

DIN EN 1071-12

ICS 81.060.30

**Hochleistungskeramik –
Verfahren zur Prüfung keramischer Schichten –
Teil 12: Schwingungs-Verschleißprüfung;
Deutsche Fassung EN 1071-12:2010**

Advanced technical ceramics –
Methods of test for ceramic coatings –
Part 12: Reciprocating wear test;
German version EN 1071-12:2010

Céramiques techniques avancées –
Méthodes d'essai pour revêtements céramiques –
Partie 12: Essai d'usure en va-et-vient;
Version allemande EN 1071-12:2010

Gesamtumfang 31 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN

Nationales Vorwort

Das Dokument (EN 1071-12:2010) wurde von der Arbeitsgruppe 5 „Prüfung von keramischen Beschichtungen“ des CEN/TC 184 „Hochleistungskeramik“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Zu EN 1071-12 gibt es kein Arbeitsgremium im DIN, da seitens der deutschen Fachöffentlichkeit kein Interesse an diesem Normungsthema bekundet wurde.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 1101 siehe DIN EN ISO 1101

ISO 4288 siehe DIN EN ISO 4288

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 1101, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Geometrische Tolerierung — Tolerierung von Form, Richtung, Ort und Lauf*

DIN EN ISO 4288, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren — Regeln und Verfahren für die Beurteilung der Oberflächenbeschaffenheit*

Deutsche Fassung

Hochleistungskeramik —
Verfahren zur Prüfung keramischer Schichten —
Teil 12: Schwingungs-Verschleißprüfung

Advanced technical ceramics —
Methods of test for ceramic coatings —
Part 12: Reciprocating wear test

Céramiques techniques avancées —
Méthodes d'essai pour revêtements céramiques —
Partie 12: Essai d'usure en va-et-vient

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 30. Januar 2010 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Bedeutung und Anwendung	7
5 Kurzbeschreibung	7
6 Gerät und Materialien	7
6.1 Geräteaufbau	7
6.1.1 Allgemeines	7
6.1.2 Reibungsmessung	9
6.2 Betriebsumgebung	10
7 Probenvorbereitung.....	10
7.1 Grundwerkstoff und -vorbereitung	10
7.2 Aufbringen der Schicht	11
7.3 Nachbehandlung der Schicht	11
7.4 Reinigung	11
8 Durchführung der Prüfung	12
8.1 Auswahl der Prüfbedingungen.....	12
8.2 Voreinstellung	12
8.3 Verschleißprüfung	13
8.4 Bewertung des Verschleißes	14
8.4.1 Voruntersuchung	14
8.4.2 Ausmessen der Verschleißnarben	14
8.5 Berechnung der Verschleißergebnisse	17
9 Wiederholpräzision und Grenzen.....	17
10 Prüfbericht.....	18
Anhang A (informativ) Probleme bei der Schwingungs-Verschleißprüfung durch die Dynamik der Messungen	19
A.1 Resonanzfrequenzen.....	19
A.2 Frequenzgang	19
A.3 Abweichung des Phasenwinkels	20
A.4 Weitere Anleitung	22
Anhang B (informativ) Verfahren zur Bestimmung der Schichteigenschaften bei der Schwingungs-Verschleißprüfung, die wahrscheinlich wesentlich die Gebrauchstauglichkeit der Schicht bestimmen	23
B.1 Relevante Eigenschaften	23
B.2 Phasenzusammensetzung und Vorzugsausrichtung	23
B.3 Restspannung	23
B.4 Härte	23
Anhang C (informativ) Beispiele für übliche Verschleißmechanismen	24
Anhang D (informativ) Bestimmung des Volumenverlustes des Stifts mittels profilometrischer Verfahren	25
Anhang E (informativ) Bestimmung des Verschleißes der beschichteten Platte nach dem Kalottenschleifverfahren	26
Literaturhinweise	29

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1071-12:2010) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 184 „Hochleistungskeramik“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis September 2010, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2010 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können, ohne dass diese vorstehend identifiziert wurden. CEN [und/oder] CENELEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

EN 1071 „Hochleistungskeramik — Verfahren zur Prüfung keramischer Schichten“ besteht aus 13 Teilen:

- Teil 1: Bestimmung der Schichtdicke mit einem Kontaktprofilometer
- Teil 2: Bestimmung der Schichtdicke mit dem Kalottenschleifverfahren
- Teil 3: Bestimmung der Haftung und Formen des mechanischen Versagens mit dem Ritztest
- Teil 4: Bestimmung der chemischen Zusammensetzung durch Elektronenstrahl-Mikrobereichsanalyse (ESMA)
- Teil 5: Bestimmung der Porosität (zurückgezogen)
- Teil 6: Bestimmung der Beständigkeit gegen Abriebverschleiß von Schichten mittels Mikroabriebprüfung
- Teil 7: Bestimmung der Härte und des Elastizitätsmoduls durch instrumentierte Eindringprüfung (zurückgezogen)
- Teil 8: Rockwell-Eindringprüfung zur Bewertung der Haftung
- Teil 9: Bestimmung der Bruchdehnung
- Teil 10: Bestimmung der Schichtdicke mittels Querschliff
- Teil 11: Bestimmung der inneren Spannung nach der Stoney-Gleichung
- Teil 12: Schwingungs-Verschleißprüfung
- Teil 13: Bestimmung der Verschleißrate mittels Stift-Scheibe-Prüfung

Teile 8 und 11 sind Technische Spezifikationen. CEN/TS 1071-7:2003 wurde bei Veröffentlichung von EN ISO 14577-4:2007 zurückgezogen.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Exakte Bewertungen der Verschleißeigenschaften sind wichtig für das Verständnis des Verhaltens keramischer Schichten und für ihre zunehmende Anwendung in den Fällen, in denen hohe Gebrauchstauglichkeit und vorhersagbare Lebensdauer kritische Anforderungen sind, z. B. in der Luft- und Raumfahrtindustrie, im Automobilbau, in der Biomedizin. Dieser Teil von EN 1071 beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung des Abriebverschleißverhaltens keramischer Schichten durch Schwingungsverschleiß, bei dem ein Prüfstift mit flachem oder kugelförmigem Ende unter Krafteinwirkung auf einer Prüfplatte hin- und herbewegt wird. Entsprechend der geforderten Information können entweder die Platte oder der Stift oder auch beide mit dem zu prüfenden Werkstoff beschichtet sein, wobei das andere Element der Werkstoffpaarung hinsichtlich seiner Relevanz für das zu prüfende System ausgewählt wird. Der Verschleiß wird aus dem Masseverlust, mittels profilometrischer Verfahren, durch lineare Messungen oder eine Kombination dieser Möglichkeiten bestimmt. Die Prüfung der Schichten darf unter trockenen Bedingungen oder mit Schmierung durchgeführt werden. Wenn geeignete Messgeräte verfügbar sind, kann die Prüfung wichtige Informationen über die im System erzeugte Reibung liefern. Außer der Bereitstellung von Daten zu den durch Reibung bedingten Wechselwirkungen im System kann die Überwachung der Reibung durch Nachweis von Änderungen der Größe oder des Verlaufs der Reibkraft wichtige Angaben zu Änderungen liefern, die während der Prüfung auftreten, z. B. Abtragung oder Bruch der Schicht, Änderungen der Verschleißmechanismen usw. Die Schwingungs-Verschleißprüfung für massive Materialien ohne Schmierung wird in [1] ausführlich beschrieben.

Diese Norm legt für die Prüfung keramischer Schichten die wichtigsten Anforderungen an die Prüfeinrichtung und die Prüfung kritischer Parameter sowie die geeigneten Verfahren und Messprotokolle fest, um eine exakte Kontrolle sicherzustellen. Außerdem gibt diese Norm einheitliche Festlegungen für die Auswertung der Daten und die Behandlung von Abweichungen an.

Dieser Teil von EN 1071 komplettiert die Teile 6 [2] und 13 [3], in denen Abrieb-Verschleißverfahren für die Prüfung keramischer Schichten mittels Mikroabrieb bzw. mit Stift und Scheibe beschrieben werden.

1 Anwendungsbereich

1.1 Diese Europäische Norm legt ein Verfahren zur Bewertung des Verschleißes keramischer Schichten durch eine Schwingungs-Verschleißprüfung fest, bei der ein Prüfstift mit flachem oder kugelförmigem Ende unter Krafteinwirkung auf einer Prüfplatte hin- und herbewegt wird. In Abhängigkeit von den zu simulierenden Bedingungen werden entweder der Stift oder die Platte oder beide mit dem zu prüfenden Werkstoff beschichtet, wobei die Elemente der Prüfanordnung hinsichtlich ihrer Relevanz für das zu prüfende System ausgewählt werden. Das festgelegte Verfahren ist nicht zur Bewertung von Reibverschleiß geeignet.

1.2 Das Verfahren ist zur Bewertung von Schichten mit einer Dicke größer 1 µm vorgesehen, es könnte jedoch auch zur Prüfung dünnerer Schichten verwendet werden.

1.3 Die Prüfung wird trocken oder mit Schmierung durchgeführt. Sie ist jedoch nicht zur Bewertung der Schmierstoffeigenschaften vorgesehen, außer insoweit, wie Schmierstoffe das Verschleißverhalten der zu prüfenden Werkstoffe beeinflussen. Verfahren zur Prüfung von Schmierstoffen durch Hin- und Herbewegung werden in [4] bis [6] angegeben.

1.4 Die Prüfung einer Werkstoffpaarung unter unterschiedlichen Beanspruchungsbedingungen liefert u. U. außer Informationen zum Verschleißverhalten der Schicht auch Angaben zu ihrer Haft- und/oder Kohäsionsfestigkeit.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien* (ISO/IEC 17025:2005)

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Verschleißspur

bei der Schwingungs-Verschleißprüfung durch Berührung des Stifts auf der Platte erzeugte Linie

3.2

Verschleißnarbe

Verschleißbereich auf der Probe

3.3

Volumenverschleißrate

Volumenverschleißkoeffizient

spezifische Verschleißrate

Materialvolumen, das von einer Oberfläche über eine Gleitdistanz von 1 m unter einer Normalkraft von 1 N abgerieben wird

3.4

Massenverschleißrate

Massenverschleißkoeffizient

Materialmasse, die von einer Oberfläche über eine Gleitdistanz von 1 m unter einer Normalkraft von 1 N abgerieben wird

3.5

Hublänge

Schwingungslänge

Gesamtdistanz, die von der Vorder- oder der Hinterkante des Prüfstifts auf der Oberfläche der Prüfplatte bei aufeinander folgenden Umkehrungen der Bewegungsrichtung durchlaufen wird

3.6

momentaner Reibungskoeffizient

Momentanwert der Reibkraft, dividiert durch den Momentanwert der aufgebrachten Kraft

ANMERKUNG Dieser Koeffizient entspricht häufig angenähert dem Momentanwert der Reibkraft, dividiert durch die aufgebrachte Kraft.

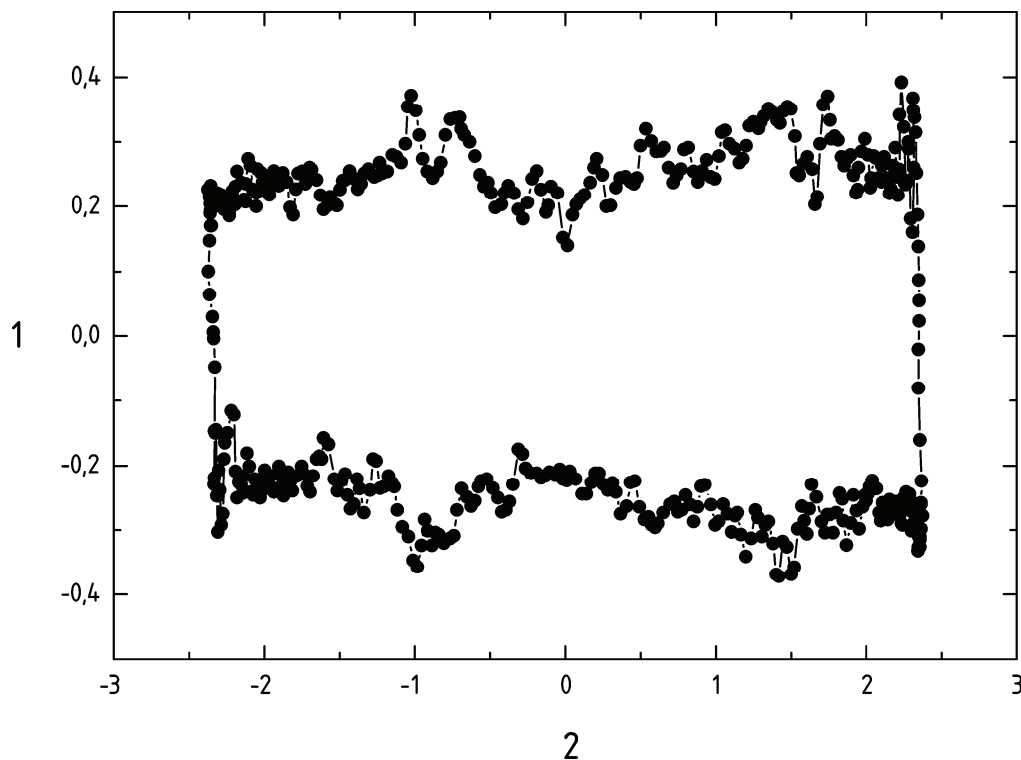
3.7

mittlerer Reibungskoeffizient für einen Bewegungszyklus

Mittelwert für den momentanen Reibkoeffizienten, der bei der Schwingungs-Verschleißprüfung für einen vollständigen Bewegungszyklus berechnet wird

ANMERKUNG Es gibt drei Möglichkeiten zur Berechnung des mittleren Reibkoeffizienten für einen Bewegungszyklus:

- Bestimmung des Mittelwerts aus den absoluten Werten für die Reibung, wobei die durch das Anhalten des Stifts beeinflussten Werte bei Umkehr der Bewegungsrichtung ausgenommen werden, und der Mittelwert dann durch die aufgebrachte Kraft dividiert wird;
- Bestimmung der Fläche unter der Kurve Reibkoeffizient/horizontale Bewegung für eine vollständige Hin- und Herschwingung, die durch die doppelte Hublänge dividiert wird, siehe Bild 1;
- Weiterleiten des Signals für die momentane Reibung durch einen Konverter für die wahren analogen Effektivwerte an einen Gleichstromverstärker, an dessen Ausgang dann die Datenerfassung mit einer geeigneten Beprobungsgeschwindigkeit erfolgt, die ziemlich klein sein kann (üblicherweise 1 Hz bis 10 Hz). Um den mittleren Reibkoeffizient des Zyklus zu bestimmen, sollte wieder das mittlere Reibsignal, das für einen vollständigen Zyklus erhalten wird, durch die aufgebrachte Kraft dividiert werden.



Legende

- 1 Reibungskoeffizient
- 2 horizontale Verschiebung in Millimeter (mm)

Bild 1 — Reibungskoeffizient — Horizontale Verschiebungsschleife bei der Schwingungs-Verschleißprüfung mit einer Aluminiumoxid-Kugel, die auf einer mit Titannitrid beschichteten Platte einen Abrieb erzeugt [11]

4 Bedeutung und Anwendung

Die Schwingungs-Verschleißprüfung kann zum Simulieren der Betriebsbedingungen für Gleitkontakte mit unterschiedlicher technologischer Bedeutung angewendet werden. In den letzten Jahren hat die Anwendung keramischer Schichten, die Verschleiß und Reibung bei diesen Gleitkontakten verringern, zunehmendes Interesse gefunden. Dieses Dokument wurde als Anleitung für die Anwendung und Auswertung des Verfahrens zur Überprüfung der potentiellen Gebrauchstauglichkeit keramischer Schichten für diese Gleitkontakte und zur Bereitstellung von Daten entwickelt, die zur Ergänzung von Daten aus anderen Verschleiß-Prüfverfahren dienen, z. B. der Mikroabriebprüfung [2] und der Stift-auf-Scheibe-Prüfung [3].

Es sollte beachtet werden, dass es bei Gleitkontakten viele Parameter gibt, die Einfluss auf die Größe von Reibung und Verschleiß haben. Das Ziel einer Verschleißprüfung ist die möglichst exakte Simulation der bei der tatsächlichen Anwendung auftretenden Bedingungen. Bei größeren Abweichungen zwischen Prüf- und Anwendungsbedingungen werden Prüfergebnisse ermittelt, die weniger aussagefähig sind. Um zuverlässige Prüfergebnisse zu erreichen, sollte das Aussehen der Verschleißflächen auf Proben und auf realen Bauteilen verglichen werden, um sicherzustellen, dass die Verschleißmechanismen in beiden Fällen vergleichbar sind.

ANMERKUNG Obwohl bei einer Schwingungs-Verschleißprüfung die Kontaktspannung, die bei einem bestimmten tribologischen Kontakt auftritt, relativ einfach zu reproduzieren ist, kann eine zusätzliche Erwärmung notwendig sein, damit die Kontakttemperatur möglichst exakt der Temperatur beim tatsächlichen Kontakt entspricht.

5 Kurzbeschreibung

Bei der Prüfung wird ein Prüfstift unter Krafteinwirkung über eine ebene Prüfplatte hin- und herbewegt und der Verschleiß von Stift oder/und Platte bestimmt. In Abhängigkeit von dem zu simulierenden Abriebsystem sind entweder der Stift oder/und die Platte mit der zu prüfenden keramischen Schicht beschichtet, und die Prüfung wird entweder mit oder ohne Schmierung durchgeführt. Die Kontaktfläche am Stift ist eben oder abgerundet. Wird ein flaches Stiftende ausgewählt, ist große Sorgfalt erforderlich, um sicherzustellen, dass die Kontaktflächen von Stift und Platte in derselben Ebene liegen, da jede Abweichung Kontaktbedingungen verursacht, die wesentlich verschieden von den Bedingungen für einen Kontakt in der gleichen Ebene sind. Die durch Fluchtungsabweichungen verursachte hohe Kontaktspannung kann besonders bei spröden keramischen Materialien zu Beschädigungen und zu unrichtigen und nicht vergleichbaren Ergebnissen führen. Bei Auswahl eines Stifts mit abgerundetem Ende schwanken die Kontaktbedingungen im Verlauf der Prüfung und beeinflussen die Prüfergebnisse.

6 Gerät und Materialien

6.1 Geräteaufbau

6.1.1 Allgemeines

Das Gerät muss eine ausreichende Formstabilität haben, sodass bei Anwendung der empfohlenen Höchstkraft und der höchsten Geschwindigkeit für die Schwingungsbewegung die Stiftachse stets rechtwinklig zur Prüffläche der Platte bleibt.

ANMERKUNG 1 Während üblicherweise Stift und Platte während der Prüfung starr gehalten werden, wird eine zusätzliche Drehbewegung des Stifts durchgeführt, um z. B. die Bedingungen nachzuahmen, die in einer künstlichen Hüfte [7] angetroffen werden. Bei dieser Vorgehensweise ist es notwendig, darauf zu achten, dass die Stiftachse starr rechtwinklig zur Bewegungsebene der Kontaktflächen bleibt. An einem Modell wurde gezeigt, dass in Abhängigkeit von der ausgewählten Stiftgeometrie kleine Fluchtungsabweichungen bis $0,5^\circ$ dazu führen können, dass die tatsächliche Kontaktspannung um mehr als das 10-fache zunimmt [8].

Die Schwingungsbewegung kann durch ein Kurbelgetriebe mittels eines Exzenterantriebs, eines linearen Antriebs, eines Antriebs mit Sinusbewegung und elektromagnetischem Stellglied oder durch eine andere geeignete Anordnung erreicht werden; es dürfen entweder der Stift oder die Platte angetrieben werden, während das jeweils andere Element fest steht. Unabhängig von der Art der Erzeugung muss eine ruhige und fehlerfreie Schwingungsbewegung erreicht werden. Die Art der bei der Prüfung verwendeten Bewegung muss angegeben werden, vorzugsweise durch ein Diagramm der Position in Abhängigkeit von der Zeit oder der Geschwindigkeit als Funktion der Zeit, aufgetragen für einen vollständigen Schwingungszyklus.

In Abhängigkeit vom ausgewählten Prüfgerät darf die Prüffläche der Platte entweder horizontal oder vertikal ausgerichtet sein; bei horizontaler Ausrichtung darf der Stift entweder über oder unter der Platte angeordnet werden. Die für die Prüfung verwendete Ausrichtung muss protokolliert werden.

ANMERKUNG 2 Es sollte beachtet werden, dass unterschiedliche Prüfausrichtungen bei scheinbar identischen Prüfbedingungen als Folge der Rückhaltung oder Freigabe von Abriebteilchen zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können.

Die Beanspruchung auf den Stift darf unter Verwendung einer ständigen, durch Massestücke aufgebrachte Gewichtskraft, die, falls notwendig, mithilfe einer Hebelanordnung erhöht werden darf, mithilfe einer kalibrierten Feder, die wiederum, falls notwendig, durch eine Hebelanordnung zum Einsatz kommt, oder andere geeignete Mittel vorgenommen werden. Unabhängig von der für das Prüfgerät ausgewählten Kraftaufbringungs-Einrichtung muss sichergestellt sein, dass die Kraft während der Prüfdauer nominell konstant bleibt. Die Größe der aufgebrachten Kraft kann durch Anwendung geeignet kalibrierter Massestücke, durch einen Kraftaufnehmer mit geeigneter Kalibrierung oder auf eine andere geeignete Weise bestimmt werden. In allen Fällen muss jedoch die zwischen Stift und Platte bestimmte Kraft die Kontaktkraft sein.

ANMERKUNG 3 Durch Gewichtskraft beanspruchte Systeme führen zu schärferen Bedingungen als Systeme, bei denen eine geringe Masse angewendet wird (z. B. bei feder- oder druckluftbetätigten Systemen). Die Ursache besteht darin, dass unter dynamischen Bedingungen trägheitsbedingt eine Stoßbeanspruchung erzeugt wird. Durch Gewichtskraft beanspruchte Systeme sollten außer bei sehr geringen Schwingungsfrequenzen, deren Größe von den exakten Prüfbedingungen abhängen, vermieden werden.

Wenn Stifte mit flachem Ende zu verwenden sind, ist durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen, dass Konformität zwischen Stift und Platte besteht, damit die Bedingungen, unter denen der Kontakt erfolgt, reproduzierbar sind und somit erforderlichenfalls die Kontaktspannung berechnet werden kann.

ANMERKUNG 4 Ein Verfahren zur Sicherung der Konformität zwischen einem Stift mit flachem Ende und der Oberfläche der Platte besteht darin, dass in ein Ende des Stifts ein kegelförmiger Hohlraum eingearbeitet wird, in den eine Kugel eingebracht wird, die den gleichen Durchmesser wie der Hohlraum hat, nachdem auf der Kugel durch Schleifen eine Fläche erzeugt wurde, siehe Bild 2. Die Berührung der an der Kugel angeschliffenen Fläche mit der Oberfläche der Platte stellt die Konformität sicher. Die Anwendung eines Stifts mit kugelförmigem Hohlraum lässt auch zu, dass eine Kugel mit dem gleichen Krümmungsradius einzubringen ist, sodass der Stift wie ein Stift mit kugelförmigem Ende wirkt.

In allen Fällen, in denen die in Anmerkung 4 beschriebene Geometrie angewendet wird, muss der Krümmungsmittelpunkt des Hohlraums auf der verlängerten Stiftachse liegen.

Das Prüfgerät muss mit geeigneten Möglichkeiten zur Zuführung des jeweiligen Schmierstoffs in den Kontaktbereich ausgestattet sein und, wenn zutreffend, mit Möglichkeiten zum Auffangen des verwendeten Schmierstoffs, damit die Abriebteilchen, wenn gefordert, abgetrennt und einer Untersuchung zugeführt werden können.

ANMERKUNG 5 Es gibt Untersuchungen, bei denen der Kontaktbereich von Platte und Stift in ein Flüssigkeitsbad eingetaucht wird. Dieses Vorgehen ist für einige Fälle geeignet, z. B. zur Simulation des Abriebs künstlicher Gelenke [7].