INTERNATIONALE FACHZEITSCHRIFT FÜR POLYMERE WERKSTOFFE
INTERNATIONAL TECHNICAL JOURNAL FOR POLYMER MATERIALS

6 14

Juni 2014
67. Jahrgang, D 4093
unverb. Preisempfehlung
31,- Euro

KGK

KAUTSCHUK GUMMI KUNSTSTOFFE

ROHSTOFFE Optimierte Silankopplung mit TESPT

PRAXIS Effiziente und robuste Motoren für Mischer

www.kgk-rubberpoint.de

Wenig Investition für mehr Effizienz

Kreative Lösungen für eine flexible Elastomer-Teile-Produktion, Seite 10

Hüthig
erfolgsmedien für experten

Mit dem Messgerät ist es möglich, zerstörungsfreie Mikro IRHD-Kugeldruckhärtemessungen an gummielastischen Materialien mit einem tragbaren Gerät direkt im Herstellungsprozess durchzuführen.

Bild: Ludwig Nano Präzision

Nicht der Weg, sondern das Ergebnis zählt

Bestimmung des Härtegrades (IRHD M) an dünnen Gummiproben Wenn Elatomerwerkstücke zu klein oder zu dünn sind für eine normgerechte Bestimmung der Mikrohärte, müsste ein neue normgerechte Probeplatte hergestellt werden. Um dies zu vermeiden, wurde eine Methode erarbeitet, mit der die Härte und auch das E-Modul des Materials, der als physikalische Größe für viele Anwender insbesondere in der Konstruktion aussagekräftiger ist als der Härtegrad, auch für nicht normgerechte Proben errechnet werden können.

Die Bestimmung der Mikrohärte von Elastomeren nach Norm ISO 48 ist für Standardprobengeometrien meist benutzerfreundlich und mit hoher Genauigkeit durchführbar, aber was ist, wenn das Werkstück zu klein oder zu dünn ist für eine normgerechte Messung? Natürlich ist es möglich, zusätzlich zum eigentlichen Produkt normgerechte Probeplatten aus dem Material herzustellen, dabei ist aber nicht sicher, dass die Härte mit der des Produkts übereinstimmt. Auch bei sehr teuren Gummimischungen, z.B. bei Beimischungen aus Nanopartikeln, kann es unerwünscht sein, extra eine Probeplatte herzustellen.

Mit dem LNP nano touch ist es möglich, auch an dünnen Gummischichten den E-Modul, und daraus abgeleitet die Mikrohärte in Anlehnung an ISO48 zu bestimmen. Die im Folgenden beschriebenen Messungen wurden an acht unbekannten Proben (jeweils zwei ca. 1mm dicke Platten aus dem gleichen Material) durchgeführt. Dabei trugen diese Proben jeweils Nummern nach dem Muster 670n-x (n=3;...;6, x=1;2).

Die Proben wurden zunächst jeweils einzeln einmal unter Normbedingungen – mit der Ausnahme der Schichtdicke – vermessen, um einen ersten Eindruck zu gewinnen, ob die Proben mit bis auf die letzte Zahl gleichen Probennummern (z.B. 6703-1 und 6703-2) vergleichbare Härtegrade aufweisen.

Anschließend wurden die beiden Proben 6703-1 und 6703-2 übereinandergelegt, wie es die Norm ISO 48 vorschreibt. So wurde die vorgegebene Probendicke von 2mm erreicht. An dieser Probe wurde dann der Härtegrad nach IRHD M von 43° SM sowie der E-Modul nach Scott an fünf unterschiedlichen Messpunkten bestimmt. Die mit ±0,33° relativ kleine Standardabweichung über fünf Messungen, so wie auch der Härteverlauf, deuten auf eine große Homogenität innerhalb der Probe hin. Allein der fünfte Messpunkt weicht etwas deutlicher vom Mittelwert ab.

Messungen an nur einer Schicht

Im Anschluss wurde eine Messung mit den gleichen Parametern an der vorher obenliegenden Probe 6703-2 durchgeführt, um den Einfluss der Probendicke auf das Messergebnis zu überprüfen. Wie erwartet ergibt sich ein höherer Härtegrad durch den Einfluss der unter der Probe befindlichen Metallplatte. Alle anderen Parameter (Tastzeit, Tastkraft und Tastspitze) entsprechen der Norm. Der verwendete Sensor erlaubt Messungen mit unterschiedlichen Tastkräften. Da in die empirische Scott-Gleichung, die zur Bestimmung des E-Moduls genutzt wird, die Tastkraft als Parameter eingeht, kann versucht werden, die Tastkraft bei Beibehaltung von Tastzeit und Tastspitze soweit zu reduzieren, dass sich aus der Eindringtiefe der aus der vorangehenden Messung an zwei Schichten bekannte E-Modul von 1,69±0,02 N/mm² ergibt. In diesem Fall wäre der Einfluss des härteren Untergrunds bzw. der Probendicke aufgehoben. Vorangegangene Messungen an anderen Proben haben bereits bestätigt, dass die Bestimmung des E-Moduls ei-

Autor

Kerstin Reiners,
Ludwig Nano Präzision, Northeim
Kerstin.Reiners@LNP-Northeim.de

nes Materials bei unterschiedlichen Tastkräften durch die Scott-Gleichung mit hinreichender Genauigkeit erfolgt. Auf diese Art lässt sich, Kenntnis der benötigten Kraft vorausgesetzt, der E-Modul auch für dünnere Probekörper als in der IRHD-Norm vorgesehen bestimmen.

Es wurde also die Tastkraft schrittweise soweit verringert, dass der E-Modul aus der Normmessung erreicht wurde. Dies ist erst bei Tastkräften kleiner 30 mN der Fall. Die Eindringtiefe der Tastspitze liegt dann unterhalb von 40 µm statt bei 180 µm wie bei der Normmesskraft. Die größeren Standardabweichungen bei kleineren Kräften erklären sich leicht dadurch, dass ähnliche Abweichungen in der Eindringtiefe von einem oder zwei Mikrometern bei kleineren Absolutwerten naturgemäß eine größere prozentuale Abweichung bedeuten.

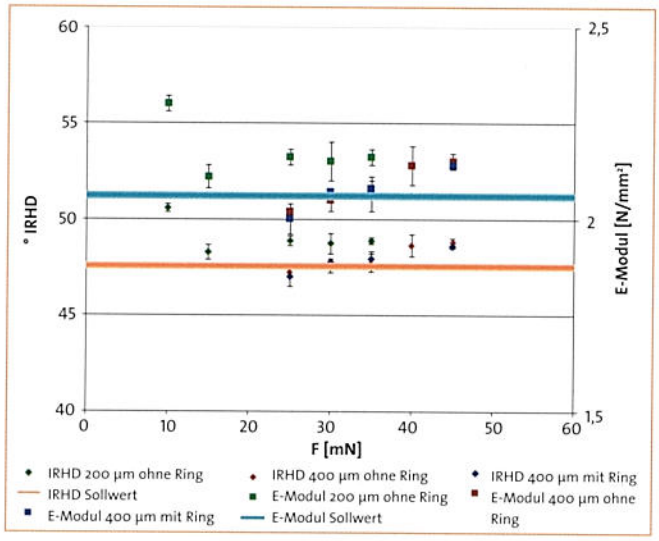
Messungen ohne Ringauflage

Viele reelle Bauteile erlauben die normgerechte Messung der IRHD M-Härte aufgrund ihrer Bauform oder Oberflächenstruktur nur eingeschränkt oder gar nicht. Vorangegangene Messungen an verschiedenen Probekörpern sowie reellen Kleinteilen haben gezeigt, dass eine Messung ohne Ringauflage eine Abweichung im gemessenen Härtegrad von +2° IRHD oder weniger liefern. Die Unsicherheit, die durch eine nur teilweise aufliegende Ringauflage auftritt, ist dahingegen nur schwer abzuschätzen und kann variieren.

Davon ausgehend wurde die oben beschriebene Messreihe mit ausgewählten Kraftwerten ohne Ringauflage wiederholt. Auch hier ergibt sich eine vergleichbare Obergrenze der Tastkraft von ca. 30mN bei einer Eindringtiefe von etwa 40 µm, ab der der Untergrund, auf dem die Probe aufliegt, keinen Einfluss mehr auf den gemessenen E-Modul hat. Ähnliche Messungen müssen nun an Proben anderer Härte und Dicke wiederholt werden, um einen Zusammenhang zwischen Probendicke und maximal erlaubter Eindringtiefe herzustellen.

Messungen mit geändertem Tastspitzenradius

Der Radius der Tastspitze ist eine weitere Variable in der E-Modulbestimmung nach Scott. Für eine Tastspitze mit 200 µm Spitzendurchmesser statt der nach Norm üblichen 400 µm ergeben sich bei einer Messung ohne Ringauflage aber mit



Messung mit unterschiedlichen Prüfparametern. Aus dem E-Modul wurde der IRHD-Härtegrad extrapoliert. Die Messungen zeigen durchgehend Standardabweichungen von 2,5 % oder weniger.

normgerechter Tastzeit folgendes Ergebnis: Bei einer Tastkraft von 30 mN wird der Sollwert für den E-Modul erreicht, die Eindringtiefe liegt allerdings noch etwas oberhalb der in den vorhergehenden Messungen bestimmten 40 µm. Es empfiehlt sich demnach, die Tastkraft noch etwas weiter abzusenken, auch wenn die Streuung der Messwerte bei kleinen Kräften größer wird. Insgesamt liegt der ohne Auflage gemessene E-Modul tendenziell etwas oberhalb des mit Auflage gemessenen Wertes, so wie auch die gemessene Härte für Versuche ohne Ringauflage zum Teil leicht höher ist als die normgerecht gemessene.

Abgeleitete Härtewerte

Es ist über die Scottsche E-Modulgleichung möglich, aus dem aus einer Messung bei kleineren Kräften erhaltenen E-Modul auf die Eindringtiefe bei Normbedingungen und damit auf den Härtegrad nach IRHD M zurückzurechnen. Hierbei sollte die Tastkraft so gewählt werden, dass der Einfluss der Probendicke und des Untergrundes aufgehoben ist.

Beispielhaft ergeben sich so für die mit der Ringauflage und 400 µm Tastspitze bei 30 mN erhaltenen Messwerte folgende Härtegrade: Der Mittelwert dieser Messung von 43,46±2,51 N/mm² weicht weniger als einen Härtegrad von dem normgerecht gemessen Wert 42,87±0,33 N/mm² ab. Laut Norm wird der gerundete Median der fünf Einzelmessungen angegeben, in diesem Fall beträgt die Abweichung 1° IRHD. Ist also die erlaubte Tastkraft bekannt, bei der der E-Modul an einer dünnen Probe ohne Einfluss des Untergrunds gemessen werden kann, so ist es mit hinreichender Genauigkeit möglich, anhand dieser Daten die Härte nach IRHD M anzugeben.

Um diese These noch weiter zu untersuchen, wurden an einer anderen Probe (6706-1 und -2) verschiedene Messreihen durchgeführt. Dabei wurde zunächst wieder normgerecht der Härtegrad bestimmt, indem beide Proben aufeinandergelegt vermessen wurden. Im Anschluss wurde die Probe 6706-2 mehrfach mit unterschiedlichen Prüfparametern vermessen und aus dem E-Modul der IRHD-Härtegrad extrapoliert. Bei beiden Versuchen mit der 400 µm Tastspitze (dargestellt in blau – mit Ringauflage – und rot – ohne Auflage) wird die normgerecht bestimmte Härte von 48°SM IRHD und der E-Modul von 2,06±0,01 N/mm² gut reproduziert, die Messungen zeigen durchgehend Standardabweichungen von 2,5 % oder weniger. Bei den Messungen mit der 200µm Tastspitze, dargestellt in grün, liegen die Werte etwa 2° IRHD bzw. 0,1 N/mm² oberhalb der Ergebnisse aus der Normmessung.

Weniger Abweichungen bei nicht normgerechten Probekörpern

Mit dem LNP nano touch sind nicht nur IRHD-Messungen an der Messsäule und freistehend am Werkstück möglich, er bietet durch die leicht tauschbaren Tastspitzen, die abnehmbare Ringauflage und die variierbare Tastkraft auch die Möglichkeit, den E-Modul nach Scott und den daraus bestimmten Härtegrad an dünnen oder anderweitig nicht normgerechten Probekörpern durchzuführen. Hierbei werden in den meisten Fällen Abweichungen von weniger als einem Härtegrad erreicht. ■

KONTAKT

Ludwig Nano Präzision, Northeim,
Tel. +49 5551 9 10 20 59