

Umformen verbindet Unrundprofilverbindungen durch Innenhochdruckfügen

Grünendick, T.; Guthmann, A.

Die Antriebstechnik benötigt wirtschaftlich herstellbare Verbindungselemente mit einer hohen Übertragungsfähigkeit. Nach der Idee des hier vorgestellten und geplanten Forschungsvorhabens vereinen innenhochdruckgefügte Welle-Nabe-Verbindungen die Vorteile von Unrundprofilverbindungen mit dem Vorteil des innovativen Herstellverfahrens zu einem wirtschaftlichen Verbindungselement.

Drive technology needs connecting elements which are economic to manufacture and offer large transmission capabilities. The idea of the planned research project presented here is, that internal high pressure joined shaft to hub connections combine the advantages of connections with a non-circular cross section and the advantages of an innovative manufacturing method to economically produce connecting elements.

1 Ausgangsbasis

Der Vorteil von Unrundprofilverbindungen liegt in der guten Übertragungsfähigkeit hoher, wechselnder Belastungen. Da aufgrund der Form keine Zusatzelemente zur Drehmomentübertragung notwendig sind, liegt bei dieser Verbindungsart nur eine geringe Kerbwirkung vor. Die Profilform stellt sicher, dass die sich bei Belastung ausbildenden Spannungsspitzen im Vergleich zu anderen formschlüssigen Welle-Nabe-Verbindungen, wie beispielsweise bei Passfeder- oder Längsstift-Verbindungen, gering ausfallen, wodurch die Tragfähigkeit erhöht wird.

Die geringe Verbreitung von Unrundprofilverbindungen hat ihre Ursache vor allem in den fertigungstechnischen Nachteilen. Die Herstellung ist aufgrund der geometrischen Anforderungen an das Profil sehr aufwendig und kostenintensiv. Welle und Nabe müssen hochpräzise gearbeitet sein, damit eine gute Übertragungsfähigkeit sichergestellt ist, was zu sehr engen Fertigungstoleranzen führt. Des Weiteren ist als Ergebnis von Tragfähigkeitsuntersuchungen festzuhalten, dass auch bei dieser Verbindungsart Reibkorrosion entsteht, welche die Verbindung zerstört. Untersuchungen an genormten Polygonprofilen zeigen, dass die Wahl einer

engeren Passung diesem Problem entgegenwirkt [1], [2].

Bei innenhochdruckgefühten zylindrischen Pressverbindungen haben sich die Vorteile, die sich aus dem Fügeverfahren ergeben, bewährt. Zu nennen ist hierbei die geringe Abmaßempfindlichkeit, woraus eine spielbehaftete Montage der Verbindung resultiert, sowie die Wirtschaftlichkeit durch die Verwendung von Standard-Rundprofilen als Welle. Durch das hohe plastische Verformungsvermögen der Hohlwelle wird das zulässige Fügspiel der zylindrischen Fügepartner überwunden und eine gute Anpassung an die Nabeninnengeometrie ermöglicht. Diese Anpassungsfähigkeit kann auch bei der Herstellung von Unrundprofilverbindungen, bei denen u.U. große Deformationen notwendig sind, genutzt werden.

Mit dem Innenhochdruckfügen als alternativem Herstellungsverfahren für Unrundprofilverbindungen ist es möglich, den Herstellungsprozess zu vereinfachen und Verbindungen mit definierten Freiheitsgraden zu fertigen. Allein durch die Wahl der Steifigkeit und Festigkeit der Verbindungspartner sowie die definierte Wahl des Fügedrucks können unterschiedliche Verbindungen mit verschiedenen Freiheitsgraden erzeugt werden, die unterschiedliche Aufgaben übernehmen können, z.B. Formschluss zur Übertragung von Drehmomenten, Kraftschluss zur Übertragung von axialen Kräften oder zur Energieabsorption bei Anwendung als Sicherungselement.

Die Vorteile dieses innovativen Fügeverfahrens bilden eine gute Basis für die Anwendung bei der Herstellung von Unrundprofilverbindungen.

2 Zielsetzung

Im Rahmen des hier vorgestellten Forschungsvorhabens soll mit Hilfe von numerischen und experimentellen Untersuchungen überprüft werden, ob das Innenhochdruckfügen zur Herstellung einer Welle-Nabe-Verbindung mit Unrundprofil geeignet ist.

Es sollen form- und kraftschlüssige Verbindungen untersucht werden, die entsprechend den Frei-

heitsgraden unterschiedliche Aufgaben übernehmen können.

Ein wichtiger Bestandteil des Forschungsvorhabens ist die Untersuchung des Fügeverhaltens der Hohlwelle und der Nabe. Hierunter fällt die Beurteilung der Passfugendruckverteilung am Umfang sowie das Verformungsverhalten der Hohlwelle bei unterschiedlichen Profilgeometrien der Nabenbohrung. Mit Hilfe der Finiten-Elemente-Methode (FEM) sollen verschiedene, methodisch ausgewählte Geometrien auf ihre Eignung zum Innenhochdruckfügen hin untersucht werden. Verschiedene Einflussfaktoren auf das Fügeverhalten müssen beachtet werden, wie z. B. der Einfluss der Wellenwandstärke, der Einfluss unterschiedlicher Werkstoffkombinationen und der Einfluss der Dichtungen. Im Anschluss an diese Untersuchungen werden eine oder zwei geeignete Geometrien ausgewählt und als form- bzw. reibschlüssige Prüflinge hergestellt. Diese dienen zum einen der Verifikation der FE-Ergebnisse, zum anderen werden sie für experimentelle Untersuchungen benötigt.

Ein weiterer Bestandteil des Projektes sollen Untersuchungen zum Übertragungsverhalten der innenhochdruckgefühten Unrundprofilverbindung sein. Mit Hilfe von numerischen und experimentellen Untersuchungen soll geklärt werden, wie sich innenhochdruckgefühte Unrundprofilverbindungen unter Torsionsbelastung verhalten. Es werden Beanspruchbarkeitsgrenzen ermittelt und Aussagen über das Reibrostverhalten sowie dessen Einfluss getroffen.

3 Vorgesehener Lösungsweg

Anhand von Finite-Elemente-Berechnungen wird das Verformungsverhalten der als Ausgangsmaterial in zylindrischer Form vorliegenden Hohlwelle beim hydraulischen Aufweiten untersucht. Es ist zu ermitteln, inwieweit sich die Welle der Form der vorliegenden Nabensbohrung anpassen kann und wie sich die Nabe beim Aufweitevorgang verhält, wobei unterschiedliche, methodisch ausgewählte Geometrien untersucht werden. Die Abdichtung des Ringspaltes, in dem sich der Fluiddruck in der Welle aufbaut, wird beim Fügen von Unrundprofilen dadurch gewährleistet, dass die Dichtungen aus dem Bereich der hohen Deformationen herausgenommen werden. Hierfür ist eventuell ein außen um die Welle anliegendes Werkzeug nötig.

Zur Herstellung von formschlüssigen Unrundprofilen ist die Kenntnis des Grenzfügedruckes notwen-

dig, bei dem sich gerade keine Pressung ausbildet. In diesem Zusammenhang soll der Einfluss eines am Nabenaußendurchmesser anliegenden Werkzeuges untersucht werden, welches der Behinderung der Nabenaufweitung dienen soll. Dieses hat zur Folge, dass die Rückfederung der Nabe nach Wegnahme des Fügedruckes geringer ausfällt bzw. kein Passfugendruck vorhanden ist.

Ein wesentlicher Aspekt zur Beurteilung der Übertragungsfähigkeit ist der sich über dem Umfang der Welle einstellende Spannungszustand infolge der Plastifizierung der Welle und der sich unter bestimmten Bedingungen einstellende Passfugendruck. Unter der Berücksichtigung von Torsionsbelastungen lassen sich hieraus nach dem Nennspannungskonzept entsprechende Kerbfaktoren ableiten oder Grenzbelastungen zur Verhinderung von Reibrost ermitteln. Umfangreiche FEM Berechnungen sollen die theoretischen Grundlagen hierfür liefern.

Aus den theoretischen Überlegungen zur optimalen Gestalt werden ein oder zwei für das Innenhochdruckfügen geeignete Profilformen ausgewählt, an denen weitere experimentelle Untersuchungen durchgeführt werden. Hierbei werden zum einen die Pressverbindungen mit einem ansteigendes Drehmoment belastet, bis die Pressung an der Rückflanke der Verbindung aufgehoben ist und das Moment ausschließlich formschlüssig übertragen wird. Zum anderen sollen erste Aussagen über das Verformungsverhalten von Welle und Nabe unter Last getroffen werden. Es werden statische und dynamische Torsionsbelastungen untersucht, um Grenzbeanspruchungen zu ermitteln, die zum Versagen der Verbindung führen. Die dynamischen Untersuchungen dienen des Weiteren zur Untersuchung des Reibrostverhaltens der Verbindungen.

4 Literatur

- /1/ Göttlicher, C.: Entwicklung einer verbesserte Festigkeitsberechnung für P3G-Welle-Nabe-Verbindungen bei Torsion und kombinierter Biege- und Torsionsbeanspruchung. Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt, 1994
- /2/ Hove, U.: Zum Verhalten biege- und torsionsbelasteter Profilwellenverbindungen. Dissertation, TU Berlin, 1988