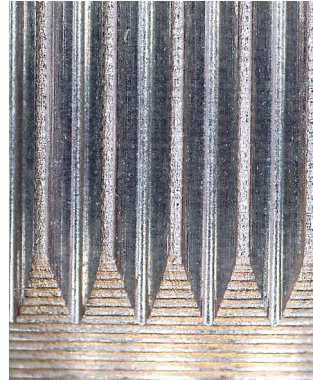


Pressverbindungen mit gerändelter Welle – eine Zusammenfassung zum Stand der Technik



Mörz, F.

Im folgenden Artikel wird eine Zusammenfassung der Ursprünge und der wichtigsten Arbeiten zum Thema Pressverbindungen mit gerändelter Welle gegeben. Außerdem wird ein Einblick in ein aktuelles Forschungsvorhaben zum Fertigungseinfluss von Pressverbindungen mit gerändelter Welle gegeben.

The following article gives a summary of the origins and the most important works on press-fit connections with knurled shafts. Furthermore, it gives an insight into a current research project on the manufacturing influence of press-fit connections with knurled shaft.

Rändelungen und deren Fertigung

Rändelungen wurden erstmals 1924 in der DIN 82 – Rändel- und Kordelteilungen normativ beschrieben /1/. Der ursprüngliche Zweck dieses Maschinenelements war die Verbesserung der haptischen Eigenschaften von verschiedensten Bedienelementen wie etwa an Bügelmessschrauben oder Kronen von Uhren.

Die Fertigung von Rändelungen erfolgt nach DIN 82 mit Hilfe von sogenannten Rändelrädern. Die Werkzeuggeometrie der Rändelräder ist wiederum in DIN 403 /2/ genormt. Je nach Ausführung der zu fertigenden Rändelung, der Art und Anzahl der Rändelräder selbst und der Ausrichtung beim Fertigen der Rändelung kann der Herstellungsprozess umformend oder spanend erfolgen.

Für die Verwendung von Rändelungen als lastübertragendes Element in Pressverbindungen kommt aufgrund des Fügevorganges üblicherweise die Rändelform RAA mit achsparallelen Riefen in Frage (vgl. Abbildung 1).

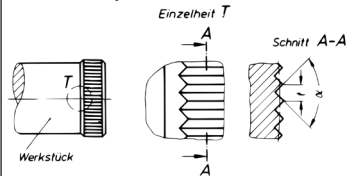
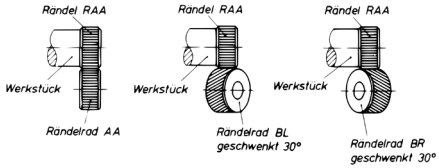
Form	Benennung und Darstellung	Herstellungsmöglichkeiten mit Rändelrädern nach DIN 403
RAA	<p>Rändel mit achsparallelen Riefen</p> 	

Abbildung 1: Auszug aus DIN 82: Rändel /1/

Rändelung als lastübertragendes Element in einer Pressverbindung

Durch die Verwendung von Rändelungen als zusätzliche lastübertragende Elemente in Pressverbindungen wird eine Kombination aus reib- und formschlüssiger Welle-Nabe-Verbindung, eine sogenannte Pressverbindung mit gerändelter Welle oder auch Rändelpressverbindung (RPV) erzeugt. Diese Kombination widerspricht klassischen Auslegungsprinzipien, bei denen das Bauteil bzw. die Verbindung definiert gegen eine Versagensursache ausgelegt wird. Aus diesem Grund sind für die Gestaltung und Auslegung vertiefte Untersuchungen erforderlich, damit eine sichere Anwendung und Auslegung dieser Verbindungen möglich ist.

Prinzipiell muss für eine derartige Verbindung ein recht großer Festigkeitsunterschied zwischen den beiden Verbindungspartnern gegeben sein. Beim Fügevorgang schneiden oder formen (je nach Ausführung der Fasengeometrie an der Stirnseite der Welle) sich die Rändelspitzen des härteren ausgeführten Verbindungspartners in die Geometrie des weicheren Partners ein. Dabei kann sowohl die Welle als auch die Nabe als härterer Verbindungspartner ausgeführt sein und als „Werkzeug“ für die „Verzahnung“ des weicheren Verbindungspartners dienen (vgl. Abbildung 2).

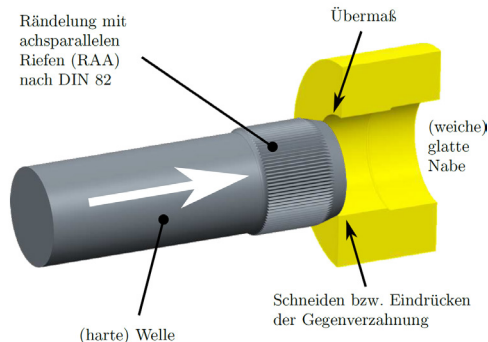


Abbildung 2: Rändelpressverbindung mit gerändelter Welle nach Mänz /3/

Auswahl von wichtigen Arbeiten zum Thema Rändelpressverbindung

Bereits im Jahr 1969 veröffentlichte THOMAS eine Dissertation zu Untersuchungen von Pressverbindungen mit unterbrochener Fuge. Hier wurden Pressverbindungen mit zusätzlichen Elementen zur Lastübertragung (als Stollen bezeichnet) in der Pressfuge untersucht. THOMAS untersuchte neben verschiedenen Werkstoffen achsparallele, schraubenförmige und ringförmige Stollenanordnungen. Weiterhin verschiedene Stollenformen wie Dreieck-, Trapez- und Rechteckstollen. In Abbildung 3 sind Dreieckstollen nach THOMAS dargestellt.

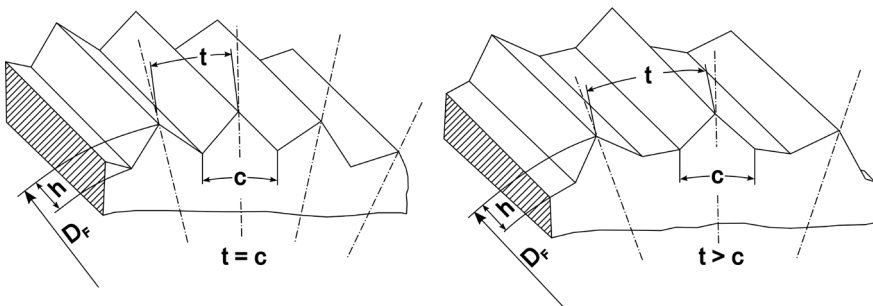


Abbildung 3: Dreieckstollen mit Teilungen t gleich der Basisbreite c (links) und größer der Basisbreite c (rechts) nach THOMAS /4/

THOMAS gibt in seiner Arbeit final Tabellen zur Bestimmung der verschiedenen Geometrie Größen bei unterschiedlichen Werkstoffen und Stollenformen an. /4/

BADER beschreibt in seiner Dissertation vorwiegend schneidende RPV. Neben umfangreichen analytischen Vorbetrachtungen zu möglichen vorhandenen Einflussfaktoren und deren Auswirkungen auf die Verbindung werden statische und dynamische Torsionsuntersuchungen an RPV durchgeführt. Die Verbindungen werden dazu aus Stahl-Wellen mit unterschiedlichen Naben aus Al-Cu-Legierungen, Cu-Zn-Legierungen, sowie Stahl-Naben gefügt. Außerdem werden Hinweise zur Ausführung von schneidend gefertigten RPV gegeben. Die Ergebnisse seiner Arbeiten stellen die Grundlage für weitere experimentelle und analytische Betrachtungen dieser Verbindungsart dar. /5/

LÄTZER untersucht in seiner Dissertation das Ein- und Auspressverhalten, sowie das Übertragungsverhalten von RPV bei statischer und dynamischer Torsion. Die dabei betrachteten Verbindungen bestehen aus Stahlwellen und Naben aus Aluminiumblech. Ziel der Untersuchungen war es, die für die Verbindung relevanten Parameter, wie etwa Rändelprofil, Wellendurchmesser, Länge der Passfuge, etc. zu untersuchen und deren Einfluss zu bestimmen. Dabei wird auch der Einfluss der Fase auf den Fügevorgang (schneidend oder umformend) beschrieben. Bei der Probenfertigung wurden verschiedene Fertigungsverfahren für die Rändelgeo-

metrie betrachtet. Für die Serienfertigung gerändelter Wellen wird das rekursive Axialumformen empfohlen.

LÄTZER stellt weiterhin ein analytisches Berechnungskonzept vor, welches für die Berechnung der Fügekraft bzw. der Fließkurve des Materials auf dem LUDWIK-Ansatz basiert. Für die Berechnung der Drehmomentübertragbarkeit wurde ein Berechnungsansatz in Anlehnung an die Berechnung von Kerbzahnverbindungen erarbeitet. Final gibt LÄTZER Auslegungshinweise für die Gestaltung von Stahl-Aluminium RPV an. /6/

In der Dissertation von MÄNZ wurden sehr umfangreiche Untersuchungen zum Fügevorgang von RPV durchgeführt. MÄNZ setzte sich dabei sowohl mit schneidend, als auch mit umformend gefügten Stahl-Stahl und Stahl-Aluminium RPV auseinander. Im Anschluss wurden umfangreiche Untersuchungen zum statischen und dynamischen Drehmoment-Übertragungsverhalten von RPV durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Versagensmechanismen ermittelt. Außerdem wurden Versuche unter kombinierter Belastung aus statischer Torsion und dynamischer Biegung, sowie zur Kaltauslagerung der Proben durchgeführt.

Final wird ein Auslegungskonzept für RPV vorgestellt. Der Berechnungsansatz für die Bestimmung der Fügekräfte beruht dabei auf Fertigungs- bzw. Umformtechnischen Ansätzen. Auf Basis des sich einstellenden Passfugendruckes wird in elastische, teil-plastische und vollplastische Deformation der Nabe unterschieden. Der jeweilige Verformungszustand geht dann in die weitere Berechnung der Drehmomentübertragbarkeit ein. Für die dynamische Übertragbarkeit wurden dazu Formzahlen berechnet. Für den Anwender werden Auslegungshinweise für RPV angegeben. /3/

Eine weitere verbreitete Anwendung von RPV ist das Umspritzen von Metallwellen mit Kunststoffen. Die Rändelung dient dabei zur Erhöhung der übertragbaren Lasten oder auch als Formschluss-Element, um eine Lastübertragung zwischen Kunststoffteil und Metallwelle zu ermöglichen. Untersuchungen zu diesem Thema sind z.B. in /7/ beschrieben (vgl. Abbildung 4).

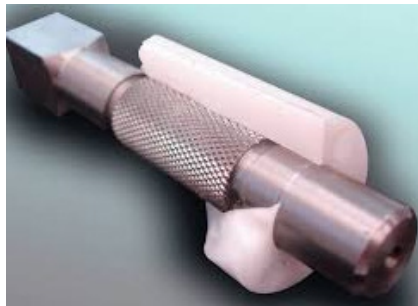


Abbildung 4: Rändelpressverbindung mit Metallwelle und Kunststoffnabe /7/

In den Untersuchungen von BADER, LÄTZER und MÄNZ sind die wichtigsten Grundlagen für die Anwendung von Rändelpressverbindungen als lastübertragende Welle-Nabe-Verbindung im allgemeinen Maschinenbau ermittelt worden. Jedoch sind weitere Untersuchungen etwa zum Fertigungseinfluss erforderlich, damit eine breitere Anwendung in der Industrie erfolgen kann. Für eine allgemeingültige Auslegungsvorschrift ist zudem eine normative Beschreibung der Verbindungsart wünschenswert.

Aktuelle Forschung

In dem aktuellen Forschungsvorhaben FVA 658 II (Aif-Nr. 20172 N/1) soll der Fertigungseinfluss auf Rändelpressverbindungen untersucht werden. Hierzu werden unterschiedliche Verfahren zur Fertigung von Rändelungen gegenübergestellt. Für eine bessere Zentrierung der Verbindungen beim Fügen und für eine Steigerung der Qualität der gefertigten Bauteile wird die Geometrie der Rändelung angepasst. Hierzu wird zunächst die Rändelung mit dem jeweiligen Fertigungsverfahren hergestellt. Anschließend werden in einem zusätzlichen Arbeitsschritt die Zahnköpfe der Rändelung abgetragen (vgl. Abbildung 5, rechts).

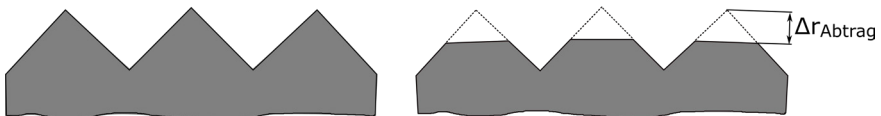


Abbildung 5: Schematische Darstellung einer Rändelung im Ausgangszustand (links) und mit abgetragenen Zahnköpfen (rechts)

Im Rahmen des Vorhabens sind umfangreiche experimentelle Untersuchungen zum Montage- und Zentrierverhalten der Proben geplant. Weiterhin sind Untersuchungen zur Drehmomentübertragbarkeit unter statischer und dynamischer Torsion vorgesehen. Außerdem sollen Untersuchungen zur Mehrfachverwendung und zum Verschleißverhalten der Verbindungen durchgeführt werden.

Zusammenfassung

In den vorgestellten Arbeiten wurden die wichtigsten Grundlagen von Rändelpressverbindungen erforscht. Dabei wurde sowohl der schneidende als auch der umformende Fügevorgang ausführlich untersucht. LÄTZER und MÄNZ stellen erste analytische Berechnungskonzepte vor.

Für die breitere Anwendung der Verbindung in der Praxis sind jedoch weitere vertiefte Untersuchungen zur Herstellung und Auslegung dieser Verbindungsart nötig. In einem aktuellen FVA-Forschungsprojekt wird aus diesem Grund der Fertigungseinfluss auf Rändelpressverbindungen genauer untersucht.

Literatur

- /1/ Norm DIN 82: 1973-01, *Rändel*
- /2/ Norm DIN 403: 1973-01, *Rändelräder*
- /3/ Mänz, T.: *Auslegung von Pressverbindungen mit gerändelter Welle*, Technische Universität Clausthal, Diss., 2017
- /4/ Thomas, K.: *Die Presspassung mit unterbrochener Fuge*, Technische Universität Hannover, Diss., 1969
- /5/ Bader, M.: *Das Übertragungsverhalten von Pressverbänden und die daraus abgeleitete Optimierung einer formschlüssigen Welle-Nabe-Verbindung*, Graz, Technische Universität, Diss., 2009
- /6/ Lätzer, M.: *Füge- und Übertragungsverhalten torsionsbelasteter Stahl-Aluminium-Rändelpressverbindungen*, Technische Universität Chemnitz, Diss. 2016
- /7/ Kunz, J; Lukic, D.: *Kunststoff-Metall-Pressverbindungen* in *Kunststoffe*, Heft 12/2006, S. 68-71