

DIN EN ISO 5755

ICS 77.160

Einsprüche bis 2010-03-25
Vorgesehen als Ersatz für
DIN ISO 5755:2004-11

Entwurf

**Sintermetalle –
Anforderungen (ISO/DIS 5755:2009);
Deutsche Fassung prEN ISO 5755:2009**

Sintered metal materials –
Specifications (ISO/DIS 5755:2009);
German version prEN ISO 5755:2009

Matériaux métalliques frittés –
Spécifications (ISO/DIS 5755:2009);
Version allemande prEN ISO 5755:2009

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2010-01-25 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nwt@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT) im DIN, 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 62 Seiten

Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 5755:2009) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 119 „Powder metallurgy“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC SS/M11 „Powder metallurgy“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom CMC gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 145-01-05 AA „Anforderungen an pulvermetallurgische Werkstoffe (ausgenommen Hartmetalle)“ im Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT).

Für die in Abschnitt 2 zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 2738	siehe	DIN EN ISO 2738
ISO 2739	siehe	DIN EN ISO 2739
ISO 2740	siehe	DIN EN ISO 2740
ISO 6892	siehe	DIN EN ISO 6892

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 5755:2004-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Norm technisch und redaktionell überarbeitet;
- b) Abschnitt 4 *Prüfverfahren für normative Eigenschaften* technisch überarbeitet;
- c) Aufnahme informativer mechanischer und physikalischer Eigenschaften von Sintermetallen für Lager und Formteile in den jeweiligen Tabellen sowie eine Erklärung dieser in einem neuen Abschnitt 5 *Informative Eigenschaften*;
- d) Tabellen zu Anforderungen an chemische Zusammensetzung sowie mechanischen und physikalischen Eigenschaften von Sintermetallen für Lager und Formteile technisch überarbeitet;
- e) Aufnahme neuer Tabellen zu Anforderungen an chemische Zusammensetzung sowie mechanischen und physikalischen Eigenschaften von Sintermetallen für Lager und Formteile für legierte Hybridstähle;
- f) Bezeichnungssystem in Anhang A *Bezeichnungssystem* um Angaben zu Hybridstählen erweitert;
- g) Bezeichnungssystem in Anhang A *Bezeichnungssystem* um Festlegung der Buchstaben für Legierungselement Chrom erweitert;
- h) Informative Angaben zu legierten Hybridstählen hinsichtlich des Mikrogefüges in Anhang B *Mikrogefüge* hinzugefügt.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 2738, *Sintermetalle, ausgenommen Hartmetalle — Durchlässige Sintermetalle — Bestimmung der Dichte, des Tränkstoffgehaltes und der offenen Porosität*

DIN EN ISO 2739, *Buchsen aus Sintermetall — Bestimmung der radialen Bruchfestigkeit*

DIN EN ISO 2740, *Sintermetalle, ausgenommen Hartmetalle — Zugprobestäbe*

DIN EN ISO 6892, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Prüfverfahren bei Raumtemperatur*

— Leerseite —

Sintermetalle — Anforderungen (ISO/DIS 5755:2009)

Matériaux métalliques frittés — Spécifications (ISO/DIS 5755:2009)

Sintered metal materials — Specifications (ISO/DIS 5755:2009)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Probenahme	5
4 Prüfverfahren für normative Eigenschaften.....	5
4.1 Prüfverfahren im Allgemeinen	5
4.2 Chemische Analyse	5
4.3 Offene Porosität	6
4.4 Mechanische Eigenschaften.....	6
4.4.1 Allgemeines	6
4.4.2 Festigkeitseigenschaften	6
4.4.3 Radiale Bruchfestigkeit	7
5 Informative Eigenschaften	7
5.1 Allgemeines	7
5.2 Dichte	7
5.3 Zugfestigkeit.....	7
5.4 Streckgrenze.....	7
5.5 Dehnung.....	8
5.6 Elastizitätsmodul.....	8
5.7 Poissonzahl (Querkontraktionszahl).....	8
5.8 Schlagarbeit.....	8
5.9 Druck-Streckgrenze	8
5.10 Biegebruchfestigkeit.....	9
5.11 Dauerfestigkeit	9
5.11.1 Dauerfestigkeit beim Umlaufbiegeversuch	9
5.11.2 Dauerfestigkeit beim Biegeversuch in einer Ebene	10
5.11.3 Axiale Dauerfestigkeit	10
5.12 Scheinbare Härte.....	10
6 Anforderungen	10
7 Bezeichnungen.....	10
Anhang A (normativ) Bezeichnungssystem	52
A.1 Werkstoffbezeichnung	52
A.2 Benennungsblock	52
A.3 Identifizierungsblock	52
A.4 Merkmale-Block.....	52
A.4.1 Erste Gruppe	52
A.4.2 Zweite Gruppe	53
A.4.3 Dritte Gruppe	53
A.5 Buchstaben für Legierungselemente.....	53
A.6 Beispiele für Bezeichnungssysteme.....	53
Anhang B (informativ) Mikrogefüge.....	55
B.1 Bronze und Bronze mit Graphit für Lager — Tabelle 1A	55
B.2 Eisen, Eisen-Kupfer, Eisen-Bronze, Eisen-Kohlenstoff-Graphit für Lager — Tabelle 1B	55
B.3 Eisen und Kohlenstoffstähle für Formteile — Tabelle 2	55
B.4 Kupferstähle und Kupfer-Kohlenstoffstähle für Formteile — Tabelle 4.....	55

	Seite
B.5 Phosphorstähle für Formteile — Tabelle 6	56
B.6 Nickelstähle für Formteile — Tabellen 7,8	56
B.7 Diffusionslegierte Nickel-Kupfer-Molybdän-Stähle für Formteile — Tabellen 9,10	56
B.8 Vorlegierte Stähle für Formteile — Tabellen 11, 12.....	56
B.9 Legierte Hybridstähle — Tabellen 13, 14.....	56
B.10 Kupferstähle oder mit Kupferlegierung infiltrierte Stähle für Formteile — Tabelle 15.....	57
B.11 Austenitische, ferritische und martensitische nichtrostende Stähle für Formteile — Tabelle 16.....	57
B.12 Legierungen auf Kupferbasis für Formteile — Tabelle 17.....	57
Literaturhinweise	58

Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 5755:2009) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 119 „Powder metallurgy“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC SS/M11 „Powder metallurgy“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom CMC gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 5755:2009 wurde vom CEN als prEN ISO 5755:2009 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt die Anforderungen an die chemische Zusammensetzung sowie die mechanischen und physikalischen Eigenschaften von Sintermetallen für Lager und Formteile fest.

Bei der Auswahl der pulvermetallurgischen Werkstoffe sollte berücksichtigt werden, dass die Eigenschaften nicht nur von der chemischen Zusammensetzung und Dichte, sondern auch von den Herstellverfahren abhängig sind. Die Eigenschaften von Sinterwerkstoffen, die sich für besondere Anwendungsfälle eignen, sind nicht unbedingt die gleichen wie die von geschmiedeten oder gegossenen Werkstoffen, die auch verwendet werden könnten. Es wird deshalb empfohlen, mit den künftigen Lieferanten zusammenzuarbeiten.

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).

ISO 2738, *Sintered metal materials, excluding hardmetals — Permeable sintered metal materials — Determination of density, oil content and open porosity*

ISO 2739, *Sintered metal bushes — Determination of radial crushing strength*

ISO 2740, *Sintered metal materials, excluding hardmetals — Tensile test pieces*

ISO 2795, *Plain bearings — Sintered bushes — Dimensions and tolerances*

ISO 6892, *Metallic materials — Tensile testing at ambient temperature*

3 Probenahme

Die Probenahme von Pulvern zur Herstellung genormter Proben muss nach den entsprechenden Internationalen Normen erfolgen – ISO 3954, *Powders for powder metallurgical purposes — Sampling*.

4 Prüfverfahren für normative Eigenschaften

4.1 Prüfverfahren im Allgemeinen

Für die Bestimmung der in den Tabellen 1 bis 17 angegebenen normativen Eigenschaften sind die folgenden Prüfverfahren anzuwenden.

4.2 Chemische Analyse

Für alle Werkstoffe werden in den Tabellen in der Spalte für die chemische Zusammensetzung die Hauptelemente und ihre niedrigsten und höchsten Massenanteile in Prozent zu einem Zeitpunkt angegeben, an dem noch keine weitere Werkstoffbehandlung stattgefunden hat, z. B. ein Tränken (Imprägnieren) mit Öl oder Harz oder auch eine Wasserdampfbehandlung. Elemente, die zu bestimmten Zwecken in geringen Anteilen hinzugefügt wurden, sind durch die Angabe ihres höchsten Prozentanteils in der Spalte „Sonstige Elemente“ erfasst worden.

Soweit möglich und in allen Zweifelsfällen müssen die Verfahren der chemischen Analyse den in den jeweiligen Internationalen Normen festgelegten Verfahren entsprechen. Falls keine Internationale Norm vorliegt, kann das Verfahren vereinbart und zum Zeitpunkt der Anfrage und Bestellung festgelegt werden.

4.3 Offene Porosität

Die offene Porosität ist nach ISO 2738 zu bestimmen.

4.4 Mechanische Eigenschaften

4.4.1 Allgemeines

Die in den Tabellen 1 bis 17 für den Sinterzustand angegebenen mechanischen Eigenschaften wurden an gepressten und gesinterten Prüfkörpern mittlerer chemischer Zusammensetzung bestimmt. Die in den Tabellen 1 bis 17 für den Wärmebehandlungszustand angegebenen mechanischen Eigenschaften wurden an Probestäben bestimmt, die entweder gepresst und gesintert oder aus gepressten und gesinterten Rohlingen mechanisch hergestellt wurden. Sie gelten als Richtwerte für die anfängliche Werkstoffauswahl (siehe auch Abschnitt 1). Diese angegebenen Eigenschaften dürfen auch als Grundlage genommen werden, um spezielle Prüfungen festzulegen, die auf der Zeichnung angegeben sein können.

Die mechanischen Eigenschaften dürfen weder aus Härtewerten berechnet, noch an Zugproben bestimmt werden, die einem Bauteil entnommen wurden und zur Bestätigung der in den Tabellen 1 bis 17 angegebenen Werte verwendet werden. Falls der Kunde verlangt, dass bestimmte mechanische Eigenschaften durch Prüfungen an dem Bauteil erreicht werden müssen, dann sind diese mit dem Lieferer zu vereinbaren und auf der Zeichnung und/oder einer auf der Zeichnung vermerkten technischen Unterlage des Herstellers anzugeben.

4.4.2 Festigkeitseigenschaften

Die Zugfestigkeit und die Streckgrenze müssen nach ISO 2740 und ISO 6892 bestimmt werden. Bei wärmebehandelten Werkstoffen sind Zugfestigkeit und Streckgrenze annähernd gleich, und in diesem Fall wird die Zugfestigkeit festgelegt.

Die angegebenen normativen Werte für die Streckgrenze (im Sinterzustand) und die spezifische Festigkeit gegen Zug (im Wärmebehandlungszustand) sind Mindestwerte. Diese Festigkeitseigenschaften dürfen als Planungsgrundlage für die Anwendung von pulvermetallurgischen Bauteilen (PM-Bauteilen) verwendet werden. Um für PM-Bauteile eine optimale Werkstoffauswahl sowohl hinsichtlich der Eigenschaften als auch der Wirtschaftlichkeit treffen zu können, ist es wichtig, die vorgesehene Anwendung mit dem Hersteller der Teile eingehend zu erörtern.

Die Mindestwerte werden an Zugprobestäben bestimmt, die für die Bewertung von PM-Werkstoffen gesondert hergestellt wurden.

Probestäbe, die handelsüblichen Produktionsteilen entnommen wurden, können sich von den gesondert hergestellten Probestäben stark unterscheiden. Zur Bewertung der Festigkeit eines fertigen Bauteils wird deshalb empfohlen, dass Kunde und Hersteller eine statische oder dynamische Prüfung an der ersten Charge der Produktionsteile vereinbaren. Die Ergebnisse der bis zum Versagen der Teile durchgeführten Prüfung können statistisch ausgewertet werden, um für die folgenden Produktionschargen die Mindestbruchkraft zu bestimmen.

Der Nachweis für ausreichende Festigkeiten kann auch durch die Untersuchung von Zugproben erbracht werden, die speziell für die Bewertung von PM-Werkstoffen aus derselben Charge des Pulvers wie die Produktionsteile hergestellt und auf die gleiche Weise wie die Produktionsteile behandelt wurden.

Der oben erwähnte Versuch an Zugprobestäben, die einem Bauteil aus einem pulvermetallurgischen Werkstoff entnommen wurden, ist das ungünstigste Verfahren zur Ermittlung der Mindesteigenschaften.

Die Eigenschaften der Bauteile nach einer Wärmebehandlung wurden an Zugprobestäben bestimmt, die einer Abschreckhärtung und einem nachfolgenden Anlassen (Vergüten) unterzogen wurden, um Festigkeit, Härte und Verschleißbeständigkeit zu erhöhen. Das Anlassen ist besonders wichtig, um die in dieser Norm angegebenen Eigenschaften zu erreichen. Empfohlen werden Wärmebehandlungseinrichtungen, die mit Gasatmosphäre oder Vakuum arbeiten. Die Anwendung flüssiger Salze wird nicht empfohlen, da Salze in die Poren eindringen und ein „Ausbluten von Salzen“ sowie „innere Korrosion“ verursachen. Einige Werkstoffe dürfen unmittelbar nach dem Sintern wärmebehandelt werden, indem sie im Sinterofen mit geregelter Geschwindigkeit abgekühlt werden. Dieser Vorgang wird üblicherweise als „Sinterhärtung“ bezeichnet. Auch diese sintergehärteten Werkstoffe müssen angelassen werden, um die Festigkeitseigenschaften zu optimieren.

4.4.3 Radiale Bruchfestigkeit

Die radiale Bruchfestigkeit ist nach ISO 2739 zu bestimmen. Die Wanddicken der zu verwendenden Prüfkörper müssen in dem von ISO 2795 abgedeckten Bereich liegen. Bei Prüfkörpern außerhalb dieses Bereichs sind die festgelegten Werte für die radiale Bruchfestigkeit unterschiedlich und zwischen Kunde und Lieferer zu vereinbaren.

5 Informative Eigenschaften

5.1 Allgemeines

Für jeden Werkstoff werden typische Werte für Zugfestigkeit und Streckgrenze angegeben. Sie sind nur als allgemeine Richtwerte anzusehen. Diese Werte sollten nicht als Mindestwerte angewendet werden.

Diese typischen Eigenschaftswerte sollten erreichbar sein, wenn die üblichen Herstellungsverfahren angewendet werden. Auch bei Bestimmung der typischen informativen Eigenschaften sollten alle speziellen, an Bauteilen durchzuführenden Prüfungen zwischen dem Kunden und dem Hersteller erörtert und vereinbart werden.

5.2 Dichte

Die Dichte wird in Gramm je Kubikzentimeter (g/cm^3) angegeben. Sie wird nach ISO 2738 bestimmt. Üblicherweise wird die Dichte bestimmt, nachdem Öl oder nichtmetallisches Material aus den Poren entfernt wurde; diese Dichte wird als Trockendichte bezeichnet. Für fertig hergestellte Lager oder bestimmte andere Produktionsteile wird mitunter die „Feuchtdichte“ angegeben; sie bezeichnet die Masse je Volumeneinheit und bezieht Öl oder nichtmetallisches Material ein, das zum Tränken des Bauteils verwendet wurde.

5.3 Zugfestigkeit

Die in MPa angegebene Zugfestigkeit (R_m) ist die Fähigkeit einer Zugprobe, nicht zu Bruch zu gehen, wenn eine Zugkraft parallel zur Längsachse der Probe aufgebracht wird. Die Zugfestigkeit ist die Höchstlast, dividiert durch die Anfangsquerschnittsfläche.

5.4 Streckgrenze

Die in MPa angegebene Streckgrenze ($R_{p0,2}$) ist die Last, bei der ein Werkstoff eine bleibende Dehnung von 0,2 % erfährt (d. h. die Proportionalität zwischen Spannung und Dehnung in der Spannungs-Dehnungs-Kurve ist unter dieser Zugbeanspruchung nicht mehr gegeben), dividiert durch die Anfangsquerschnittsfläche.

5.5 Dehnung

Die in Prozent der Anfangsmesslänge (im Allgemeinen 25 mm) angegebene (bleibende) Dehnung, wird durch Messen der Zunahme der Messlänge nach dem Bruch bestimmt, wobei vorausgesetzt wird, dass der Bruch innerhalb der Messlänge aufgetreten ist. Die Dehnung kann auch mit einem an einer Zugprobe angebrachten Break-away-Extensometer gemessen werden. Die aufgezeichnete Spannungs-Dehnungs-Kurve zeigt die Gesamtdehnung (elastische und bleibende Dehnung) an. Die elastische Dehnung ist von der Gesamtdehnung zu subtrahieren, um die bleibende Dehnung zu bestimmen (einige Zugprüfmaschinen sind mit einer Software ausgestattet, die eine direkte Ablesung der bleibenden Dehnung ermöglicht).

5.6 Elastizitätsmodul

Angaben für die in dieser Norm verwendeten elastischen Konstanten werden aus einer Prüfung der Resonanzfrequenz gewonnen. Die folgende Gleichung verknüpft die drei elastischen Konstanten:

$$\nu = (E/2 G) - 1$$

Dabei ist

- ν die Poissonzahl;
- E der Elastizitätsmodul;
- G der Schubmodul.

Der in GPa angegebene Elastizitätsmodul (E) ist das Verhältnis der Normalspannung zur entsprechenden Dehnung bei einer Zug- oder Druckbeanspruchung unterhalb der Proportionalitätsgrenze des Werkstoffs.

5.7 Poissonzahl (Querkontraktionszahl)

Die Poissonzahl ist der absolute Wert für das Verhältnis aus der Dehnung in Querrichtung (Dickenänderung) zur entsprechenden axialen Dehnung (Längenänderung) bei Einwirkung einer gleichmäßig verteilten axialen Spannung unterhalb der Proportionalitätsgrenze des Werkstoffs.

5.8 Schlagarbeit

Die in Joules (J) gemessene Schlagarbeit wird durch Messen der Energie bestimmt, die beim Brechen einer Probe mit einem einzigen Schlag verbraucht wird. Die Daten in der vorliegenden Norm wurden an ungekerbten Charpy-Proben nach ISO 5754 *Sintered metal materials, excluding hardmetals — Unnotched impact test piece* ermittelt.

5.9 Druck-Streckgrenze

Die in MPa angegebene Druck-Streckgrenze ist die Spannung, bei der ein Werkstoff eine festgelegte bleibende Dehnung zeigt. Eine bleibende Dehnung von 0,1 % wurde mit Hilfe eines Clip-on-Extensometers gemessen (Messung auf 0,005 mm), das an einem Probestab mit einem Durchmesser von 9,00 mm und einer Länge von 27,00 mm angebracht wurde. (Siehe ISO 14317, *Sintered metal materials excluding hardmetals — Determination of compressive yield strength*).

Für einige wärmebehandelte Werkstoffe, die in den Tabellen aufgeführt sind, ist die Härtebarkeit nicht ausreichend, um bei Probestäben mit einem Durchmesser von 9,00 mm eine vollständige Durchhärtung zu erreichen. Wegen der unterschiedlichen Härtebarkeit der in den Tabellen aufgeführten Wärmebehandlungsstähle sind die Druck-Streckgrenzenwerte nur auf Querschnitte bis 9,00 mm anwendbar. Üblicherweise haben kleinere Querschnitte eine höhere Druck-Streckgrenze, während größere Querschnitte bedingt durch ihre Härtebarkeit etwas niedrigere Druck-Streckgrenzen erreichen. Weil die Zugprobestäbe zur Bestimmung der Zug-Streckgrenze einen kleineren Querschnitt haben als die Probestäbe zur Bestimmung der Druck-Streckgrenze, ist ein direkter Vergleich zwischen den unter Zug- bzw. Druckbeanspruchung ermittelten Streckgrenzenwerten nicht möglich.

5.10 Biegebruchfestigkeit

Die in MPa angegebene Biegebruchfestigkeit ist die nach der Biegefestigkeitsgleichung berechnete Spannung, die erforderlich ist, um eine Probe mit bestimmten Maßen zu brechen. Die Probe wird durch feste Auflager, die dicht an den Probenenden angeordnet sind, abgestützt und mittig zwischen den Mittellinien der Auflager belastet. Wenn der Wert für die Bruchlast bekannt ist, kann die Biegebruchfestigkeit nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$S = \frac{3 \times P \times L}{2 \times T^2 \times W}$$

Dabei ist

- S die Biegebruchfestigkeit, in MPa;
- P die Bruchlast, in N;
- L der Abstand zwischen den Auflagern der Prüfvorrichtung, in mm (im Allgemeinen 25 mm);
- T die Dicke der Probe, in mm;
- W die Breite der Probe, in mm.

Die Festigkeitsgleichung gilt exakt nur für nicht verformbare (nicht duktile) Werkstoffe; sie wird trotzdem häufig auf Werkstoffe angewendet, die sich verformen, bevor sie versagen; die Gleichung ist besonders dann hilfreich, wenn Festigkeitswerte zu Vergleichszwecken zu bestimmen sind. Für diese Werkstoffe sind die entsprechenden Daten als typische Eigenschaftswerte in der vorliegenden Norm angegeben. (Siehe ISO 3325, *Sintered metal materials, excluding hardmetals — Determination of transverse rupture strength*).

5.11 Dauerfestigkeit

Die in MPa angegebene Dauerfestigkeit ist die maximale Schwingbeanspruchung, die ein Werkstoff nach einer Anzahl von Schwingspielen ohne Versagen ertragen kann, wobei bei jedem Schwingspiel eine Spannungsumkehr erfolgt, sofern nicht anders angegeben. Für jede ermittelte Dauerfestigkeit sollte die Anzahl der ertragenen Schwingspiele angegeben werden.

Bei Ermittlung der Dauerfestigkeit von PM-Eisenwerkstoffen, z. B. geschmiedeten (oder anderweitig warm verformten) pulvermetallurgischen Eisenwerkstoffen, wird davon ausgegangen, dass ungekerbte Proben eine schwingende Beanspruchung unendlich lange ertragen, wobei erfahrungsgemäß die Grenzfestigkeit (Ermüdungsgrenze) bei einer Schwingspielzahl von 10^7 als erreicht anzusehen ist. Dagegen haben PM-Nichteisenwerkstoffe bei einer Schwingspielzahl von 10^7 nicht ihre maximale Dauerfestigkeit erreicht, und es wird einfach ein Grenzwert für die Dauerfestigkeit bei 10^7 Schwingspielen festgesetzt.

In dieser Norm werden die Dauerfestigkeiten durch statistische Auswertung der Prüfdaten ermittelt. Wegen der begrenzten Anzahl auswertbarer Datenpunkte werden diese Dauerfestigkeiten als 90 %-Lebensdauer (90 %-Dauerfestigkeit) bestimmt, d. h. es handelt sich um die Wechselbeanspruchung, bei der 90 % der Proben 10^7 Schwingspielen standhalten.

Es gibt drei Beanspruchungsverfahren für die Proben, die jedoch unterschiedliche Dauerfestigkeiten liefern. Die Verfahren werden nachfolgend beschrieben.

5.11.1 Dauerfestigkeit beim Umlaufbiegeversuch

Bei diesem Prüfverfahren werden ein bearbeiteter, runder, glatter Probestab (ISO 3928) und eine Prüfmaschine nach R. R. Moore angewendet. Der Probestab wird einseitig eingespannt und in Rotation versetzt, während auf das andere Ende eine Schwingbeanspruchung aufgebracht wird. Der Probestab wird am stärksten an seiner Oberfläche beansprucht, während an der Mittellinie eine neutrale Spannung vorliegt. Bei diesem Prüfverfahren werden die höchsten Werte für die Dauerfestigkeit ermittelt.

5.11.2 Dauerfestigkeit beim Biegeversuch in einer Ebene

Bei diesem Prüfverfahren mit Biegung in einer Ebene (4-Punkt-Biegung in einer Ebene) wird ein genormter Sinterprobestab angewendet (ISO 3928), der einer Schwingbeanspruchung ausgesetzt wird. Bei diesem Prüfverfahren werden mit zunehmender Beanspruchung der Querschnittsfläche etwas niedrigere Dauerfestigkeiten bestimmt als beim Umlaufbiegeversuch.

5.11.3 Axiale Dauerfestigkeit

Bei diesem Verfahren wird entweder ein bearbeiteter Rundstab oder ein genormter Sinterprobestab angewendet (ISO 3928), der an beiden Enden in eine Prüfmaschine eingespannt und dann einer Schwingbeanspruchung mit $R = -1$ unterzogen wird. Da der gesamte Querschnitt beansprucht wird, liefert dieses Prüfverfahren die niedrigsten Dauerfestigkeitswerte.

5.12 Scheinbare Härte

Der unter Anwendung eines herkömmlichen Eindringhärteprüfgerätes für PM-Bauteile bestimmte Härtewert wird als „scheinbare Härte“ bezeichnet, weil er die Matrixhärte in Kombination mit dem von der Porosität ausgehenden Effekt erfasst. Die scheinbare Härte stellt den Widerstand gegen das Eindringen eines Eindringkörpers dar.

Die in dieser Norm angegebenen scheinbaren Härtewerte werden nach ISO 4498 mit Hilfe der Verfahren nach Vickers und nach Rockwell bestimmt, sofern beide Verfahren anwendbar sind.

Zur Bestimmung der scheinbaren Härte von fertigen Bauteilen aus PM-Werkstoffen werden die folgenden Vorgehensweisen empfohlen:

- a) Festlegen eines für die Auswertung vorgesehenen Bereichs;
- b) Entfernen aller Grate sowohl am Eindruckkörper als auch auf den Auflageflächen, die einen Einfluss auf die Ablesung der Eindruckhärte haben können;
- c) Ablesung von mindestens fünf Härtewerten für jedes Teil, wobei Anomalien zu eliminieren sind;
- d) Bilden des Mittelwerts aus den Ablesungen;
- e) Angabe des auf die nächste ganze Zahl gerundeten Mittelwerts als Ergebnis der Bestimmung.

Wegen der möglichen Dichteschwankungen in fertigen PM-Teilen sollten auf der technischen Zeichnung des Teils die Stellen festgelegt werden, an denen die kritische scheinbare Härte gemessen wird. Da die scheinbare Härte durch Verschließen von Oberflächenporen beeinflusst werden kann, sollte auch der Oberflächenzustand festgelegt werden.

6 Anforderungen

Die chemische Zusammensetzung und die mechanischen Eigenschaften sind in den Tabellen 1 bis 17 enthalten.

Der Tränkstoffgehalt von Werkstoffen für Lager, die mit flüssigem Schmierstoff getränkt sind, muss mindestens 90 % der gemessenen offenen Porosität ausmachen.

7 Bezeichnungen

Bezeichnungen müssen Anhang A entsprechen.

Tabelle 1A — Nichteisenwerkstoffe für Lager: Bronze und Bronze mit Graphit

	Sorte ^a	Normative Werte					Informative Werte		
		Graphit	Chemische Zusammensetzung		Andere Elemente max.	Offene Porosität min.	Radikale Bruchfestigkeit min.	Dichte (trocken)	Linearer Ausdehnungskoeffizient
		%	Sn %	Cu %	%	p %	K MPa	ρ g/cm ³	10^{-6} K^{-1}
Bronze	-C-T10-K110		8,5 bis 11,0	Rest	2	27	110	6,1	18
	-C-T10-K140		8,5 bis 11,0	Rest	2	22	140	6,6	18
	-C-T10-K180		8,5 bis 11,0	Rest	2	15	180	7,0	18
Bronze mit Graphit	-C-T10G-K90	0,5 bis 2,0	8,5 bis 11,0	Rest	2	27	90	5,9	18
	-C-T10G-110 ^b	0,5 bis 2,0	8,5 bis 11,0	Rest	2	25	110	6,0	18
	-C-T10G-K120	0,5 bis 2,0	8,5 bis 11,0	Rest	2	22	120	6,4	18
	-C-T10G-K170 ^b	0,5 bis 2,0	8,5 bis 11,0	Rest	2	19	170	6,5	18
	-C-T10G-K160	0,5 bis 2,0	8,5 bis 11,0	Rest	2	17	160	6,8	18
	-C-T10G-K115	3 bis 5	8,5 bis 11,0	Rest	2	11	115	6,8	19
^a Alle Werkstoffe können mit Öl getränkt werden. ^b Diese Werkstoffe haben eine höhere Festigkeit als nach der angegebenen Porosität zu erwarten wäre, so dass es notwendig werden kann, andere Sinterparameter anzuwenden.									

Tabelle 1B — Eisenwerkstoffe für Lager: Eisen, Eisen-Kupfer, Eisen-Bronze und Eisen-Kohlenstoff-Graphit

	Sorte ^a	Normative Werte								Informative Werte	
		Chemische Zusammensetzung						Offene Porosität min	Radiale Bruchfestigkeit	Dichte (trocken)	Linearer Ausdehnungskoeffizient
		C, gebunden ^b	Cu	Sn	Graphit	Fe	Andere Elemente max.	<i>p</i> %	<i>K</i> MPa	ρ g/cm ³	10^{-6} K^{-1}
Eisen	-F-00-K170	< 0,3				Rest	2	22	> 170	5,8	12
	-F-00-K220	< 0,3				Rest	2	17	> 220	6,2	12
Eisen-Kupfer	-F-00C2-K200	< 0,3	1 bis 4			Rest	2	22	> 200	5,8	12
	-F-00C2-K250	< 0,3	1 bis 4			Rest	2	17	> 250	6,2	12
	-F-03C22-K150	< 0,5	18 bis 25			Rest	2	18	> 150	6,4	13
	-F-03C22G-K150	< 0,5	18 bis 25		0,3 bis 1,0	Rest	2	18	> 150	6,4	13
	-F-03C22G-K200 ^d	< 0,5	18 bis 25		1,0 bis 3,0	Rest	2	18	> 200	6,4	13
Eisen-Bronze ^c	-F-03C25T-K120	< 0,5	20 bis 30	1,0 bis 3,0		Rest		17	120 bis 250	6,4	13
	-F-03C36T-K90	< 0,5	34 bis 38	3,5 bis 4,5	0,3 bis 1,0	Rest	2	24	90 bis 265	5,8	14
	-F-03C36T-K120	< 0,5	34 bis 38	3,5 bis 4,5	0,3 bis 1,0	Rest	2	19	120 bis 345	6,2	14
	-F-03C45T-K70	< 0,5	43 bis 47	4,5 bis 5,5	< 1,0	Rest	2	24	70 bis 245	5,6	14
	-F-03C45T-K100	< 0,5	43 bis 47	4,5 bis 5,5	< 1,0	Rest	2	19	100 bis 310	6,0	14

Tabelle 1B (fortgesetzt)

	Sorte ^a	Normative Werte							Informative Werte		
		Chemische Zusammensetzung						Offene Porosität min	Radiale Bruchfestigkeit	Dichte (trocken)	Linearer Ausdehnungskoeffizient
		C, gebunden ^b	Cu	Sn	Graphit	Fe	Andere Elemente max.				
		%	%	%	%	%	%	<i>p</i> %	<i>K</i> MPa	<i>ρ</i> g/cm ³	10 ⁻⁶ K ⁻¹
Eisen-Kohlenstoff-Graphit ^c	-F-03G3-K70	< 0,5			2,0 bis 3,5	Rest	2	20	70 bis 175	5,6	12
	-F-0363-K80	< 0,5			2,0 bis 3,5	Rest	2	13	80 bis 210	6,0	12

^a Alle Werkstoffe können mit Öl getränkt werden.

^b Nur auf der Basis der Eisenphase.

^c Aus dem für die radiale Bruchfestigkeit (K) angegebene Wertebereich ergibt sich die Notwendigkeit, ein Gleichgewicht zwischen gebundenem Kohlenstoff und freiem Graphit aufrecht zu erhalten.

^d Dieser Werkstoff hat eine höhere Festigkeit als nach der angegebenen Porosität zu erwarten wäre, so dass es notwendig werden kann, andere Sinterparameter anzuwenden.

Tabelle 2 — Eisenwerkstoffe für Formteile: Eisen und Kohlenstoffstahl — Im Sinterzustand

Sorte		Normative Werte					Informative Werte											
		Chemische Zusammensetzung				Streckgrenze (Zug) min. $R_{p0,2}$	Dichte ρ	Zugfestigkeit R_m	Streckgrenze (Zug) $R_{p0,2}$	Bruchdehnung A25	Elastizitätsmodul GPa	Poissonzahl	Schlagarbeit (ungekerbte Probe nach Charpy) J	0,1%-Streckgrenze (Druck) MPa	Biegebruchfestigkeit MPa	90%-Dauerfestigkeit bei Umlaufbiegung ^a MPa	Scheinbare Härte	
		C, gebunden %	Cu %	Fe %	Andere Elemente max. %												HV 5	Rockwell
Eisen	-F-00-100	< 0,3	-	Rest	2	100	6,7	170	120	3	120	0,25	8	120	340	65	60	60 HRF
	-F-00-120	< 0,3	-	Rest	2	120	7,0	210	150	4	140	0,27	24	125	500	80	75	70 HRF
	-F-00-140	< 0,3	-	Rest	2	140	7,3	260	170	7	160	0,28	47	130	660	100	85	80 HRF
Kohlenstoffstahl	-F-05-100	0,3 bis 0,6	-	Rest	2	100	6,1	170	120	< 1	105	0,25	4	125	330	60	70	25 HRB
	-F-05-140	0,3 bis 0,6	-	Rest	2	140	6,6	220	160	1	115	0,25	5	160	440	80	90	40 HRB
	-F-05-170	0,3 bis 0,6	-	Rest	2	170	7,0	275	200	2	140	0,27	8	200	550	105	120	60 HRB
Kohlenstoffstahl	-F-08-170	0,6 bis 0,9	-	Rest	2	170	6,2	240	210	< 1	110	0,25	4	210	420	100	110	50 HRB
	-F-08-210	0,6 bis 0,9	-	Rest	2	210	6,6	290	240	1	115	0,25	5	210	510	120	120	60 HRB
	-F-08-240	0,6 bis 0,9	-	Rest	2	240	7,0	390	260	1	140	0,27	7	250	690	170	140	70 HRB
Diese Werkstoffe dürfen mit Zusätzen geliefert werden, um eine bessere maschinelle Bearbeitbarkeit zu erreichen. Die Eigenschaften wurden an gepressten und gesinterten Prüfkörpern (nicht mechanisch bearbeitet) nach ISO 2740 bestimmt.																		
^a Mechanisch bearbeitete Proben nach ISO 3928.																		

Tabelle 3 — Eisenwerkstoffe für Formteile: Kohlenstoffstahl — Wärmebehandelt

Sorte	Normative Werte					Informative Werte										
	Chemische Zusammensetzung				Spezifische Festigkeit (Zug) min. R_m MPa	Dichte	Zugfestigkeit ^c	Bruchdehnung	Elastizitätsmodul	Poissonzahl	Schlagarbeit (ungekerbte Probe nach Charpy)	0,1%-Streckgrenze (Druck)	Biegebruchfestigkeit	90%-Dauerfestigkeit bei Umlaufbiegung ^d	Scheinbare Härte	
	C, gebunden %	Cu %	Fe %	Andere Elemente max. %		ρ g/cm ³	R_m MPa	A25 %	GPa		J	MPa	MPa	MPa	HV 10	Rock well
-F-05-340H ^a	0,3 bis 0,6	-	Rest	2	340	6,6	410	< 1	115	0,25	4	300	720	160	280	20 HRC
-F-05-410H ^a	0,3 bis 0,6	-	Rest	2	410	6,8	480	< 1	130	0,27	5	360	830	190	290	22 HRC
-F-05-480H ^a	0,3 bis 0,6	-	Rest	2	480	7,0	550	< 1	140	0,27	5	420	970	220	300	25 HRC
-F-08-450H ^b	0,6 bis 0,9	-	Rest	2	450	6,6	520	< 1	115	0,25	5	550	790	210	320	28 HRC
-F-08-500H ^b	0,6 bis 0,9	-	Rest	2	500	6,8	570	< 1	130	0,27	6	600	860	230	345	31 HRC
-F-08-550H ^b	0,6 bis 0,9	-	Rest	2	550	7,0	320	< 1	140	0,27	7	655	950	260	360	33 HRC
Die Zug-Eigenschaften für den Wärmebehandlungszustand werden an mechanisch bearbeiteten Probestäben nach ISO 2740 bestimmt.																
^a 30 min austenitisiert bei 850 °C in Schutzatmosphäre mit 0,5 % Kohlenstoffpotential, in Öl abgeschreckt und 1 h bei 180 °C angelassen.																
^b 30 min austenitisiert bei 850 °C in Schutzatmosphäre mit 0,8 % Kohlenstoffpotential, in Öl abgeschreckt und 1 h bei 180 °C angelassen.																
^c Streckgrenze und Zugfestigkeit sind bei wärmebehandelten Werkstoffen annähernd gleich.																
^d Mechanisch bearbeitete Proben nach ISO 3928.																