführt. Es erfolgt damit ein Nasswickeln.
- Frage Prof. Liewald: Wie hoch ist der erreichbare Faservolumengehalt?
  - Antwort Hr. Rothenburger: Der maximale Faservolumengehalt beträgt etwa 50-65%. Eine weitere Erhöhung durch Sondermaßnahmen würde die mechanischen Eigenschaften des Verbundbauteils reduzieren.
- Frage Hr. Jepsen: Inwiefern beeinflusst der Faservolumengehalt die Bauteilsteifigkeit?
  - Antwort Hr. Rothenburger: Die Bauteilsteifigkeit ist nie so hoch wie die Fasersteifigkeit. Die Bauteilsteifigkeit ist Abhängig von Faservolumengehalt, Harzsystem, Faserorientierung usw. und wird mittels eigener Software ermittelt.
  - Anmerkung Hr. Blandl: Matrixanteil ist wichtig für die Bauteileigenschaften. Zudem ist die Haftung zwischen Faser und Matrix ein entscheidender Faktor für guten Verbundeigenschaften.
- Frage Hr. Blandl: Erfolgt bei Aushärtung der Bauteile eine Eigenspannungsanalyse?
  - Antwort Hr. Rothenburger: Ja, wird berücksichtigt. Es erfolgen aus diesem Grund teils auch mehrstufige Aushärteprozesse.
- Frage Hr. Gerhardt: Welches maximale E-Modul hat die eingesetzte Faser? Welche Temperaturen ertragen die Harzsysteme üblicherweise?
  - Antwort Hr. Rothenburger: Bis zu 1000 GPa. Diese Fasern besitzen jedoch eine niedrige Bruchdehnung. Es gibt zudem Harze, die 150 °C im Betrieb ertragen können.
- Frage Hr. Dr. Zimmermann: Welche Bruchdehnung haben die Verbundbauteile?
  - Antwort Hr. Rothenburger: Die Bruchdehnung beträgt ca. 0,3 – 0,5 %.
- Frage Hr. Gerhardt: Welchen Einfluss haben Öle auf Verbundbauteile?
  - Antwort Hr. Rothenburger: Es besteht eine gute Beständigkeit gegen Öl, jedoch weniger gegen Lösungsmittel.
  - Anmerkung Hr. Blandl: Problematisch für Verbundbauteile sind zudem kleine Partikel die mechanische Abrasion herbeiführen.

### TOP 3: Gastvortrag: „Vorstellung des Instituts für Flugzeugbau“

– Markus Blandl, Institut für Flugzeugbau, Universität Stuttgart

Herr Markus Blandl präsentiert den Aufbau sowie die Forschungsgebiete des Instituts für Flugzeugbau der Universität Stuttgart und stellt zudem die Anlagen und Gerätschaften sowie die damit verbundenen Möglichkeiten zu Herstellung von Verbundbauteilen vor. Zuletzt geht er noch auf sein eigenes Forschungsthema, die „TowPregs, ein. Er beschreibt im Zuge dessen die Vorteile dieser TowPregs und die aktuellen technologischen Fragestellungen die zu diesem Forschungsthema bestehen.

# Arbeitskreis für Entwicklung und Erforschung des Kaltpressens

Im Forum Umformtechnik Stuttgart e.V.

Die Diskussion eröffnet Prof. Liewald mit der Frage, ob Graphenfasern am Institut für Flugzeugbau verwendet werden. Herr Blandl sei ein Einsatz von Graphenfasern bisher nicht bekannt. Prof. Liewald fragt weiterhin, ob die Verwendung von kostengünstigeren Fasern den Einsatz und die Nutzung von Verbundbauteilen nicht erhöhen würde. Herr Blandl bestätigt dies, weist jedoch darauf hin, dass diese Fasern schwerer (als Kohlefasern) sein und damit ein wesentlicher Vorteil der Verbundbauteile vermindert werden würde. Herr Rothenburger würde gerne wissen, wie die Aushärtung der Verbundbauteile am Institut erfolgt. Herr Blandl meint, dass die Aushärtung in einem Ofen erfolgt, in welchem das Bauteil rotiert wird.

## **TOP 4: Gastvortrag: „Steifigkeit als Armierungsparameter“**

– Christian Jepsen, Strecon A/S - Technischer Geschäftsführer

Herr Christian Jepsen präsentiert die Fa. Strecon A/S aus Dänemark und stellt im Zuge dessen die wichtigsten Eckdaten seines Unternehmens vor. Er geht hierbei auf die Produktpalette der Firma ein und verweist hierbei auf die Produktparte „Precision Forging“, welche im Rahmen der Zusammenarbeit zwischen IFU und Strecon relevant ist. Herr Jepsen stellt den Aufbau der seit vielen Jahren etablierten Bandarmierungen und Ausschnitte des dazugehörigen Herstellungsprozesses vor. Nachfolgend geht er auf seine Vorversuche mit der Faserarmierung ein, welche bei Strecon gemacht wurden. Es wurde hierbei versucht, vollständig trockene Rovings aus Carbonfasern über einen metallischen Container zu wickeln, wobei die Fasern mit einer konstanten Zugspannung von 500 MPa vorgespannt wurden. Durch die Faserarmierung konnte der Container um 6 % weniger radial vorgespannt werden, als mit einem vergleichbaren Stahlarmierungssystem. Eigenständig durchgeführte Zugversuche mit den Fasern führten zu signifikant reduzierten mechanischen Eigenschaften gegenüber entsprechenden Datenblättern der Fasern.

Anmerkung von Hr. Blandl: Die mechanischen Eigenschaften von Faserwerkstoffen werden stets im Laminat bzw. im Roving und nicht an der trockenen (einzelnen) Faser ermittelt, da die einzelnen Fasern nicht reproduzierbar eingespannt werden können. Aus diesem Grund konnten bei Strecon die mechanischen Eigenschaften, wie sie im Datenblatt vorzufinden sind, nicht messtechnisch reproduziert werden.

## **TOP 5: Fachvortrag: „Faserarmierungen für das Kaltfließpressen“**

– Nikola Nežić, Institut für Umformtechnik, Universität Stuttgart

Nach einer kurzen Kaffeepause präsentiert Herr Nežić die bisherigen Ergebnisse zur aktuellen AK-Studie. Hierbei geht er zu Beginn seiner Präsentation kurz auf den Stand der Technik ein und leitet dann über zu den durchgeführten Arbeiten am IFU. Herr Nežić beschreibt den Aufbau der untersuchten Werkzeug- und Armierungskomponenten. Nachfolgend präsentiert Herr Nežić die Versagensfälle des Faserarmierungsringes beim Einpressen der Matrizen. Die Versagensfälle seien sowohl bei der thermisch als auch mechanisch (mittels Konus) mit dem Hartmetallring gefügten Variante aufgetreten. Herr Nežić beendet seine Präsentation durch Vorschläge zur weiteren Vorgehensweise in der Studie und eröffnet damit die Diskussionsrunde.

# Arbeitskreis für Entwicklung und Erforschung des Kaltpressens

Im Forum Umformtechnik Stuttgart e.V.

Die Diskussion wird von Prof. Liewald moderiert und kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Frage Hr. Dr. Zimmermann: Können die niedrigen Temperaturen des Stickstoffs beim thermischen Fügen negativen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften des Faserarmierungsring gehabt haben?
  - Antwort Hr. Nezic: Es war lediglich der Hartmetallring dem Stickstoff ausgesetzt, daher besteht dahingehend kein Risiko.
  - Anmerkung Hr. Rothenburger: Die Matrix kann dadurch verspröden, jedoch besteht bei unserem Fügevorgang kein Risiko.
- Frage Hr. Dr. Zimmermann: Könnte eine Erhöhung der Wanddicke am Zwischenring sinnvoll sein?
  - Antwort Hr. Nezic: Wurde numerisch untersucht. Je dicker der Hartmetallring desto geringer der Steifigkeitseinfluss der Faserarmierung.
- Frage Hr. Dr. Zimmermann: Kann die Molykote einen abrasiven und damit negativen Einfluss auf die innenliegende Oberfläche des Faserarmierungsrings ausgeübt haben?
  - Anmerkung Hr. Blandl: Ja, diese Möglichkeit besteht.
- Vorschlag Hr. Dr. Zimmermann: Verlängerung des Konus bzw. des Hartmetallrings. Nachträglich Entfernung des Überstands.
  - Anmerkung Hr. Nezic & Hr. Weiß: Wurde simuliert und bewirkt keinen großen Unterschied.
- Frage Hr. Berndt: Wurde das Übermaß des Armierungsrings zu hoch gewählt, um noch die Prozessbelastung zu ertragen?
  - Antwort Hr. Nezic: Bei Auslegung des Übermaßes wurde die Prozesslast berücksichtigt.
- Vorschlag Herr Spielvogel: Ein Doppelringssystem mit einem polierten Ring und einem Ring mit Konus könnte vorteilhaft für den Fügeprozess der Faserarmierung sein.
- Vorschlag Prof. Liewald: Ein gradiertes System mit Variation der Faserart und der Faserorientierung könnte zusätzlich positiven Einfluss auf die Spannungsverteilung im Faserarmierungsring sein.
- Anmerkung Hr. Jepsen: Das Ziel besteht darin mechanische Spannungen am Außendurchmesser der Faserarmierung aufnehmen zu können. Dies könnte durch Variation der Faserart beim Wickeln realisiert werden, indem Fasern mit hoher Zugfestigkeit innenseitig und Fasern mit hohem E-Modul außenseitig gewickelt werden.
- Frage Hr. Dr. Zimmermann: Bestehen Überschneidungen zum Felss-Patent?
  - Antwort Hr. Amann: Das Patent besteht nicht mehr.

Nach der Zusammenfassung der vom Arbeitskreis eingebrachten Ideen wird seitens des Institutes folgende weitere Vorgehensweise festgelegt:

1. weitere Versuche mit den zur Verfügung stehenden Armierungsringen aus Kohlefaser mit reduziertem Übermaß.
2. weitere Gespräche (mit Strecon, Crosslink-Murfeldt und dem IFB) sowie Versuche mit Firma Crosslink-Murfeldt in Bezug auf Potenziale des gradierten Wickelvorgangs (z.B. in 3-5 Abstufungen) und Erstellen einer weiteren Prototypmatrize.

# Arbeitskreis für Entwicklung und Erforschung des Kaltpressens

## Im Forum Umformtechnik Stuttgart e.V.

Die nächsten Ergebnisse zur Studie werden in der Frühjahrssitzung 2024 vorgestellt.

### **TOP 7: Fachvortrag: „Kaltfließpressen von Verzahnungen im modifizierten Samanta-Verfahren“**

– Tahsin Deliktas, Institut für Umformtechnik, Universität Stuttgart

Herr Deliktas präsentiert ein neuartiges Kaltfließpressenverfahren zur Herstellung von Zahnrädern. Bei diesem Verfahren handelt es sich um ein Voll- oder Hohl-Vorwärts-Fließpressen in einem modifizierten Samanta-Verfahren. Charakteristisch für dieses Verfahren ist der entfallende Auswurfprozess, da ein bereits umgeformtes Werkstück durch das Einlegen eines neuen Rohteils in Prozessrichtung ausgestoßen wird. Herr Deliktas stellt den besonderen Matrizenaufbau seines neuen Verfahrens vor und zeigt nachfolgend die ersten numerischen Ergebnisse, welche in der FE-Software Deform3D erarbeitet wurden.

Die Diskussionen nach dem Vortrag wie folgt zusammengefasst werden:

- Frage Fr. Dr. Missal: Wurde das Kaltfließpressen von schrägverzahnnten Zahnrädern mittels dieses Verfahrens untersucht?
  - Antwort Hr. Deliktas: Es gab bisher lediglich numerische Voruntersuchungen hierzu.
- Frage Fr. Dr. Missal: Wie sollen die Matrizen für dieses Verfahren hergestellt werden?
  - Antwort Hr. Deliktas: Fa. Penkert ist in der Lage, diese Matrizen zu fertigen.
- Frage Hr. Dr. Zimmermann: Wie groß sind die bisher untersuchten Zahnräder? Besteht die Gefahr eines Schmierstoffabrissens bei diesem Verfahren?
  - Antwort Hr. Deliktas: Das untersuchte Zahnrad besitzt einen Kopfkreisdurchmesser von 41 mm. Selbstverständlich ist das L/D-Verhältnis bei der spanenden Fertigung der Matrizenbohrungen fertigungstechnisch beschränkt. Die Gefahr eines Schmierstoffabrisses kann erst in den Experimenten geprüft werden.
- Frage Fr. Dr. Missal: Werden in den Experimenten mehrere Matrizen eingesetzt werden?
  - Antwort Hr. Deliktas: Ja, es werden mehrere Matrizen für das neue Verfahren Guided Material Flow (GMF) sowie des konventionellen Samanta-Verfahrens zur Umformung unterschiedlicher Zahnradgeometrien eingesetzt werden.
- Anmerkung Herr Dr. Neher: Bei Untersuchung des gezeigten Verfahrens sollte die Wirtschaftlichkeit der Zahnradherstellung analysiert werden. Grund hierfür ist, dass spanende Verfahren (Fa. Herzog) aktuell in der Lage sind, kleinere Zahnräder innerhalb von ca. 15 Sekunden herzustellen. Zudem ist die Kaltverfestigung nicht relevant für Zahnräder, da diese stets einsatzgehärtet werden. Weiterhin besteht das Problem, dass beim Samanta-Verfahren die Rohteile sich ineinander verhaken, wodurch ein „Strang“ an Zahnrädern entsteht.

# Arbeitskreis für Entwicklung und Erforschung des Kaltpressens

Im Forum Umformtechnik Stuttgart e.V.

## TOP 8: Fachvortrag: „Neuartiges Verfahren zum Verzahnungsprägen an Sicherungsscheiben“

– Tahsin Deliktas, Institut für Umformtechnik, Universität Stuttgart

Herr Deliktas präsentiert die Forschungsergebnisse von Hr. Andre Weiß. Es handelt sich hierbei um zwei neue Prägeverfahren zur Fertigung von Sitzverzahnungen an Sicherungsscheiben. Herr Deliktas stellt die Forschungshypothese vor und vergleicht dazu die beiden neuen Verfahren mit dem konventionellen Prägen. Schlussendlich zeigt er die numerischen sowie die experimentellen Ergebnisse zu beiden Prägeverfahren auf. Herr Blandl stellt nach dem Vortrag die Frage, wie die Herstellung der Pins (Vorform) für das Pin-to-Gear Verfahren hergestellt werden. Herr Deliktas antwortet darauf, dass diese ebenfalls durch Prägen gefertigt werden.

## TOP 9: Ankündigungen, Danksagungen und Schlussworte

– Prof. Liewald, Institut für Umformtechnik, Universität Stuttgart

Prof. Liewald stellt Tobias Amann nochmals als neuen Sprecher des Arbeitskreises vor. Anschließend wird von Prof. Liewald auf den traurigen Todesfall von Herrn Peter Manfred Zvez am 01. Oktober 2023 hingewiesen und eine Gedenkminute eingelegt. Nachfolgend stellt Prof. Liewald die Arbeitsinhalte der kommende AK-Studie „Kaltfließpressen von geschlitzten Näpfen“ vor, welche voraussichtlich nach der kommenden Frühjahrssitzung starten wird. Es werden weiterhin die Institutsveranstaltungen **ForTech Bulk 2024 auf der Messe in Stuttgart**, die **Form-Impulse Schulung** (weitere Informationen auf der Homepage des Institutes) sowie der **TechDay zur Demonstration des Projektes GumProdig am 13.12.2023** als zukünftige Veranstaltungen am IFU angekündigt. Prof. Liewald weist abschließend noch auf die

Frühjahrssitzung 2024 des AK Kaltpressens findet am **28. März 2024** am IFU statt.

Stuttgart, 10. November 2023



gez. Tahsin Deliktas  
Sekretär des Arbeitskreises Kaltpressen

Anlage 1      Teilnehmerliste