

Titel
CFK Sägen

IGF-Nr.: 18399 N

Forschungsstellen

Forschungsstelle 1: Institut für Werkzeugforschung und Werkstoffe,
Remscheid (IFW)

Forschungsstelle 2: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung,
Stuttgart (IPA)



Ansprechpartner beim IFW-Remscheid: Dipl.- Phys. Ralph Keßler
02191 / 5921.127
kessler@fgw.de

Ansprechpartner beim IPA-Stuttgart: Dipl.-Ing. Tim Mayer
0711 / 970.1549
tim.Mayer@ipa.fraunhofer.de

Danksagungen

Das IGF-Vorhaben 18399 N der Forschungsvereinigung Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V. – FGW, Papenberger Straße 49, 42859 Remscheid wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Ausgangssituation

Bedingt durch das prognostizierte Marktwachstum der kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffe (CFK) im Zeitraum bis 2015 um über 50 % ergaben sich verschärfte Anforderungen an effektive und wirtschaftliche Herstellverfahren wie auch an Verfahren für die Nachbearbeitung und den Zuschnitt der Bauteile bzw. Halbzeuge /Heu12d/. Dies gilt auch für den Bereich der durch Glasfasern verstärkten Kunststoffe, der mit über 90 % und 1.010 Mio. Tonnen Produktionsmenge allein in Europa den größten Anteil der faserverstärkten Kunststoffe (FVK) darstellt.

Grund für die hohen Wachstumszahlen vor allem im Bereich CFK ist der Trend zu Leichtbau, der inzwischen fast alle Branchen erreicht hat. Ein großer Teil der Produktion von FVK fällt auf die Herstellung von Produkten durch Wickel-, Extrusions- oder Pultrusionsverfahren. Bei glasfaserverstärkten Kunststoffen liegt der Anteil bei 21 %, bei CFK bei rund 23 % des jeweiligen Gesamtmarktes. In diesen Verfahren werden in einem kontinuierlichen Prozess Stäbe, Rohre, Platten und Profile gefertigt, wie in Abbildung 1 zu sehen ist. Hierbei handelt es sich in vielen Fällen um Halbzeuge, welche jedoch im Vergleich zu anderen Verfahren mit einem hohen Materialdurchsatz gefertigt werden.

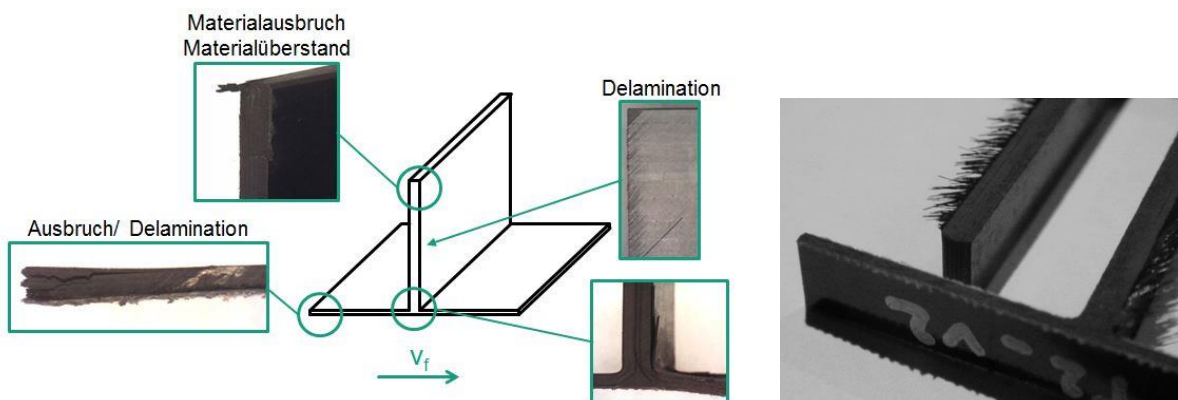


Abb. 1: Beispiele Schädigungsverhalten in Form von Delamination, Ausfransung und Ausbrüchen bei dünnwandigen Profilen

Dabei unterscheiden sich die Profile stark in Geometrie, Komplexität, Größe und Wandstärke, wie auch in der Materialzusammensetzung (Fasertyp, Faserorientierung, Faseranteil, Matrix) sehr deutlich. Diese Unterschiede ergeben sich als Folge unterschiedlicher Anwendungsfelder wie auch bedingt durch die Wahl des Herstellverfahrens.

Die mit diesen Verfahren hergestellten Profile werden im Anschluss an den Umformprozess durch in der Regel fliegende oder stehende Kreissägen bzw. Trennscheiben abgetrennt. Die Kreissäge und der Prozess des Kreissägens stellt damit eindeutig eine system- und qualitätsbestimmende Komponente in der Prozesskette dar.

Für das Ablängen derartiger Profile existierten 4 grundsätzliche Problemfelder:

- Geringe Auswahl an Bearbeitungswerkzeugen und oftmals rein empirische Auswahl.
- Nahezu unendliche Vielfalt an Kombinationsmöglichkeiten bei FVK und der Profilgeometrie (Faseranteil, Fasertyp, Matrixsystem, offenes oder geschlossenes Profil).
- Unzureichende Qualität der Schnittkanten aufgrund der für FVK typischen Schadensmuster (Delamination, Ausfransungen, Überstände), die eine Nachbearbeitung notwendig machen.
- Hohe thermische Belastung bzw. geringe thermische Belastbarkeit der Matrix (teilweise Kühl- und Schmierstoffe nötig).

Forschungsziel

Globales Ziel des Vorhabens war die Entwicklung von Kreissägewerkzeugen und die Bestimmung von Werkzeug- und Technologieparametern für das Trennen von Profilen bzw. Rohren aus faserverstärktem Kunststoff.

Für das Verfahren Kreissägen sollte die wissenschaftliche Erarbeitung eines Zusammenhangs zwischen den Werkzeug- und Technologieparametern und den Schädigungsmechanismen der Faserverbundwerkstoffe erstmalig durchgeführt werden.

Ein wichtiges Teilziel war dabei die Erarbeitung von möglichst allgemeingültigen, quantifizierbaren und messbaren Schädigungskriterien für das Kreissägeverfahren. Diese maßgeblichen Beurteilungskenngrößen sollten den Prozessparametern gegenübergestellt und deren Wechselwirkungen und Abhängigkeiten beschrieben werden.

Vorgehensweise und Forschungsergebnisse

In den Untersuchungen wurden die grundlegenden Zusammenhänge zwischen den Prozess- und Werkzeugparametern ermittelt und hieraus Handlungs- wie auch Optimierungsaufgaben aufgezeigt, die auch bereits in Demonstratorlösungen umgesetzt wurden.

In umfangreichen Zerspanungsversuchen konnten maßgebliche Einflussgrößen wie z.B. die Bearbeitungskräfte auf die Bearbeitungsqualität untersucht werden. Es konnte gezeigt werden, dass hier insbesondere der Zahnvorschub und der Austrittswinkel der Werkzeugschneide großen Einfluss auf die Schnittqualität beim Trennen von CFK haben.

Hohe Zahnvorschübe und Austrittswinkel beeinflussen die Qualität negativ. Allerdings beeinflussen wiederum hohe Schnittgeschwindigkeiten die Schnittqualität günstig, da diese den einzelnen Zahnvorschub und damit die mittlere Spannungsdicke verringern. Die Schnittgeschwindigkeiten sind allerdings nach oben durch die kritischen Drehzahlen der Werkzeuge limitiert. Hierzu mussten die Versuchswerkzeuge dynamisch untersucht werden.

Es konnten mittels Laserdopplervibrometrie die Werkzeugschwingungen der Werkzeuge sowohl statisch und dynamisch, als auch dynamisch während der Zerspanung erfasst und mit der Schnittqualität korreliert werden (Abbildung 2).

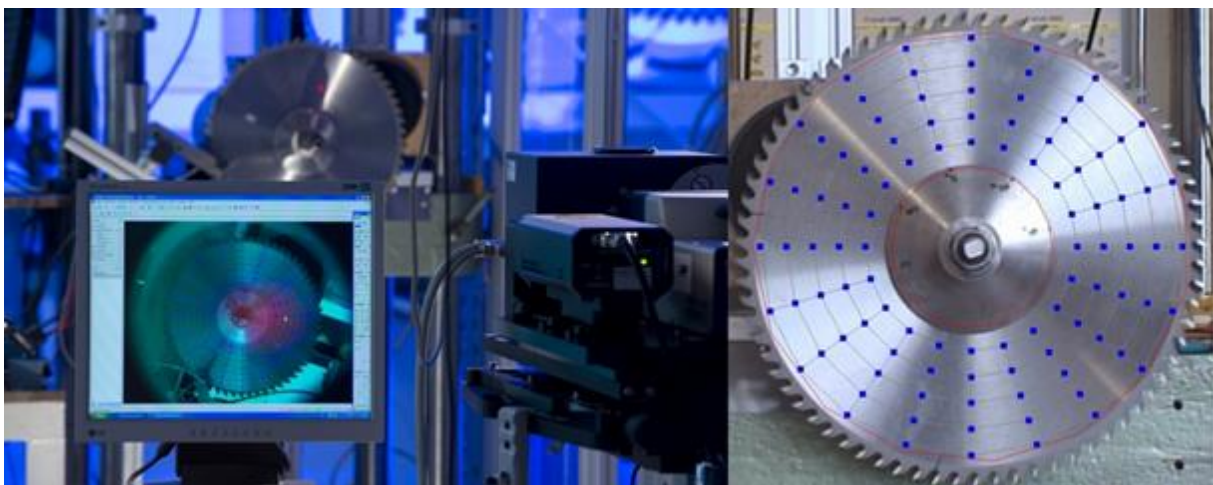


Abb. 2: Links: Laserdopplervibrometer (LDV).

Rechts: Definierbares Messgitter zur Untersuchung der Schwingform.

Bei Einsatzdrehzahlen in der Nähe der kritischen Drehzahlen können starke Schwingungsamplituden auftreten, wodurch die Bearbeitungsqualität selbst negativ beeinflusst wird (Abbildung 3). Die hohen Schwingungsamplituden können aber auch die Reibung in der Schnittfuge erhöhen, wodurch es zu thermischen Schäden an der Matrix des Werkstückes kommen kann.

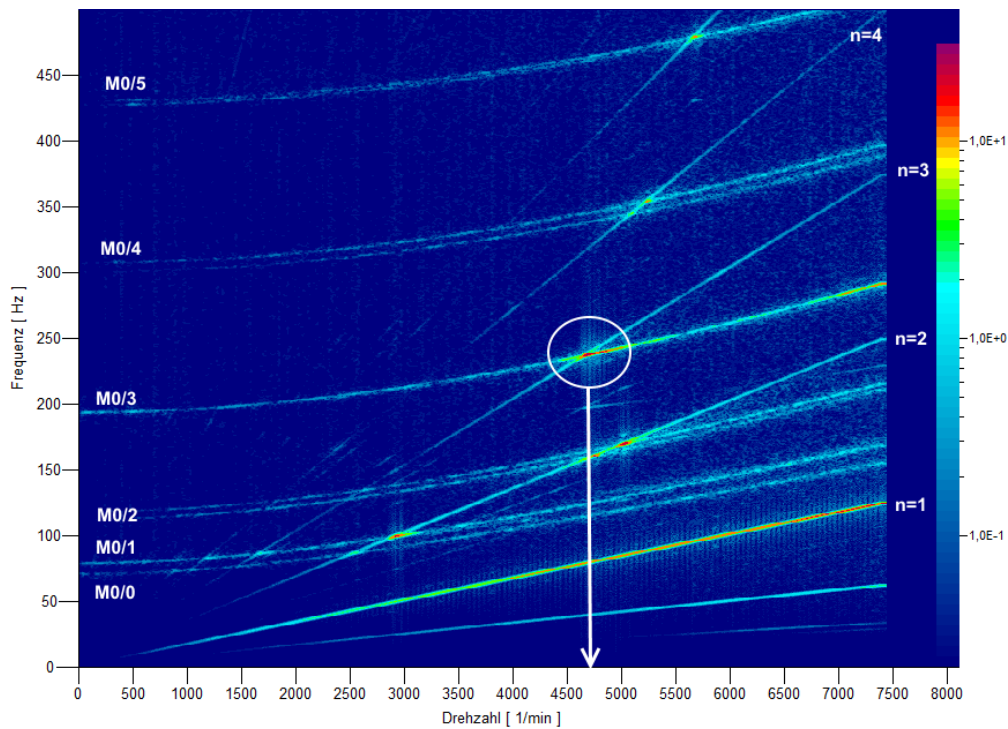


Abb. 3: Frequenz- Drehzahldiagramm (Campbell-Diagramm) zur Bestimmung der kritischen Drehzahlbereiche.

Bei den Profilvarianten wurden unterschiedliche Eingriffsvarianten in den Zerspanversuchen gewählt, um deren Einfluss auf die Schnittqualität bzw. die Schadensbilder zu verdeutlichen (Abbildung 4).

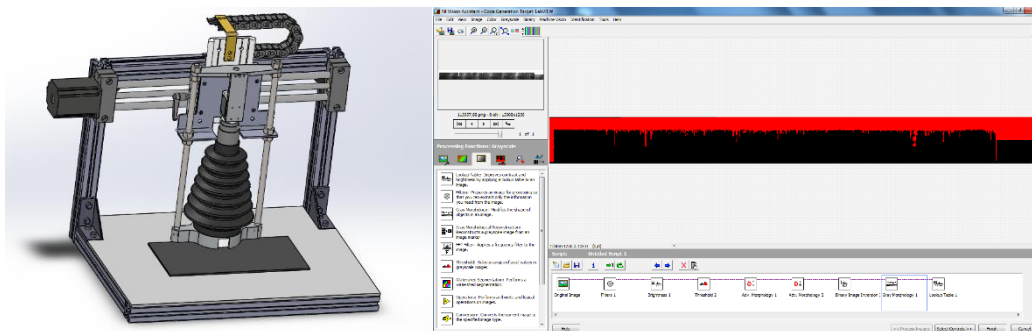


Abb. 4: Optisches Messsystem zu Beurteilung der Schnittqualität

Aufgrund der unterschiedlichen Trennwinkel und der geringen Wandstärke stellt die Zerspanung der Profile eine große Herausforderung dar. Die Analyse der Schnittqualität zeigte dabei deutlich, dass durch die richtige Wahl der Bearbeitungsstrategie und der Prozessparameter eine wesentliche Verbesserung der Schnittqualität erreicht werden kann. So erhöhen beispielsweise höhere Vorschubgeschwindigkeiten sowohl die mittlere Delaminationstiefe, als auch die maximale Delaminationstiefe und verschlechtern somit das Bearbeitungsergebnis (Abbildung 5). Zusätzlich zeigte sich, dass sich der Materialeinfluss, beispielsweise durch dünne Decklagen ohne Faserverstärkung oder Folienrückständen aus der Fertigung, deutlich auf das Austrittsverhalten der Werkzeuge und somit auf die Schnittqualität auswirkt.

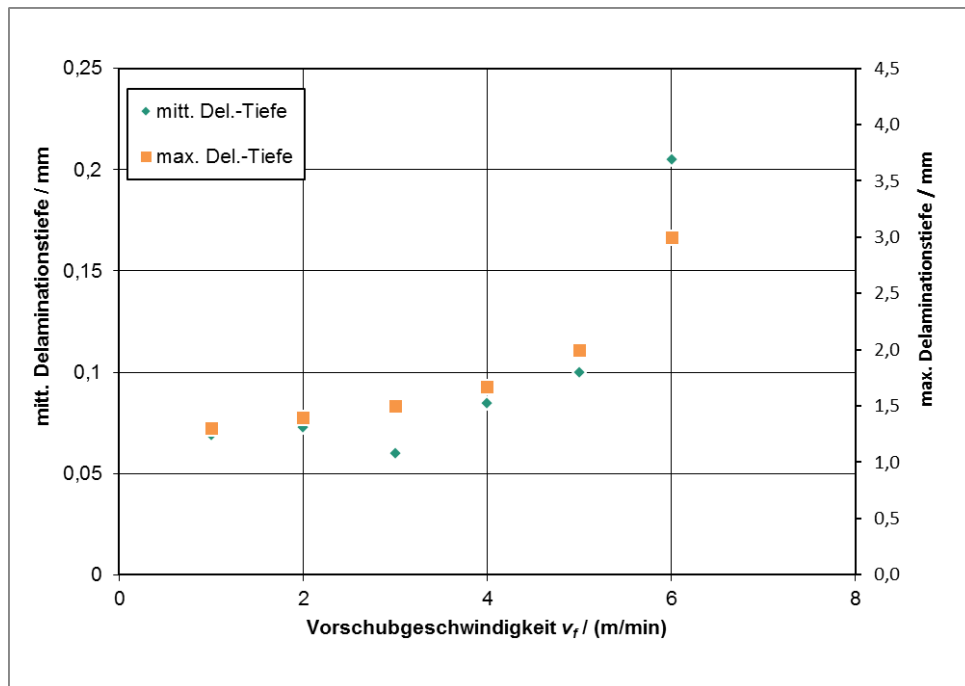


Abb. 5: Mittlere und maximale Delaminationstiefe in Abhängigkeit von der Vorschubgeschwindigkeit (Drehzahl $n = 3000$ U/min, Überstand $\ddot{u} = 10$ mm)

Beim Vergleich zwischen Gleich- und Gegenlauf konnte nachgewiesen werden, dass aufgrund der großen Delamination am Sägeaustritt von der Verwendung des Sägens mittels Gleichlauf abzusehen ist. Dies zeigt sich dabei für alle betrachteten Sägewerkzeuge, unabhängig von den gewählten Parametern.

In unterschiedlichen Untersuchungen konnten die Zusammenhänge zwischen Schwingverhalten, Zahnvorschüben, Austrittswinkeln und Werkzeugparametern auf die Qualität des Sägeprozesses ermittelt werden. Diese wurden im Anschluss zur Umsetzung unterschiedlicher Lösungsansätze, wie dem Einsatz von keramischen Schneidstoffen, lasergeschärfter Sägewerkzeuge und auch der Entwicklung von hochverzahnten Demonstrator-Werkzeugen, genutzt.

Zusammenfassung

Das immer weiter wachsenden Volumina von FVK-Bauteilen, die verarbeitet und mittels einer Kreissägetechnik getrennt werden müssen, erfordern entsprechend anforderungsgerechte Werkzeuge. Qualitätsbestimmend sind dabei möglichst kleine Ausfaserungen oder Delaminationen an den Werkstücken. Eine zielgerichtete Werkzeugentwicklung fand bisher nicht statt. Wissenschaftliche Untersuchungen setzten in dem beschriebenen Forschungsvorhaben Werkzeug- und Prozessparameter in Korrelation zur erzielbaren Schnittqualität.

Hohe Vorschubgeschwindigkeiten und ein großer Werkzeugüberstand beim Austritt erhöhen dabei z.B. die Delaminationen. Kleinere mittlere Spannungsdicken, hohe Schnittgeschwindigkeiten und die Bearbeitung im Gegenlauf hingegen verbessern grundsätzlich die Schnittqualität. Dünnere Schnittfugen reduzieren Zerspankräfte und verringern das Risiko von Delaminationen und Ausbrüchen am Werkstück. Unterschiedliche Schneidengeometrien, Zahnformen und Zahnteilungen wurden untersucht und in die Korrelationen mit eingebracht.

Es wurden im Vorhaben weiterhin die Einflüsse der Materialparameter der Werkstücke, wie der Fasertrennwinkel, die Materialzusammensetzung und die Werkstückgeometrie analysiert und Untersuchungen zum Verschleißverhalten der Werkzeuge durchgeführt.

Ein besonderer Dank gilt allen Mitgliedern im projektbegleitenden Ausschuss für die gute Zusammenarbeit und für die Unterstützung bei der Durchführung der Forschungsarbeiten.

Eine Langfassung der Forschungsarbeiten kann in Form eines Schlussberichts bei der Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V., Papenberger Str. 49, 42859 Remscheid, www.fgw.de, angefordert werden.

Weiter Informationen erhalten Sie gerne bei Herrn Dipl.-Phys. Ralph Keßler unter 02191 5921.127.