

# Die Übertragungsfähigkeit von Längs- und Querpreßverbindungen bei dynamischer Drehmomentbelastung unter örtlichem Gleiten

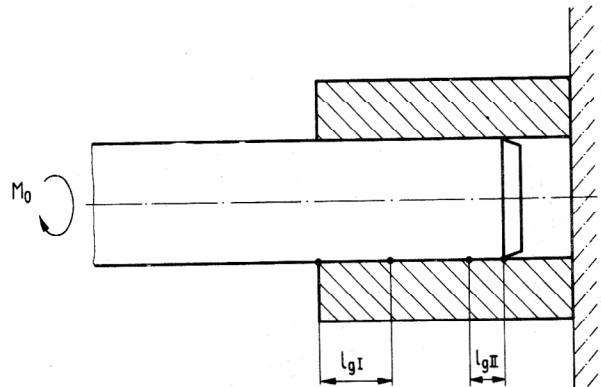
Herbert Gropp

## 0. Einleitung

Preßverbindungen gewinnen in immer mehr zunehmendem Maße an Bedeutung und Anwendungsbreite. Sie besitzen gegenüber den meisten anderen Wellen-Naben-Verbindungen sehr viele Vorteile und ermöglichen volkswirtschaftlich bedeutende Einsparungen an Material und Bearbeitungszeit und somit eine wesentliche Steigerung der Arbeitsproduktivität. Deshalb wird dort – wo es funktionell möglich ist – ein großer Teil vor allem formschlüssiger Wellen-Naben-Verbindungen – durch Preßverbindungen ersetzt. Preßverbindungen sind besonders zur Übertragung hoher dynamischer Belastungen geeignet. In der zur Zeit gültigen Berechnungsgrundlage für Preßverbindungen, der TGL 0–7190 „Berechnung einfacher Preßpassungen“ (Ausgabe 1962) [1], ist die dynamische Belastung nahezu überhaupt nicht erfaßt. Deshalb waren und sind entsprechend abgesicherte Untersuchungen erforderlich, die Auskunft über die dynamische Belastbarkeit von Preßverbindungen geben und die erforderliche Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit gewährleisten. Die nachfolgenden Ausführungen befassen sich mit der Übertragungsfähigkeit von Längs- und Querpreßverbindungen bei dynamischer Belastung durch wechselnde Drehmomente.

## 1. Theoretische Betrachtungen zur Drehmomentübertragung in Preßverbindungen

Wird eine Preßverbindung – wie sie prinzipiell im Bild 1 dargestellt ist – mit einem Drehmoment belastet, so treten in der Preßverbindung Verdrehungen auf. Bis zu einer bestimmten Größe des Drehmomentes sind die Verformungen der Paßflächen von Welle und Nabe identisch. Bei Entlastung gehen die Paßflächen in ihre Ausgangslage zurück. Die Verformungen erfolgen also rein elastisch. Das Drehmoment, bis zu dem die Verformungen rein elastisch erfolgen, ist das elastische Grenzmoment [2]. Wird dieses elastische Grenzmoment überschritten, so sind die Verformungen der Paßflächen von Welle und Nabe nicht mehr identisch. Da die Steifigkeiten von Welle und Nabe normalerweise unterschiedlich sind, treten Relativverschiebungen der Paßflächen von Welle und Nabe auf, die als örtliches Gleiten bezeichnet werden. Bei einer Entlastung wird die Ausgangslage der Paßflächen nicht wieder erreicht, da diese nicht bzw. nur gering zurückgleiten. Die Bereiche der Paßfuge, in denen dieses örtliche Gleiten auftritt, werden als Gleitzonen be-



**Bild 1**  
Prinzipielle Darstellung der Gleitzonen bei Preßverbindungen ( $l_{gI}$ ,  $l_{gII}$  ... Gleitzonen,  $M_0$  ... belastendes Drehmoment)

zeichnet und liegen normalerweise am Paßfugenanfang und am Paßfugende [3], [4]. Im Bild 1 sind diese Längen  $l_{gI}$  und  $l_{gII}$  der Gleitzonen eingezeichnet. Bei weiterer Steigerung des Drehmomentes vergrößern sich die Gleitzonen immer mehr, bis das Gleiten in der gesamten Paßfuge stattfindet und somit das völlige Durchrutschen der Preßverbindung eintritt.

Für Preßverbindungen ergeben sich demnach je nach der Größe des wirkenden Drehmomentes drei verschiedene Belastungsbereiche:

1. Rein elastische Drehmomentübertragung
2. Drehmomentübertragung unter örtlichem Gleiten eines Teiles der Paßflächen
3. Völliges Durchrutschen der Preßverbindung.

Aus den kurzen Ausführungen ergibt sich, daß eine normale Preßverbindung somit nicht ohne örtliches Gleiten bis in die Nähe des völligen Durchrutschens belastet werden kann. Daraus folgt, daß bei entsprechend hoher Wechselbelastung ein dauerndes Hin- und Hergleiten stattfinden muß [2].

## 2. Experimentelle Untersuchungen zur Drehmomentübertragung in Preßverbindungen

### 2.1. Notwendigkeit und Ziel der experimentellen Untersuchungen

Während früher vorwiegend der Bereich der rein elastischen Drehmomentübertragung vorlag, wird durch den Übergang zu immer höheren zu übertragenden Drehmomenten, den Abbau zur Zeit oft noch viel zu hoher Sicherheiten und der Forderung nach einer besseren Ma-

terialausnutzung der Bereich der Drehmomentübertragung unter örtlichem Gleiten in der Paßfuge immer mehr der Bereich, für den eine Preßverbindung zu berechnen und auszulegen ist. Aus der Literatur sind theoretische Betrachtungen über das örtliche Gleiten [2], [4] und experimentelle Untersuchungen über das örtliche Gleiten bei statischer Drehmomentbelastung [2] bekannt. Wesentlich ist aber die Kenntnis über die Auswirkungen des örtlichen Gleitens bei dynamischer Belastung. Dabei sind besonders der Einfluß der Lastwechselzahl und der Einfluß des beim Fügen verwendeten Schmierstoffes zu ermitteln. Speziell ist zu ermitteln, ob bezüglich der Übertragungsfähigkeit eine Ermüdungskurve existiert und ob das örtliche Gleiten zu Zerstörungen, Verschleißerscheinungen, Passungsrostbildung, Freßerscheinungen, Dauerbrüchen oder anderen nachteiligen Folgen führt.

## 2.2. Durchführung der experimentellen Untersuchungen

Die umfangreichen experimentellen Untersuchungen erfolgen auf dynamischen Verdrehprüfständen, die nach dem Resonanzprinzip arbeiten. Es handelt sich um Feder-Masse-Systeme, bei denen die Preßverbindung eine Drehstabfeder darstellt. Die Resonanzprüfstände sind für diese Untersuchungen unbedingt erforderlich, um irgendwelche Veränderungen im Verhalten der Preßverbindungen, z. B. eventuelle Änderungen des Gleitweges in Abhängigkeit von der Lastwechselzahl überhaupt erfassen zu können. Bei einer Aufbringung des Drehmomentes z. B. mittels Kurbeltrieb könnten infolge des jeweils zwangsläufig zurückgelegten Verdrehweges der Preßverbindung Veränderungen des Gleitweges normalerweise nicht festgestellt werden. Aufbau und Funktion der Prüfstände sowie Meßmethoden sind ausführlich in [3] beschrieben.

Der größte Teil der Versuche wurde an Längs- und Querpreßverbindungen mit 30 mm Paßfugendurchmesser durchgeführt. Die Wellen waren aus St 50-2 und die Naben aus St 38 b-2 [3].

Der überwiegende Teil der Preßverbindungen – besonders der Längspreßverbindungen – wurde mit dem Festschmierstoff MoS<sub>2</sub>-Ölpaste gefügt, der sich schon bei früheren Untersuchungen [3] hinsichtlich weitgehend gleicher Ausgangsbedingungen bezüglich der Schmierverhältnisse bewährt hatte. Außerdem erfolgten Untersuchungen an trocken gefügten, mit verschiedenen Fetten, Ölen, verschiedenen Graphitschmierstoffen, Talg, Vaseline und MoS<sub>2</sub>-Pulver gefügten Preßverbindungen.

Zur Ermittlung des Einflusses, den die dynamische Belastung auf die Drehmomentübertragungsfähigkeit ausübt, wurde vom Verfasser eine spezielle Versuchsmethode entwickelt, die in [3] ausführlich beschrieben und begründet ist und die deshalb hier nur in sehr knapper Form soweit behandelt wird, wie es für das Verstehen der späteren Ausführungen erforderlich ist.

Bild 2 gibt einen prinzipiellen Überblick über die Versuchsmethode. Vor der dynamischen Belastung werden das statische Lösemoment  $M_{11}$ , das statische Rutschmoment  $M_{r1}$  und der Drehmomentverlauf ermittelt. Anschließend wird die Preßverbindung einer dynamischen Belastung mit einem rein wechselnden Drehmo-

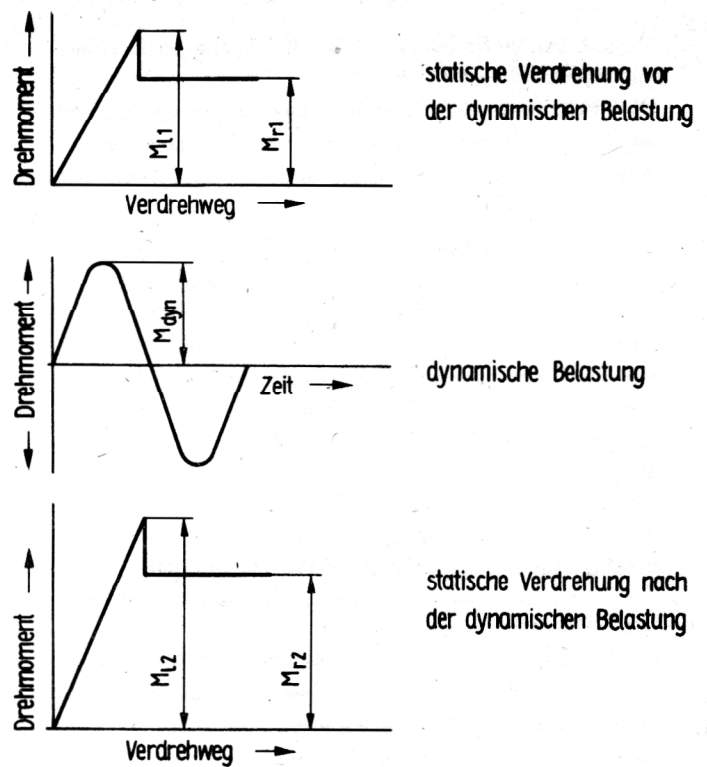


Bild 2

Prinzipieller Überblick über die Versuchsmethode zur Ermittlung der Auswirkungen der dynamischen Belastung

ment  $M_{dyn}$  einer bestimmten Lastwechselzahl ausgesetzt. Nach dieser dynamischen Belastung werden das statische Lösemoment  $M_{12}$ , das statische Rutschmoment  $M_{r2}$  und der Drehmomentverlauf ermittelt. Durch die Verhältnisse  $M_{12}/M_{11}$  bzw.  $M_{r2}/M_{r1}$  werden in Abhängigkeit vom dynamischen Belastungsverhältnis  $M_{dyn}/M_{11}$  bzw.  $M_{dyn}/M_{r1}$  die Veränderungen zum Ausdruck gebracht, die durch die dynamische Belastung hervorgerufen werden.

## 2.3. Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen

Nachfolgend kann nur auf einige wesentliche Ergebnisse der umfangreichen Untersuchungen eingegangen werden. Ausführliche Angaben sind in [3] und [5] enthalten. Kurze zusammenfassende Angaben sind in [6] bis [9] und [10] dargelegt.

Bei mit MoS<sub>2</sub>-Ölpaste gefügten Längs- und Querpreßverbindungen existiert bezüglich der Übertragungsfähigkeit für wechselnde Drehmomente keine Ermüdungskurve.

Die wechselnden dynamischen Belastungsmomente können kontinuierlich oder stufenweise sogar weit über die vor der dynamischen Belastung vorhandenen Löse- und Rutschmomente gesteigert werden, ohne daß mit zunehmender Lastwechselzahl ein Lösen oder Durchrutschen der Preßverbindungen auftritt.

Bei Längs- und Querpreßverbindungen, die mit wechselnden Drehmomenten dynamisch belastet werden, bei denen örtliches Gleiten auftritt, findet eine Erhöhung der Drehmomentübertragungsfähigkeit statt.

Ist das dynamische Belastungsmoment nicht größer als das elastische Grenzmoment, so tritt kein örtliches Gleiten

ten auf und es findet auch keine Erhöhung der Drehmomentübertragungsfähigkeit statt.

Die Erhöhung der Drehmomentübertragungsfähigkeit wird durch Prozesse, Reaktionen und Vorgänge hervorgerufen, die sich an den Kontaktstellen von Welle und Nabe in der Paßfuge abspielen.

Bei mit MoS<sub>2</sub>-Ölpaste gefügten Längsprefßverbindungen ist die Erhöhung der Drehmomentübertragungsfähigkeit nach maximal 150 000 Lastwechseln abgeschlossen. Innerhalb dieser maximal 150 000 Lastwechsel verringern sich die Gleitzonen auf nun konstant bleibende Größen. Mit der Verringerung der Größen der Gleitzonen erfolgt eine Erhöhung der Torsionsfedersteife der Prefßverbindungen. Die entscheidende Verringerung der Größe der Gleitzonen und die entscheidende Erhöhung der Drehmomentübertragungsfähigkeit finden bei mit MoS<sub>2</sub>-Ölpaste gefügten Längsprefßverbindungen innerhalb einiger Tausend Lastwechsel nach dem Aufbringen des dynamischen Belastungsmomentes statt.

Die Erhöhung der Drehmomentübertragungsfähigkeit der mit MoS<sub>2</sub>-Ölpaste gefügten Querprefßverbindungen ist nicht nach 150 000 Lastwechseln abgeschlossen. Die Lastwechselzahl, innerhalb der die Erhöhung der Drehmomentübertragungsfähigkeit abgeschlossen ist, schwankt stark und liegt bei den durchgeführten zahlreichen Versuchen zwischen etwa 150 000 Lastwechseln und etwa fünf Millionen Lastwechseln. Die Ursachen dafür liegen in der in [5] und [7] beschriebenen Schmierpolsterbildung in der Paßfuge, die durch den Temperaturangleichungsvorgang nach dem Fügen bedingt ist. Durch Einarbeitung entsprechender Nuten in die Paßflächen kann die Schmierpolsterbildung weitgehend verringert, der Abbau des Schmierpolsters beschleunigt und somit die Lastwechselzahl vermindert werden, innerhalb der die Erhöhung der Drehmomentübertragungsfähigkeit von Querprefßverbindungen abgeschlossen ist.

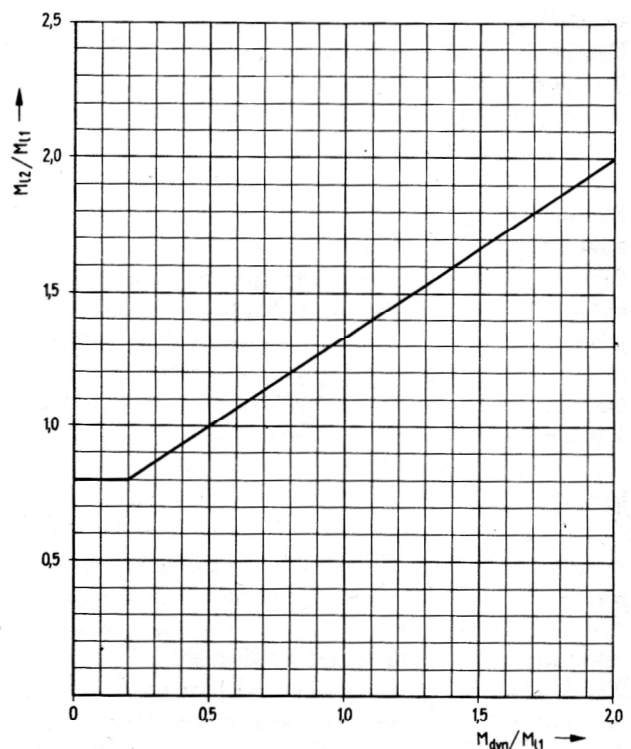
Bei mit MoS<sub>2</sub>-Ölpaste gefügten Prefßverbindungen wurden keine nachteiligen Auswirkungen infolge des örtlichen Gleitens, wie z. B. fortschreitende Passungsrostbildungen, Freßerscheinungen usw. festgestellt.

Bei trocken gefügten und mit verschiedenen Fetten, Ölen, Vaseline, Talg und verschiedenen Graphitschmierstoffen gefügten Prefßverbindungen wurde bei dynamischer Belastung der Prefßverbindungen mit wechselnden Drehmomenten unter örtlichem Gleiten ebenfalls eine Erhöhung der Drehmomentübertragungsfähigkeit festgestellt. Diese kann aber praktisch nicht genutzt werden, da gleichzeitig eine fortschreitende Passungsrostbildung, die meist mit Rißbildungen verbunden ist, auftritt und mit steigender Lastwechselzahl zur völligen Zerstörung der Prefßverbindungen führt. Selbst bei mit MoS<sub>2</sub>-Pulver gefügten Prefßverbindungen traten diese Zerstörungen auf. Bei trocken gefügten Prefßverbindungen erfolgte die Zerstörung durch fortschreitende Passungsrostbildung am schnellsten.

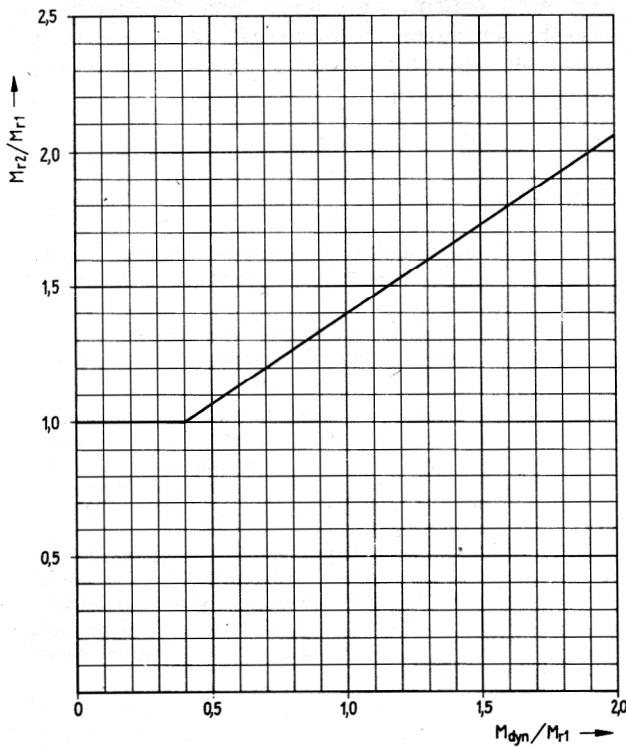
### 3. Die Ermittlung der Erhöhung der Drehmomentübertragungsfähigkeit von Prefßverbindungen bei dynamischer Belastung und örtlichem Gleiten

Die Erhöhung der Drehmomentübertragungsfähigkeit kann und sollte in der Praxis bewußt und zielgerichtet genutzt werden. Das ist z. B. oft schon durch entsprechende Gestaltung bzw. Steuerung der normalerweise bei den meisten Maschinen ohnehin erforderlichen Einlaufvorgänge möglich. Nachfolgend sind in den Bildern 3 bis 6 die aus den umfangreichen experimentellen Untersuchungen ermittelten Diagramme angegeben, die bereits in der Konstruktionsphase von Erzeugnissen, in denen Prefßverbindungen eingesetzt sind, bei Kenntnis der dynamischen Belastungsverhältnisse eine Vorausbestimmung der durch die dynamische Belastung unter örtlichem Gleiten auftretenden Erhöhung der Drehmomentübertragungsfähigkeit gestatten. Die Diagramme gelten für Prefßverbindungen, die mit MoS<sub>2</sub>-Ölpaste gefügt wurden. Alle in den Diagrammen (Bilder 3 bis 6) dargestellten Ergebnisse wurden an Prefßverbindungen mit einem Paßfugendurchmesser von 30 mm, einem Nabenaußendurchmesser von 65 mm und einer Paßfugenlänge von 42 mm gewonnen. Die Wellen waren aus St 50-2 und die Naben aus St 38b-2.

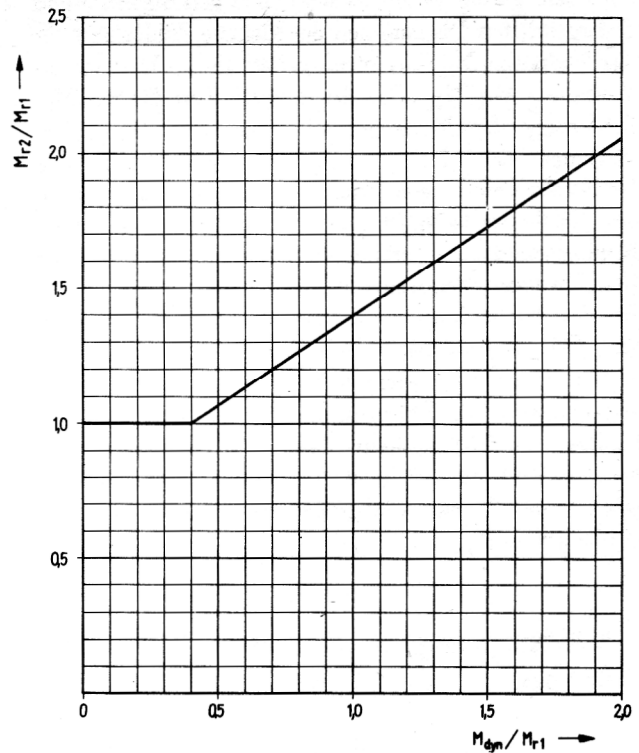
Mit den Diagrammen kann die Erhöhung der Drehmomentübertragungsfähigkeit  $M_{12}/M_{11}$  bzw.  $M_{r2}/M_{r1}$  in Abhängigkeit der dynamischen Belastungsverhältnisse  $M_{dyn}/M_{11}$  bzw.  $M_{dyn}/M_{r1}$  ermittelt werden. Die Linienzüge stellen dabei die Mindesthöhung der Drehmomentübertragungsfähigkeit dar. Die Erhöhung der Dreh-



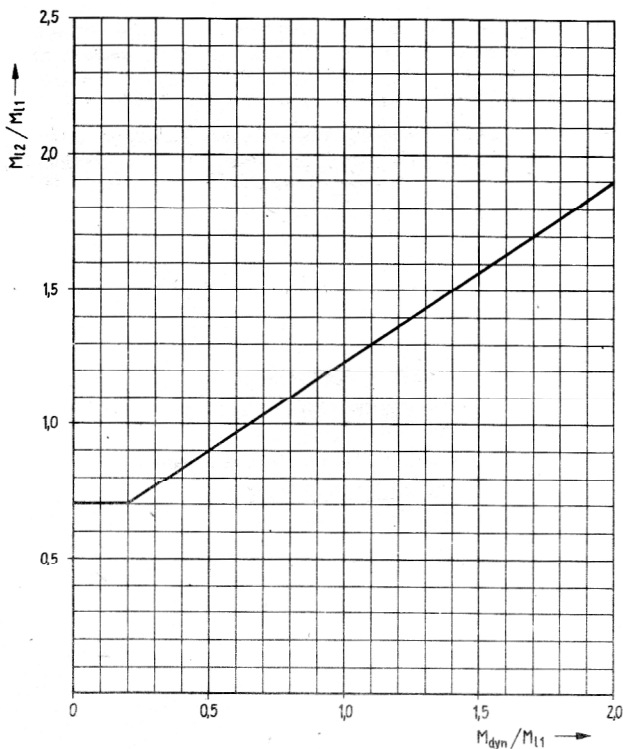
**Bild 3**  
Mindesthöhung der Drehmomentübertragungsfähigkeit von Längsprefßverbindungen bezüglich des Lösemomentes in Abhängigkeit vom dynamischen Belastungsverhältnis  $M_{dyn}/M_{11}$   
Schmierstoff beim Fügen: MoS<sub>2</sub>-Ölpaste



**Bild 4**  
Mindesthöhung der Drehmomentübertragungsfähigkeit von Längspressverbindungen bezüglich des Rutschmomentes in Abhängigkeit vom dynamischen Belastungsverhältnis  $M_{dyn}/M_{r1}$   
Schmierstoff beim Fügen: MoS<sub>2</sub>-Ölpaste



**Bild 6**  
Mindesthöhung der Drehmomentübertragungsfähigkeit von Querpressverbindungen bezüglich des Rutschmomentes in Abhängigkeit vom dynamischen Belastungsverhältnis  $M_{dyn}/M_{r1}$   
Schmierstoff beim Fügen: MoS<sub>2</sub>-Ölpaste



**Bild 5**  
Mindesthöhung der Drehmomentübertragungsfähigkeit von Querpressverbindungen bezüglich des Lösemomentes in Abhängigkeit vom dynamischen Belastungsverhältnis  $M_{dyn}/M_{11}$   
Schmierstoff beim Fügen: MoS<sub>2</sub>-Ölpaste

momentübertragungsfähigkeit liegt zum größten Teil normalerweise noch relativ weit über diesen Mindestwerten. In den hier dargestellten Diagrammen sind nur die Kurvenzüge ohne die zahlreichen Versuchspunkte eingezeichnet. Mit sämtlichen Versuchspunkten sind die in den Bildern 3 und 4 gezeigten Diagramme in [3] und die in den Bildern 5 und 6 dargestellten Diagramme in [5] enthalten. Hat das dynamische Belastungsmoment  $M_{dyn}$  nur eine solche Größe, daß noch kein örtliches Gleiten auftritt, so findet auch keine Erhöhung der Drehmomentübertragungsfähigkeit statt, so wie das an dem waagrecht verlaufenden Teil des Linienzuges in den Diagrammen (Bilder 3 bis 6) zu sehen ist. Der Kurvenverlauf der Erhöhung der Drehmomentübertragungsfähigkeit bezüglich der Lösemomente beginnt nicht bei  $M_{12}/M_{11} = 1$ , sondern darunter, da beim erstmaligen statischen Verdrehen das Lösemoment nach dem Lösen auf das Rutschmoment absinkt und somit erst eine Belastung mit einem entsprechenden Belastungsverhältnis  $M_{dyn}/M_{11}$  durchgeführt werden muß, bis die Größe des ursprünglichen Lösemomentes  $M_{11}$  wieder erreicht wird. Das kleinste Verhältnis  $M_{12}/M_{11}$  muß etwas größer sein als das Verhältnis  $M_{r1}/M_{11}$ .  $M_{12}/M_{11}$  kann nicht genau  $M_{r1}/M_{11}$  sein, da nach Beendigung des statischen Rutschens in der Pressverbindung nicht das Rutschmoment  $M_{r1}$  vorliegt, sondern infolge des Unterschiedes zwischen Haft- und Rutschreibung ein Lösemoment vorliegt, das normalerweise größer als  $M_{r1}$  aber kleiner als  $M_{11}$  ist. Nach dem ersten Lösen ist aber der Unterschied zwischen dem Haftbeiwert für das Lösen  $\nu_{lu}$  und dem Haftbeiwert für das Rutschen  $\nu_{ru}$  bei Pressverbindungen, die mit MoS<sub>2</sub>-Ölpaste gefügt worden sind, meist nur

noch sehr gering. Somit ist bei den in den Bildern 3 und 5 dargestellten Diagrammen der kleinste Zahlenwert für das Verhältnis  $M_{12}/M_{11}$  etwas größer als der Wert für das Verhältnis  $M_{r1}/M_{11}$ . Daß der kleinste Wert für  $M_{12}/M_{11}$  bei Längsprefverbindungen bei 0,8 und bei Querprefverbindungen bei 0,7 liegt, hängt mit den für Längs- und Querprefverbindungen unterschiedlichen Verhältnissen der Haftbeiwerte  $\nu_{lu}/\nu_{ru}$  unter Beachtung der vorstehend geschilderten Problematik zusammen. Ausführliche Betrachtungen hierzu sind in [3] enthalten.

Bei der Anwendung der Diagramme ist zu berücksichtigen, daß das dynamische Belastungsmoment  $M_{dyn}$  nicht größer als das unter den jeweils vorliegenden Belastungsverhältnissen und Bedingungen von der Welle maximal übertragbare Drehmoment  $M_{Wmax}$  ist. Weiterhin wird vorausgesetzt, daß  $M_{11}$  und  $M_{r1}$  kleiner als das beim Erreichen der Torsionsfließgrenze der Welle vorliegende Drehmoment  $M_t F$  sind.

#### 4. Schlußfolgerungen für weitere Forschungsarbeiten

Eine Überarbeitung der TGL 0-7190 „Berechnung einfacher Prefpassungen“ (Ausgabe 1962) wird für dringend erforderlich erachtet. Dabei sollten die gesamten Erkenntnisse bezüglich dynamisch belasteter Prefverbindungen eingearbeitet werden.

Aus den umfangreichen experimentellen Forschungsarbeiten ergab sich, daß für das Fügen von Prefverbindungen, die später dynamischen Belastungen unter örtlichem Gleiten ausgesetzt sind,  $MoS_2$ -Ölpaste als Schmierstoff zu verwenden ist, da damit eine fortschreitende Passungsrostbildung mit ihren zerstörenden Auswirkungen verhindert wird.

Infolge der auf dem Weltmarkt stark ansteigenden Rohstoffpreise für Molybdän, wurde es für notwendig erachtet, andere Schmierstoffe zu entwickeln, die dieselben vorteilhaften Eigenschaften wie  $MoS_2$ -Ölpaste haben, die aber nicht auf  $MoS_2$ -Basis aufgebaut sind. Vom Wissenschaftsbereich Tribotechnik der Sektion Fertigungsprozeß und -mittel der TH Karl-Marx-Stadt wurde bereits eine neue molybdänfreie Montagepaste entwickelt. Weiterhin wurde in interdisziplinärer Zusammenarbeit mit der Sektion Chemie und Werkstofftechnik der TH Karl-Marx-Stadt eine Prefverbindung mit speziell beschichteten Paßflächen entwickelt. Hierbei handelt es sich um verbundstabile Konversionsschichten, mit denen hohe Haftbeiwerte sowie eine Verhinderung bzw. weitgehende Verminderung der Passungsrostbildung beim örtlichen Gleiten erreicht werden. Diese neu entwickelten speziellen Prefverbindungen haben sich bereits im praktischen Einsatz unter sehr komplizierten Bedingungen, z. B. Prefverbindungen mit dünnwandigen Hohlwellen, die mit den normalen Prefverbindungen nicht mehr zu realisieren sind, hervorragend bewährt und lassen eine umfangreiche praktische Anwendung erwarten. Ein Überzug der Paßflächen mit diesen speziellen dünnen Schichten ist besonders bei Querprefverbindungen vorteilhaft, weil damit das Problem der Schmierpolsterbil-

dung nicht auftritt. Über diese Prefverbindungen mit speziell beschichteten Paßflächen, für die bereits ein Patent erteilt wurde, soll in einem späteren Beitrag berichtet werden.

#### LITERATUR

- [1] Berechnung einfacher Prefpassungen. Informationsblatt, TGL 0-7190, Ausgabe 2. 11. 1962, Amt für Standardisierung Berlin.
- [2] Müller, H. W.: Der Mechanismus der Drehmomentübertragung in Prefverbindungen. Dissertation, TH Darmstadt, Fakultät für Maschinenbau, 1960.
- [3] Gropp, H.: Die Übertragungsfähigkeit von Längsprefverbindungen bei dynamischer Belastung durch wechselnde Drehmomente. Dissertation, TH Karl-Marx-Stadt, 1973.
- [4] Fernlund, I.: Drehmomentübertragung in Prefverbindungen. Konstruktion 18 (1966), Heft 12, S. 495 bis 501.
- [5] Gropp, H.: Übertragungsfähigkeit von Querprefverbindungen bei dynamischer Belastung durch wechselnde Drehmomente. Forschungsbericht Verbindungselemente, Teilthema Kraftschlüssige Wellen-Naben-Verbindungen, Teilbericht 1, 1977, TH Karl-Marx-Stadt, Sektion Maschinen-Bauelemente.
- [6] Gropp, H.: Das Verhalten von Längsprefverbindungen bei dynamischer Belastung durch wechselnde Drehmomente. Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt 1976, Heft 3, S. 315 bis 320.
- [7] Gropp, H.: Das Verhalten von Querprefverbindungen bei dynamischer Belastung durch wechselnde Drehmomente. Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt 1979, Heft 3, S. 339 bis 343.
- [8] Gropp, H.: Übertragungsfähigkeit von Längsprefverbindungen bei dynamischer Belastung durch wechselnde Drehmomente, Forschungsberichte zur Tagung der Hauptforschungsrichtung Festkörpermechanik 1976, Band C, Seite LXIII/1 bis LXIII/12. VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1976.
- [9] Gropp, H.: Die Übertragungsfähigkeit von Längsprefverbindungen bei dynamischer Belastung durch wechselnde Drehmomente. Wissenschaftliche Zeitschrift der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock 1978, Heft 3, S. 329 bis 336.
- [10] Gropp, H.: Übertragungsverhalten von Längsprefverbindungen bei dynamischer Belastung durch wechselnde Drehmomente. Maschinenbautechnik 1978, Heft 10, S. 442 bis 443.

Anschrift des Verfassers:

Dr.-Ing. Herbert Gropp  
Technische Hochschule  
Sektion Maschinen-Bauelemente  
9010 Karl-Marx-Stadt  
PSF 964