

Gleitlager
Gleitlager-Ermüdung
 Teil 1: Gleitlager auf Lager-Prüfständen und
 in Lager-Anwendungen unter hydrodynamischer Schmierung
 (ISO 7905-1 : 1995)

DIN
ISO 7905-1

ICS 21.100.10

Deskriptoren: Gleitlager, Ermüdung, Schmierung, Spannung

Plain bearings – Bearing fatigue – Part 1: Plain bearings in test rigs and in applications under conditions of hydrodynamic lubrication
 (ISO 7905-1 : 1995)

Paliers lisses – Fatigue des paliers – Partie 1: Paliers dans les machines d'essais et dans les applications en lubrification hydrodynamique
 (ISO 7905-1 : 1995)

Die Internationale Norm ISO 7905-1 : 1995, "Plain bearings – Bearing fatigue – Part 1: Plain bearings in test rigs and in applications under conditions of hydrodynamic lubrication", ist unverändert in diese Deutsche Norm übernommen worden.

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 7905-1 : 1995 wurde vom ISO/TC 123/SC 2 unter Beteiligung deutscher Fachleute des NGL/AA2 erarbeitet.

Zusammenhang der zitierten ISO-Normen mit DIN-Normen siehe nachfolgende Tabelle:

ISO	DIN
ISO 468	DIN ISO 468
ISO 3448	DIN 51519
ISO 3548	DIN ISO 3548
ISO 3675	DIN 51757
ISO 4378-1	–
ISO 4378-2	–
ISO 4378-3	–
ISO 7146	DIN 31661
ISO 7902-1	DIN 31652-1
ISO 7902-2	DIN 31652-2
ISO 7902-3	DIN 31652-3
ISO 7905-2	DIN ISO 7905-2
ISO 7905-3	DIN ISO 7905-3
ISO 7905-4	DIN ISO 7905-4

Fortsetzung Seite 2 bis 15

Normenausschuß Gleitlager (NGL) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Deutsche Übersetzung

Gleitlager

Gleitlager-Ermüdung

Teil 1: Gleitlager auf Lager-Prüfständen und in Lager-Anwendungen unter hydrodynamischer Schmierung

Vorwort

Die ISO (Internationale Organisation für Normung) ist die weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedskörperschaften). Die Erarbeitung Internationaler Normen obliegt den Technischen Komitees der ISO. Jede Mitgliedskörperschaft, die sich für ein Thema interessiert, für das ein Technisches Komitee eingesetzt wurde, ist berechtigt, in diesem Komitee mitzuarbeiten. Internationale (staatliche und nichtstaatliche) Organisationen, die mit der ISO in Verbindung stehen, sind an den Arbeiten ebenfalls beteiligt. Hinsichtlich der elektrotechnischen Normung arbeitet die ISO eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die von den Technischen Komitees verabschiedeten Entwürfe zu Internationalen Normen werden den Mitgliedskörperschaften zunächst zur Annahme vorgelegt, bevor sie vom Rat der ISO als Internationale Normen bestätigt werden. Sie werden nach den Verfahrensregeln der ISO angenommen, wenn mindestens 75 % der abstimmenden Mitgliedskörperschaften zugestimmt haben.

Die Internationale Norm ISO 7905-1 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 123 "Gleitlager", Subkomitee 2 "Werkstoffe und Schmierstoffe, deren Eigenschaften, Merkmale, Prüfverfahren und Prüfbedingungen" erarbeitet.

ISO 7905 besteht aus den folgenden Teilen mit dem allgemeinen Titel "Gleitlager – Gleitlager-Ermüdung":

- Teil 1: Gleitlager auf Lager-Prüfständen und in Lager-Anwendungen unter hydrodynamischer Schmierung
- Teil 2: Prüfung mit zylindrischem Probestab aus metallischem Lagerwerkstoff
- Teil 3: Prüfung an ebenen Streifen aus metallischem Verbund-Lagerwerkstoff
- Teil 4: Prüfung an Lagerschalen aus metallischem Verbund-Lagerwerkstoff

Anhang A ist Bestandteil dieses Teils der ISO 7905. Anhang B dient nur zur Information.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der ISO 7905 beschreibt ein Verfahren, mit dem die Vergleichbarkeit von Prüfergebnissen dadurch verbessert wird, daß die für die Gleitlager-Ermüdung ursächlichen Spannungen in den Lagerwerkstoffschichten bewertet werden (siehe Anhang A). Diese Vorgehensweise ist auch bei praktischen Anwendungsfällen erforderlich. Da die Spannungen aus der Druckentwicklung im hydrodynamischen Schmierfilm resultieren, ist eine vollständige Beschreibung der Betriebs- und Schmierungsbedingungen erforderlich. Neben Angaben über die dynamische Belastung, Maßeigenschaften und Betriebsbedingungen wird die Darstellung der Gleitlager-Ermüdung durch folgende Parameter bestimmt:

- a) die kleinste Schmierfilmdicke und ihr zeitlicher und örtlicher Verlauf unter dynamischer Belastung, um sicherzustellen, daß beim Einlauf keine übermäßige örtliche Überhitzung oder Scherbeanspruchung durch Mischreibung stattfindet;
- b) der Druckverlauf in Umfangs- und Breitenrichtung und seine zeitliche Änderung unter dynamischer Belastung;
- c) die daraus resultierenden Spannungen in den Lagerwerkstoffschichten und ihr zeitlicher und örtlicher Verlauf, insbesondere die maximalen Wechsellastspannungszustände.

Ferner kann die Gleitlager-Ermüdung im praktischen Betrieb beeinflusst werden durch Mischreibung, Verschleiß, Verschmutzung, tribochemische Reaktionen und andere Einwirkungen, wodurch das Problem der Gleitlager-Ermüdung kompliziert wird. Dieser Teil der ISO 7905 beschränkt sich daher auf die Gleitlager-Ermüdung bei voller hydrodynamischer Trennung der Lagerflächen durch einen Schmierfilm.

Dieser Teil der ISO 7905 gilt für ölgeschmierte zylindrische Gleitlager auf Lager-Prüfständen und in Anwendungen, die bei voller hydrodynamischer Schmierung betrieben werden. Sie erfaßt dynamische Belastungen in Bimetall- und Verbund-Gleitlagern.

ANMERKUNG 1: Die Vielfalt praktischer Anwendungen mit unterschiedlichen Anforderungen führte zur Entwicklung zahlreicher Gleitlager-Prüfstände. Sofern die Bedingungen zum Aufbau des Schmierfilms auf diesen Prüfständen nicht in allen Einzelheiten festgelegt sind, sind die auf den verschiedenen Prüfständen ermittelten Ergebnisse im allgemeinen weder vergleichbar noch auf praktische Anwendungen übertragbar. Unterschiedliche Prüfstände können zu einer widersprüchlichen Bewertung gleicher Werkstoffe führen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Normen enthalten Angaben, die, durch Verweis in diesem Text, Angaben der vorliegenden Internationalen Norm darstellen. Zum Zeitpunkt der Herausgabe gelten die angegebenen Angaben. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung, und Verhandlungspartner, die sich auf die vorliegende Internationale Norm beziehen wollen, sind bei ihrer Anwendung aufgefordert, möglichst die neuesten Ausgaben der genannten Normen anzuwenden. Die Mitglieder von IEC und ISO halten Verzeichnisse der jeweils gültigen Internationalen Normen bereit.

ISO 468 : 1982

Surface roughness – Parameters, their values and general rules for specifying requirements

ISO 7902-1¹⁾

Hydrodynamic plain journal bearings under steady-state conditions – Circular cylindrical bearings – Part 1: Calculation procedure

ISO 7902-2¹⁾

Hydrodynamic plain journal bearings under steady-state conditions – Circular cylindrical bearings – Part 2: Functions used in the calculation procedure

ISO 7902-3¹⁾

Hydrodynamic plain journal bearings under steady-state conditions – Circular cylindrical bearings – Part 3: Permissible operational parameters

3 Prüfziel

In diesem Teil der ISO 7905 ist das Ziel der Prüfung mittels Gleitlager-Prüfständen, die bei voller hydrodynamischer Schmierung betrieben werden, die Ermittlung der dynamischen Belastbarkeit, genauer, der Ermüdungsfestigkeit der Lagerwerkstoffschichten, ausgedrückt durch Lastamplitude und Schwingspielzahl. Dies darf in Form einer σ_{el} - N -Kurve (Dauerschwingfestigkeit über Schwingspielzahl) oder als Dauerschwingfestigkeit bei einer festgelegten Schwingspielzahl dargestellt werden. Die Ermüdungsfestigkeit ist erreicht, wenn in der Lagerfläche Risse auftreten.

Unter den gegenwärtigen Voraussetzungen ist die Begrenzung auf volle hydrodynamische Schmierung erforderlich, um das Problem der Gleitlager-Ermüdung zu vereinfachen. Dies bedeutet, daß das unbedingt notwendige Einlaufen des zu prüfenden Lagers sorgfältig überwacht werden muß, um größere Vorschädigungen durch Mikrorisse in der Lagerfläche aufgrund von überhöhten Temperaturen und Scherbeanspruchungen zu vermeiden.

ANMERKUNG 2: Es ist darauf hinzuweisen, daß Ermüdungsprüfungen an Lagerwerkstoffen auch unter Anwendung der klassischeren Prüfverfahren durchgeführt werden können. Siehe ISO 7905-2 bis ISO 7905-4.

¹⁾ In Vorbereitung

4 Anforderungen

4.1 Prüfstände

Für die Festlegung der Betriebs- und Schmierungsbedingungen muß der Prüfstand die folgenden Merkmale aufweisen:

- a) Einfacher und klarer mechanischer Aufbau;
- b) Einfache Demontage, möglichst ohne Ausbau des Lagers für die Inspektion;
- c) Maßbeständigkeit des Prüf-Gleitlagers einschließlich Formbeständigkeit des Gehäuses und Festigkeit der Welle gegen Durchbiegung;
- d) Betriebsgerechte Schmierstoffzufuhr ohne Beeinträchtigung des Schmierfilmdruckaufbaus;
- e) Prüfstand, der den gesamten, in der Praxis vorkommenden Bereich von Belastung/Spannung und Temperatur ausreichend erfassen kann.

4.2 Prüfverfahren

Die Prüfverfahren müssen folgende Merkmale aufweisen:

- a) Anwendung spezieller Meßverfahren zur Bestimmung von Schmierfilmdicke, Schmierfilmtemperatur, Druckverlauf und Materialausbrüchen; Meßverfahren für den letzteren Aspekt beinhalten die kontinuierliche Verschleißmessung mittels Radionuklidtechnik oder eine Röntgen-Fluoreszenzanalyse an nicht kontinuierlich entnommenen Schmierstoff-Proben;
- b) Eindeutig definierte und experimentell nachgewiesene hydrodynamische Bedingungen (z. B. Prüfung der effektiven Viskosität, die das hydrodynamische Verhalten repräsentiert);
- c) Eindeutige Unterscheidung zwischen Mischreibung während des Einlaufs und volle hydrodynamische Schmierung während der Ermüdungsprüfung;
- d) Eine möglichst gleichmäßige Beanspruchung des Lagerumfangs (umlaufende Belastung), um Fehler im Lagerwerkstoff aufzufinden;
- e) Einfache, theoretische und experimentell nachvollziehbare hydrodynamische Bedingungen (z. B. führt eine umlaufende Belastung zu einem hydrodynamischen Schmierfilmdruckverlauf, der einer statischen Belastung entspricht).

5 Prüfverfahren

Um die Vergleichbarkeit von Prüfergebnissen zwischen unterschiedlichen Prüfständen und deren Übertragbarkeit auf praktische Anwendungen sicherzustellen, müssen alle Kenngrößen, die den hydrodynamischen Schmierfilm beeinflussen, im einzelnen aufgeführt werden, vor allem Prüfbedingungen, Lagerabmessungen, Schmierstoff und andere die Schmierfilmbildung beeinflussende Faktoren. Im folgenden sind die wesentlichen kennzeichnenden Bedingungen und Kenngrößen für die Ermüdungs-Prüfung angegeben.

5.1 Kennzeichnende Bedingungen

5.1.1 Effektiver Einlaufvorgang

Damit ist beabsichtigt, überhöhte Temperaturen und Scherbeanspruchungen aufgrund von Kontakten der Rauheitspitzen zu vermeiden. Der Einlaufvorgang kann durch Messung von Temperatur, elektrischem Widerstand, Impedanz oder durch kontinuierliche Messung mittels Radionuklidtechnik überwacht werden. Zur Orientierung sollte h_0 zu Beginn größer sein als $(R_{z,b} + R_{z,s})$, wobei h_0 der durch Messung oder Berechnung nach ISO 7902-1 bis ISO 7902-3 ermittelten kleinsten Schmierfilmdicke entspricht und $R_{z,b}$ und $R_{z,s}$ die gemittelten Rauhtiefen des Lagers bzw. der

Gegenflächen nach ISO 468 sind. Bei einem Glätten während des Einlaufvorgangs kann der Wert von h_0 reduziert werden, bei der Ermüdungsprüfung sollte er jedoch den Anfangswert von $R_{z,s}$ nicht unterschreiten. Beim Einlaufvorgang wird die kleinste Schmierfilmdicke fortlaufend reduziert, einerseits durch die verminderte Ölviskosität aufgrund von Temperaturanstiegen, andererseits durch stufenweise Erhöhung der Belastung. Die Größenordnung der Belastungsstufen sollte so geregelt werden, daß Temperaturspitzen möglichst klein gehalten werden, durch Anzeige erhöhten Verschleißes mittels Radionuklidtechnik oder durch Vermeidung länger anhaltenden Zusammenbruchs des Kontaktwiderstandes.

ANMERKUNG 3: Für die Prüfung des Kontaktwiderstands wird das Lager vom Prüfstand galvanisch isoliert. Das elektrische System sollte so ausgelegt sein, daß an einer Spannungsquelle mit 100 Ω Innenwiderstand eine Potentialdifferenz von 10 mV zwischen Welle und Lager erzeugt wird, die während des Kontakts mit Oberflächen-Unebenheiten auf 0,01 mV fällt. Die Laststufen sollten so eingestellt sein, daß die Dauer des Kontakts mit Oberflächen-Unebenheiten auf ein Mindestmaß reduziert wird.

5.1.2 Vermeidung von Formabweichungen der Bauteile der Gleitlagerung

Dadurch soll vermieden werden, daß Ergebnisse beeinflußt und ihre Übertragbarkeit reduziert werden. Solche geometrischen Abweichungen können eine Gehäuse-Verformung, Wellendurchbiegung oder -verkantung und ungleichmäßige harte Reibstellen in der Gleitlagerfläche beinhalten.

5.1.3 Effektive Temperatur des Lagers und des hydrodynamischen Schmierfilms

Dadurch wird die gleichmäßige Temperaturverteilung nachgewiesen. Alternativ sind die Temperaturen im Öleintritt, im Spritzschleier im Bereich der Hauptbelastung und in der Lagerfläche bzw. Laufschrift zu messen.

5.1.4 Die dynamische Belastung nach Größe und Richtung und ihr zeitlicher Verlauf

Diese dienen als Basis für die Bewertung des Schmierfilmdruckverlaufs in Umfangs- und Breitenrichtung und seinen zeitlichen und örtlichen Verlauf auf der Lagerfläche. Alternativ darf die Messung des Druckverlaufs durchgeführt werden. Eine dieser Methoden ist zur Bewertung der dynamischen Spannungen in den einzelnen Lagerwerkstoffschichten anzuwenden, um den Ort des Auftretens der maximalen Beanspruchung durch Mittel- und Wechselspannung an der Festigkeitsgrenze herauszufinden.

ANMERKUNG 4: Druckmessungen, die den hydrodynamischen Schmierfilmaufbau und daraus entstehende Spannungen nicht beeinflussen, sind mittels aufgedampfter Dünnschicht-Geber möglich. Die Messung sollte zuvor unter den gleichen Bedingungen, jedoch nicht während der Ermüdungsprüfung, durchgeführt werden.

5.1.5 Die Anzahl der Schwingspiele bis zum Erreichen des ersten Ermüdungsanzeichens

Dies zeigt sich in Form eines oder mehrerer Risse (länger als 5 mm) oder als Ausbrüche des Gleitflächenwerkstoffs. Üblicherweise ist die Prüfung anhand der $\sigma_{\text{el}}-N$ -Kurve aus praktischen Erwägungen bei $50 \cdot 10^6$ Beanspruchungszyklen beendet. Die Dauerschwingfestigkeit kann mit einer festgelegten Schwingspielzahl angegeben werden, z. B. $3 \cdot 10^6$, $10 \cdot 10^6$, $25 \cdot 10^6$ oder $50 \cdot 10^6$. Eine Probe, die während der Ermüdungsprüfung bis zu einer festgelegten Dauer kein Versagen aufweist, sollte im Prüfbericht ausgewiesen werden. Aufgrund der üblicherweise auftretenden Streuung der Prüfergebnisse und der statistischen Natur der Ermüdungsgrenze wird empfohlen, die Ergebnisse nach statistischen Verfahren auszuwerten.

5.2 Kennzeichnende Angaben

Falls die Auswertung der Prüfergebnisse bis zu den Spannungen an der Dauerbeanspruchungsgrenze bei festen Temperaturen innerhalb von ± 2 °C nicht vom Prüfer selbst durchgeführt wird, muß eine umfassende Darlegung der nachstehenden Angaben gemacht werden. Treten während der Prüfung Veränderungen des Lagerwerkstoffs auf (z. B. Diffusionsvorgänge o. ä.), sollte dies als zusätzliche Information angegeben werden (z. B. metallkundliche Untersuchungsergebnisse). Die kennzeichnenden Angaben sind so untergliedert, daß die erforderlichen Angaben je nach Umfang der detaillierten Auswertung des Endergebnisses – der Dauerschwingfestigkeit – reduziert werden können.