

INFO H4/1998

MPA NRW Marsbruchstr.186 D-44285 Dortmund
E-mail dez43@mpanrw.de Fax.0231/4502 589
Dr.-Ing. Polzin Tel. 0231/4502 430
Dipl.-Masch.-Ing. Schwenk Tel. 0231/4502 440

V 10.11.2000



Seit 1947 Ihr kompetenter Partner in allen Bereichen und Fragen der Härtemessung
Kalibrierung + Entwicklung + Normung
Akkreditiert unter der DAR-Registriernummer : DKD-K-06301

Qualitätskennwerte bei der Härtevergleichsplatten-Kalibrierung

Zu jeder Qualitätskontrolle ist eine auf die Qualitätsanforderung abgestimmte Messtechnik erforderlich. Die Rückführung auf das nationale Normal, der von der eingesetzten Messtechnik abgegebenen Messwerte, erfolgt über die jeweilige Größe darstellender Referenznormale (z.B. Endmaße, Gewichte, Härtevergleichsplatten etc.). Von jedem dieser Referenznormale wird die Messgröße mit einer bestimmten Messunsicherheit (Varianz) wiedergegeben. Jede eingesetzte Messeinrichtung ermittelt bei der Kalibrierung unter gleichen Versuchsbedingungen Messwerte, die eine bestimmte Varianz aufweisen. Diese Varianz der Messwerte eines solchen „Vergleichsversuches“ besteht aus dem Anteil, der von der Messeinrichtung herrührt und dem Anteil des Referenznormalen. In den meisten Anwendungen der messtechnischen Qualitätssicherung ist der Anteil vom Referenznormal an dieser Varianz (Standardabweichung) vernachlässigbar gering. Bei dem Einsatz einer relativ komplexen Messtechnik, wie der Härteprüfung, kann er jedoch einen erheblichen Umfang annehmen.

Kenngroße für die Qualität eines Referenznormalen ist die Messunsicherheit des Kalibrierwertes. Für technische Anwendungen ist gemäß [1] die Messunsicherheit als die 2σ Grenze, also die zweifache Standardabweichung der Kalibriereinrichtung definiert. Statistisch betrachtet weicht der angegebene Kalibrierwert mit 95% Wahrscheinlichkeit mit nicht mehr als die Messunsicherheit vom wahren Wert der jeweiligen Skala ab. Die Messunsicherheit gibt dabei an, wie genau die Maßverkörperung durch das Referenznormal von der Kalibriereinrichtung realisiert wird. Auf den Härtewert bezogen ist die Messunsicherheit ein Maß für die Größe der Varianz bei der Realisierung der Prüfparameter (Kraft, Länge, Eindringkörper, Zeit), auf der Härte-Bezugsnormalmesseinrichtung.

Die Messunsicherheit ist das entscheidende Maß für die Qualität des Kalibrierwertes.

Bei Härtevergleichsplatten kommt zusätzlich als Maß die Homogenität des Probenmaterials bezüglich der Härte hinzu, die durch die relative Spannweite R_{rel} der Härtewerte dargestellt wird. Die Tatsache, dass die Kalibrierung der Härtevergleichsplatten unter „Vergleichsbedingungen“ mit einer vernachlässigbar kleinen Varianz abläuft, rechtfertigt den Schluss, dass die dabei ermittelte relative Spannweite hauptsächlich auf die Varianz der Probe zurückzuführen ist. Unter der Voraussetzung einer Normalverteilung besteht gemäß [2] ein statistischer Zusammenhang nach dem bei bekannter Spannweite R_{rel} die Standardabweichung abgeschätzt werden kann.

Die Spannweite R_{rel} ist das entscheidende Maß für die Qualität der Härtevergleichsplatte in Bezug auf die Homogenität der Härte.

Der Einfluss der Spannweite R_{rel} und der Messunsicherheit auf die indirekte Prüfung der Prüfmaschine und Qualitätssicherung mittels Härtevergleichsplatte

Die Prüfnormen [3, 4, 5] schreiben für Prüfung und Kalibrierung einer Härteprüfmaschine - unter anderem - die indirekte Prüfung mittels Härtevergleichsplatten vor. Bei der indirekten Prüfung werden die Wiederholpräzision und die Abweichung der Maschine ermittelt. Die interne Qualitätssicherung schreibt oft ähnliches vor und führt für die Prüfmaschinen \bar{x} , r - oder \bar{x} , s -Kontrollkarten.

Auf Grund der normativen Vorgaben werden die Wiederholpräzision der Prüfmaschine von der Materialhomogenität der Härtevergleichsplatte und die Abweichung von der Messunsicherheit bei der Kalibrierung wie folgt bestimmt:

Wiederholpräzision

Die Prüfvorschrift für die indirekte Prüfung der Härteprüfmaschine lautet gemäß [3, 4, 5] jeweils Teil 2: Auf jeder Härtevergleichsplatte sind fünf gleichmäßig über die Oberfläche verteilte Prüfeindrücke zu erzeugen. Definiert wird die Wiederholpräzision als Differenz zwischen max. Härtewert minus min. Härtewert der fünf Prüfeindrücke, d.h. als die Spannweite R . Dabei variieren die Härtewerte der Härtevergleichsplatte durch Unterschiede in der Materialhomogenität zusätzlich, wie dies der Wert der relativen Spannweite R_{rel} bei der Kalibrierung belegt. Da beide Anteile bei der Prüfung der Wiederholpräzision der Prüfmaschine nicht trennbar

sind, verbleibt als tatsächlicher Variationsanteil für die Prüfmaschine die Differenz aus normativ zulässiger Wiederholpräzision minus der Variation der Härtewerte der Härtevergleichsplatten. Je kleiner der Variationsanteil der Härtevergleichsplatten ist, desto mehr verbleibt für die Prüfmaschine und umgekehrt. Im ungünstigsten nach Norm zulässigen Fall kann die Spannweite der Härtevergleichsplatte die Hälfte der maximalen zulässigen Wiederholpräzision der Prüfmaschine in Anspruch nehmen.

Abweichung

Die Abweichung bei der indirekten Prüfung der Härteprüfmaschine ergibt sich gemäß [3, 4, 5] Teil 2 aus der Differenz des Mittelwertes der 5 Prüfeindrücke zum Kalibrierwert der Härtevergleichsplatte. Wie wichtig hierbei die Messunsicherheit ist, kann man sich an folgendem Beispiel verdeutlichen. Laut Definition weicht der Kalibrierwert der Härtevergleichsplatte mit einer 95% Wahrscheinlichkeit um nicht mehr als \pm die Messunsicherheit vom "wahren Wert" der Härteskala ab. D.h., bei einer Rekalibrierung wird in 95% der Fälle der Kalibrierwert im Rahmen der Messunsicherheit wiedergefunden. Damit unterscheiden sich laut Statistik in 5% der Fälle die Kalibrierwerte auf derselben Härtevergleichsplatte um die doppelte Messunsicherheit. Da der Kalibrierwert direkt in die Bestimmung der Abweichung der Maschine eingeht, ergeben sich bei gleichen Prüfergebnissen der Prüfmaschine Unterschiede bei der Abweichung von der doppelten Messunsicherheit.

Wendet man diese Betrachtungsweise des Kalibrierwertes mit Berücksichtigung der Messunsicherheit auf die Abweichung an, so muss bei der Maschinenprüfung die Abweichung um \pm die Messunsicherheit eingeschränkt werden, um mit der gleichen Wahrscheinlichkeit die korrekte Funktionsweise der Prüfmaschine sicherzustellen.

Erhöhte Qualitätsanforderungen gegenüber den Normen

Da die in den Normen vorgegebenen Anforderungen an eine Härtevergleichsplatte nach Meinung des MPA NRW zu weit gefasst sind, wurde in Zusammenarbeit mit dem Hersteller der Härtevergleichsplatten, Edelstahlwerke Buderus, eine Qualitätsrichtlinie vereinbart, die gegenüber der Norm erheblich engere Werte vorschreibt und den gesamten Herstellungsprozess unter MPA NRW-Überwachung stellt.

MPA NRW-überwachte Herstellung

Zur Minimierung von nichtmetallischen Einschlüssen sind bezüglich der Eisenbegleiter im Stahl dem Vormaterial sehr enge Grenzen gesetzt und über entsprechende Stahlanalysen abgesichert. Zusätzlich wird das Ausgangsmaterial nochmals aufwendig verbessert. Die Wärmebehandlung ist speziell auf eine sehr hohe Gefügehomoogenität ausgerichtet. Bei der mechanischen Bearbeitung sind die Grenzwerte der qualitätsrelevanten Formparameter Rauheit, Ebenheit und Planparallelität gegenüber der Norm halbiert. Die Wärmebehandlung und Fertigung in Losen ermöglicht eine statistisch sehr gut gesicherte Überwachung.

Das Ergebnis sind Härtevergleichsplatten mit einem sehr homogen Gefüge und -in Bezug auf die Härte- einer entsprechend geringen relative Spannweite R_{rel} .

Geringe relative Spannweite R_{rel}

Gemäß der MPA NRW Qualitätsrichtlinie sind Grenzwerte der Spannweite R_{rel} gegenüber den normativ Zulässigen nochmals reduziert. z.B. für HRC, HRA, HRD ist laut normativer Vorgabe [5] Teil 3 eine relative Spannweite R_{rel} von 1,5% zulässig; gemäß der Qualitätsrichtlinie liegt diese Grenze bei 1%. Bei Vickers und Brinell sind diese Grenzwerte meist um den Faktor 1,5 gegenüber den normativ festgeschriebenen enger gesetzt.

Das Ergebnis sind Härtevergleichsplatten mit einem höheren Standard als die Norm ihn vorschreibt.

Minimale Messunsicherheit bei der Kalibrierung

Die Genauigkeiten bei der Realisierung der einzelnen Prüfparameter ist in den entsprechenden Prüfnormen vorgeschrieben. Da diese Genauigkeiten zu einer - nach Meinung des MPA NRW - zu großen Messunsicherheit führen, wurden in einer internen Qualitätsrichtlinie die Grenzwerte für die einzelnen Prüfparameter erheblich enger festgesetzt (meist halbiert gegenüber der normativen Vorgaben). Die Absicherung erfolgt über ein aufwendiges QM-System.

Das Ergebnis sind bestmögliche Messunsicherheiten bei der Kalibrierung der Härtevergleichsplatten

[1] DIN Leitfadens zur Angabe der Unsicherheit beim Messen 1 Auflage 1995

(Deutsche Übersetzung des ISO GUIDE TO THE EXPRESSION OF UNCERTAINTY IN MEASUREMENT)

[2] Lothar Sachs Statistische Methoden/ Seite 48 / 7 Auflage/Springer Verlag/1993.

[3] DIN EN 10003 - Metallische Werkstoffe - Härteprüfung nach Brinell 1995

[4] DIN EN ISO 6507 - Metallische Werkstoffe - Härteprüfung nach Vickers 1998

[5] DIN EN 10109 - Metallische Werkstoffe - Härteprüfung nach Rockwell 1995