

Härteprüfplatten für die normkonforme indirekte Überprüfung von Härteprüfgeräten

Hardness test blocks for the standards-compliant indirect testing of hardness testing devices



Dr.-Ing.
Peter Sommer

Dr.-Ing. Peter Sommer, Dr. Sommer Werkstofftechnik GmbH
B.Eng. Jens Sommer, Dr. Sommer Werkstofftechnik GmbH

Die Bestimmung der Härte als kennzeichnendes Merkmal eines Werkstoff- und Wärmebehandlungszustands gehört zu den am häufigsten eingesetzten Prüfmethoden. Zusätzlich zu den traditionellen genormten Verfahren Brinell (DIN EN ISO 6506), Vickers (DIN EN ISO 6507) und Rockwell (DIN EN 6508) sind in den letzten Jahren auch die Härteprüfungen nach Leeb (DIN 50156), die Härteprüfung mit tragbaren Härteprüfgeräten und mechanischer Eindringtiefenmessung (DIN 50157) sowie die Härteprüfung mit tragbaren Härteprüfgeräten und elektrischer Eindringtiefenmessung (DIN 50158) im täglichen Einsatz.



B.Eng. Jens Sommer

Die korrekte Angabe eines Härtewerts ist nicht nur an die präzise und sachgerechte Durchführung der Härteprüfung gekoppelt, sondern setzt auch ein einwandfrei funktionierendes Härteprüfgerät voraus. Alle zuvor genannten Normungswerke beschreiben jeweils im Teil 2 der Normung die Prüfung und Kalibrierung der Prüfmaschinen. Es kann heute als Standard angesehen werden, dass eine direkte Prüfung und Kalibrierung der Prüfmaschine durch ein externes und dafür autorisiertes Unternehmen jährlich oder mitunter halbjährlich erfolgt.

Darüber hinaus sind aber auch indirekte Prüfungen im Unternehmen selbst durchzuführen. In den angeführten Normen heißt es zwar „Die indirekte Prüfung muss mindestens einmal in 12 Monaten und nach jeder direkten Prüfung durchgeführt werden.“ Diese Angabe wirkt angesichts der Forderungen einer Auditierung etwas befremdlich und spiegelt die Realität in den Unternehmen auch nicht wider. Je nach Häufigkeit von Härteprüfungen werden die Prüfgeräte wöchentlich, täglich, mitunter sogar in jeder Schicht mittels kalibrierter Härteprüfplatten vermessen und bewertet.

Brinellprüfung

Entsprechend der DIN EN ISO 6506-2 muss für jede üblicherweise verwendete Prüfkraft und Kugelgröße geprüft werden. Für jede Prüfkraft müssen mindestens zwei Härtevergleichsplatten aus den Härtebereichen ausgewählt werden:

≤ 200 HBW; $300 \leq$ HBW ≤ 400 ; ≥ 500 HBW.

Es sind dann bei jeder Überprüfung fünf Härteindrücke zu vermessen. Aus den Messwerten sind dann der Mittelwert und die Wiederholpräzision (max. Härtewert – min. Härtewert) zu bestimmen. Die dabei zulässigen Grenzabweichungen sind von der Härte der Härtevergleichsplatte abhängig.

The determination of hardness as a characteristic of the state of material and heat treatment is one of the most common test methods. In addition to the traditional standardised Brinell (DIN EN ISO 6506), Vickers (DIN EN ISO 6507) and Rockwell (DIN EN 6508) methods, the hardness tests according to Leeb (DIN 50156), the hardness test with portable hardness testing devices and mechanical penetration depth measurements (DIN 50157) as well as the hardness test with portable hardness testing devices and electrical penetration depth measurements (DIN 50158) have become a daily routine in recent years.

The correct specification of a hardness value does not only depend on the precise and proper execution of the hardness test but also requires a properly functioning hardness testing device. All above mentioned standards describe in part 2 of the standard the testing and calibration of the testing devices. Today, it is fairly standard to have a direct testing and calibration of the testing device carried out by an external and authorised company once a year and sometimes every six months.

However, additional indirect tests also have to be carried out by the company itself. The standards listed above require the following: “The indirect testing has to be carried out at least once a year and after each direct test”. This seems odd in view of the requirements of an auditing and does not reflect the reality in the company. Depending on the frequency of hardness tests, the test devices are measured and evaluated on a weekly and daily basis and at times even in each shift using calibrated hardness test blocks.

Brinell test

According to DIN EN ISO 6506-2, a test must be performed for each typically used test load and sphere size. There have to be at least two hardness reference blocks selected for each test load for the following hardness ranges:

≤ 200 HBW; $300 \leq$ HBW ≤ 400 ; ≥ 500 HBW.

Five hardness marks have then to be measured for each test. The mean and the repeatability (maximum hardness – minimum hardness) are then to be calculated. The permissible tolerances depend on the hardness of the reference block.

Vickershärteprüfung

Für die Überprüfung von Vickershärteprüfgeräten ist die DIN EN ISO 6507-2 anzuwenden. Auch hier gilt, dass die Prüfmaschine für jede üblicherweise verwendete Prüfkraft geprüft werden muss. Je nach Aufgabenstellung können dabei sehr unterschiedliche Prüflasten zur Anwendung kommen. Einige Aufgabenstellungen sind nachfolgend beispielhaft aufgeführt:

- HV 0,3-Prüfung für die Entkohlungsprüfung an Schrauben,
- HV 0,5-Prüfung bei der Bestimmung der Nitrierhärte tiefe,
- HV 1-Prüfung zur Bestimmung der Einsatzhärtungstiefe,
- HV 3- oder HV 5-Prüfung zur Bestimmung der Oberflächenhärte nitrierter Bauteile,
- HV 10- oder HV 30-Prüfung bei der Bestimmung der Härte des Grundwerkstoffs,
- HV 100-Prüfung zur Erfassung möglichst großer Bereiche.

Für jede Prüfkraft sind auch bei der Vickershärteprüfung Härtevergleichsplatten aus folgenden unterschiedlichen Härtebereichen zu verwenden:

≤ 225 HV; 400 HV bis 600 HV; > 700 HV.

Wird eine Prüfmaschine nur in einer Prüflast verwendet, müssen drei Härtevergleichsplatten aus allen drei genannten Härtebereichen verwendet werden.

Das Überprüfungsverfahren sieht auch hier das Ausmessen und Auswerten von fünf Härteeindrücken vor. Die Abweichung von dem Kalibrierwert der Härtevergleichsplatte und die Wiederholpräzision werden nach der gleichen Methode bestimmt. Die zulässigen Grenzabweichungen sind sowohl von der Prüflast als auch von dem Härtebereich abhängig und in der Norm detailliert angegeben.

Rockwellprüfung

Bei der Überprüfung der Härte nach dem Rockwellverfahren soll aus Gründen der Übersicht nur das Prüfverfahren HRC beschrieben werden. Tatsächlich sind in der DIN EN ISO 6508-2 jedoch alle acht Härteskalen mit unterschiedlichen Härteniveaus beschrieben. Für jedes Härteprüfverfahren müssen Härtevergleichsplatten in den normativ festgelegten Härtebereichen verwendet werden, - für das Prüfverfahren HRC sind dies:

20 bis 30 HRC; 35 bis 55 HRC; 60 bis 70 HRC.

Die normkonforme Überprüfung beginnt bei diesem Prüfverfahren mit mindestens zwei Vorversuchen, um sicherzustellen, dass die Prüfmaschine einwandfrei arbeitet. Die Prüfmaschine muss auf 0,2 Einheiten der entsprechenden Skala genau abgelesen werden. Die Ergebnisse dieser Vorversuche werden bei der Bewertung nicht berücksichtigt. Danach werden wiederum fünf Härteeindrücke erzeugt und vermessen. Die zulässige Grenzabweichung beträgt bei der Rockwellprüfung über den gesamten Härtebereich von 20 bis 70 HRC $\pm 1,5$ HRC. An die Wiederholpräzision werden folgende Anforderungen gestellt:

Vickers hardness test

DIN EN ISO 6507-2 applies to the testing of Vickers hardness testing devices. In this case the testing device has also to be tested for each typically used test load. Depending on the task, very different test loads may be used. The following lists a few exemplary tasks:

- HV 0.3 test for the decarburization test on screws,
- HV 0.5 test for the determination of the nitrided case depth,
- HV 1 test to determine the case depth,
- HV 3 or HV 5 test to determine the surface hardness of nitrided components,
- HV 10 or HV 30 test for the determination of the hardness of the base material,
- HV 100 to cover ranges as large as possible.

For each test load, the Vickers hardness test also requires hardness reference blocks from the following different hardness ranges:

≤ 225 HV; 400 HV to 600 HV; > 700 HV.

If a testing device is used for only one test load, then three hardness reference blocks have to be used from all three mentioned hardness ranges.

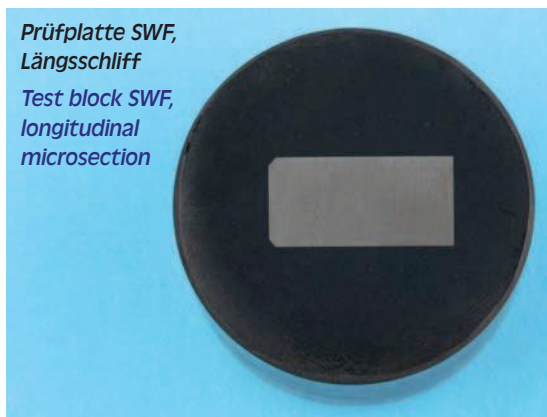
In this case, the testing method also allows the measurement and evaluation of five hardness marks. The same method is used to determine the deviation from the calibration value of the hardness reference block and the repeatability. The permissible tolerances depend both on the test load and the hardness range and are specified in detail in the standard.

Rockwell test

For reasons of clarity only the HRC testing method will be described for the Rockwell hardness testing method. However, the DIN EN ISO 6508-2 describes all eight hardness scales with different hardness levels. For each hardness test method, hardness reference blocks must be used for the standardised hardness ranges. In case of the HRC testing method, these are the following:

20 to 30 HRC; 35 to 55 HRC; 60 to 70 HRC.

In case of this test method, the standards-compliant testing begins with at least two preliminary tests to ensure that the testing device is working properly. The reading of the testing device must be accurate to 0.2 units on the corresponding scale. The results of these preliminary tests are not included in the evaluation. After that another five hardness marks are created and measured. In case of the Rockwell test, the permissible tolerance over the entire hardness range is 20 to 70 HRC ± 1.5 HRC. The following requirements apply to the repeatability:



$\leq 0,02(100-H_{\text{mittel}})$ oder 0,8 HRC-Einheiten. Es muss der jeweils größere Wert verwendet werden. Auf die Darstellung der anderen Rockwell-Härteskalen wird an dieser Stelle verzichtet und auf die Norm verwiesen.

Untersuchungsumfang

Die kurze Beschreibung der indirekten Prüfung von Härteprüfgeräten macht deutlich, dass bei normkonformer Anwendung ein Unternehmen mitunter zahlreiche Härtevergleichsplatten vorhalten und einsetzen muss. Die Verfügbarkeit und die Kosten von Härteprüfplatten sind dabei zwei wichtige Größen. Neben diesen eher wirtschaftlichen Gesichtspunkten sind aber auch die qualitativen Eigenschaften von Härteprüfplatten zu bewerten. Die Siegener Werkzeug- und Härtetechnik (SWF) hat sich als neuer Hersteller und Anbieter für HRC- und HB-Härtevergleichsplatten vorgestellt. Zur Überprüfung der Eignung wurden vergleichende Untersuchungen an HRC-Härtevergleichsplatten durchgeführt und nachfolgend beschrieben.

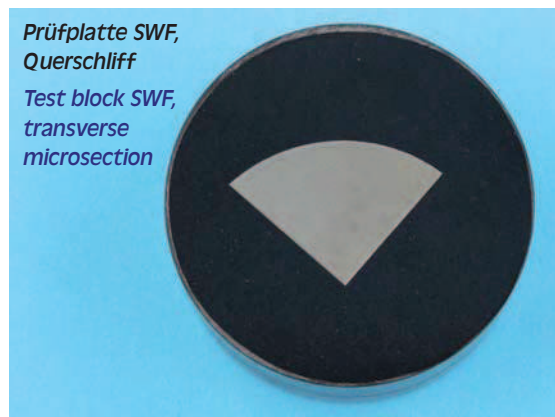
Es wurden mehrere Härtevergleichsplatten untersucht und von zwei sehr ähnlichen HRC-Prüfplatten im Härteniveau von ca. 60 HRC wurden die Ergebnisse exemplarisch beschrieben.

Folgende Untersuchungen wurden durchgeführt:

- Parallele Verwendung zur regelmäßigen Überprüfung eines HRC-Härteprüfers der SWF-Prüfplatte und einer Prüfplatte mit MPA-Dortmund-Kalibrierzeugnis über einen Zeitraum von insgesamt 12 Wochen,
- Bestimmung der chemischen Zusammensetzung,
- Bewertung des Reinheitsgrads,
- Metallographische Gefügeuntersuchung,
- Untersuchung der Oberfläche auf Bearbeitungsmerkmale,
- Bewertung der Carbidausbildung,
- Röntgenographische Restaustenitbestimmung,
- Homogenitätsbewertung mittels Härtescan nach ASTM A 534.

Zur Reinheitsgradbewertung muss einschränkend angemerkt werden, dass eine normkonforme Bewertung nach DIN 50602 mit einer Schliefffläche von 1000 mm² nicht möglich war. Die Ergebnisse sind daher nur als Vergleichswerte heranzuziehen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden tabellarisch aufgeführt, damit eine direkte Vergleichbarkeit möglich ist.



$\leq 0,02(100-H_{\text{mean}})$ or 0.8 HRC units. In each case it is the larger value that is to be used. At this point we will not present the other Rockwell hardness scales and refer to the standard.

Scope of examination

The short description of the indirect testing of hardness testing devices clearly show that the standards-compliant use sometimes requires a company to provide and use a large number of hardness reference blocks. The availability and the costs of hardness test blocks are two important factors. However, in addition to this rather economical point of view the qualitative characteristics of hardness test blocks have to be evaluated as well. The Siegener Werkzeug- und Härtetechnik (SWF) has introduced itself as a new manufacturer and provider of HRC- and HB-hardness reference blocks. In order to test their suitability, comparative tests were carried out on HRC-hardness reference blocks and these tests are described in the following.

Several hardness reference blocks have been examined and the results of two very similar HRC test blocks with a hardness level of approx. 60 HRC have been exemplarily described.

The following examinations have been carried out:

- Parallel use for the regular testing over a period of 12 weeks of a HRC-hardness testing device of the SWF test block and a test block with a MPA-Dortmund-calibration certificate,
- Determination of the chemical composition,
- Evaluation of the degree of purity,
- Metallographic structural examination,
- Examination of the surface for processing features,
- Evaluation of carbide formation,
- Roentgenographic determination of residual austenite,
- Homogeneity evaluation using a hardness scan according to ASTM A 534.

In case of the purity evaluation it has to be pointed out that a standards-compliant evaluation using a polished microsection surface of 1000 mm² according to DIN 50602 was not possible. The results are thus only to be used for comparison.

The results of the examination are shown in a table so that they can be directly compared.

Datum	Messung 1	Messung 2	Messung 3	Messung 4	Messung 5	Mittelwert	Wiederhol- präzision
Date	Probe	Probe	Probe	Probe	Probe	Mean	Repeatability
	Measurement 1	Measurement 2	Measurement 3	Measurement 4	Measurement 5		
	Specimen	Specimen	Specimen	Specimen	Specimen		
Woche/Week 1	60,2	60,4	60,3	60,3	60,2	60,3	0,2
Woche/Week 2	60,1	60,5	60,7	60,8	60,5	60,5	0,7
Woche/Week 3	60,4	60,8	60,7	60,3	60,4	60,5	0,5
Woche/Week 4	59,9	60,1	60,1	60,6	60,3	60,2	0,7
Woche/Week 5	60,5	60,5	60,5	60,7	60,6	60,6	0,2
Woche/Week 6	60,2	60,6	60,4	60,4	60,2	60,4	0,4
Woche/Week 7	60,5	60,7	60,7	60,4	60,8	60,6	0,4
Woche/Week 8	60,4	60,4	60,7	60,5	60,5	60,5	0,3
Woche/Week 9	60,4	60,5	60,2	60,4	60,4	60,4	0,3
Woche/Week 10	60,3	60,6	60,7	60,5	60,5	60,5	0,4
Woche/Week 11	60,5	60,5	60,4	60,6	60,6	60,5	0,2
Woche/Week 12	60,2	60,6	60,4	60,4	60,3	60,4	0,4

Tabelle 1: Prüfergebnisse der Härtevergleichsplatte Siegener Werkzeug- und Härtetechnik, Kalibrierwert: 60,3 HRC
Test results of the hardness reference block from Siegener Werkzeug- und Härtetechnik, calibration value: 60.3 HRC

Datum	Messung 1	Messung 2	Messung 3	Messung 4	Messung 5	Mittelwert	Wiederhol- präzision
Date	Probe	Probe	Probe	Probe	Probe	Mean	Repeatability
	Measurement 1	Measurement 2	Measurement 3	Measurement 4	Measurement 5		
	Specimen	Specimen	Specimen	Specimen	Specimen		
Woche/Week 1	59,60	59,50	59,30	59,50	59,30	59,4	0,3
Woche/Week 2	59,20	59,20	59,40	59,30	59,40	59,3	0,2
Woche/Week 3	59,40	59,20	59,30	59,20	59,40	59,3	0,2
Woche/Week 4	59,00	59,10	59,00	59,30	59,10	59,1	0,3
Woche/Week 5	59,20	59,20	59,30	59,00	59,20	59,2	0,3
Woche/Week 6	59,10	59,30	59,30	59,00	59,20	59,2	0,3
Woche/Week 7	59,10	59,10	59,10	59,10	59,20	59,1	0,1
Woche/Week 8	59,30	59,50	59,20	59,20	59,20	59,3	0,3
Woche/Week 9	59,60	59,60	59,60	59,60	59,30	59,5	0,3
Woche/Week 10	59,50	59,40	59,20	59,60	59,70	59,5	0,5
Woche/Week 11	59,60	59,40	59,70	59,20	59,60	59,5	0,5
Woche/Week 12	59,10	59,80	59,70	59,50	59,40	59,5	0,7

Tabelle 2: Prüfergebnisse der MPA-Vergleichs-Härtevergleichsplatte, Kalibrierwert: 59,18 HRC
Test results of the MPA hardness reference block, calibration value: 59.18 HRC

Prüfmerkmal Test characteristic	SWF-Prüfplatte SWF test block	MPA-Prüfplatte MPA test block
Kalibrierhärte [HRC] Calibration hardness [HRC]	60,3	59,18
% C	0,81	0,69
% Si	0,18	0,22
% Mn	1,90	2,25
% P	0,012	0,007
% S	0,008	0,008
% Cr	0,52	0,20
% Ni	0,16	0,08
% Al	0,043	0,023
Sulfidischer Reinheitsgrad Sulphidic purity	K1 = 0,6 K4 = 0,0	K1 = 1,5 K4 = 0,0
Oxidischer Reinheitsgrad Oxidic purity	K1 = 0,0 K4 = 0,0	K1 = 6,8 K4 = 0,0
Gesamt- Reinheitsgrad Total degree of purity	K1 = 0,6 K4 = 0,0	K1 = 8,3 K4 = 0,0
Gefüge Structure	Feinnadeliger Martensit + Sekundärcarbide, Bild 1 Fine acicular martensite + secondary carbides, Fig. 1	Feinnadeliger Martensit ohne Sekundärcarbide, Bild 2 Fine acicular martensite without secondary carbides, Fig. 2
Carbidverteilung Carbide distribution	Gering ausgeprägte Carbidzeitigkeit Carbide bands not very marked	Keine Sekundärcarbide vorhanden No secondary carbides existent
Restaustenitgehalt Residual austenite content	< 1 %	3,4 %
Oberfläche Surface	Ohne Bearbeitungsmerkmale, Bild 3 Without processing features, Fig. 3	Ohne Bearbeitungsmerkmale, Bild 4 Without processing features, Fig. 4
Max. Härteunterschiede gem. ASTM A534 Max. differences in hardness acc. to ASTM A534	47 HV 0,2-Einheiten, Bild 5 47 HV 0.2 units, Fig. 5	45 HV 0,2-Einheiten, Bild 6 45 HV 0.2 units, Fig. 6

Tabelle 3: Analysen und metallographische Ergebnisse der Härteprüfplatten
Analyses and metallographic results of the hardness test blocks

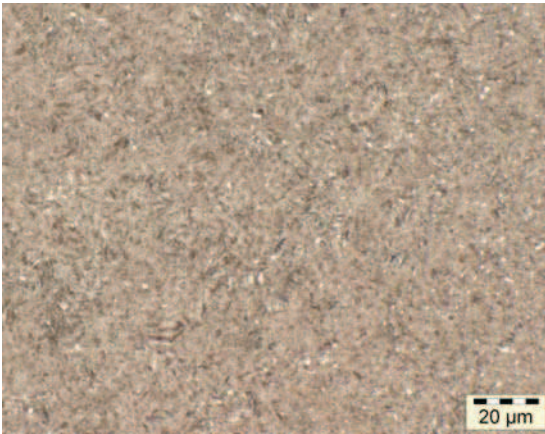


Bild 1

Feinnadeliges martensitisches Gefüge mit feinen Sekundärcarbiden

Bauteil: Härtevergleichsplatte SWF

Position: Grundwerkstoff

Ätzmittel: 3%ige Salpetersäure

Vergrößerung: 500 : 1, Datei: SWFm04b

Fig. 1

Fine acicular martensite structure with fine secondary carbides

Part: Hardness reference block SWF

Position: Base material

Corrosive: 3% nitric acid

Magnification: 500 : 1, File: SWFm04b

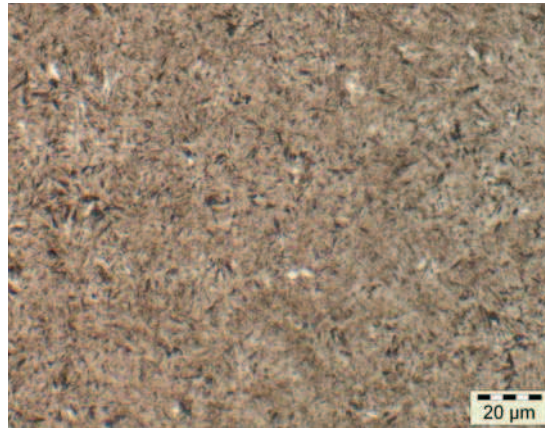


Bild 2

Feinnadeliges martensitisches Gefüge ohne Sekundärcarbide

Bauteil: Härtevergleichsplatte MPA

Position: Grundwerkstoff

Ätzmittel: 3%ige Salpetersäure

Vergrößerung: 500 : 1, Datei: MPAm02d

Fig. 2

Fine acicular martensite structure without secondary carbides

Part: Hardness reference block MPA

Position: Base material

Corrosive: 3% nitric acid

Magnification: 500 : 1, File: MPAm02d



Bild 3

Oberfläche ohne Einflüsse aus der Oberflächenbearbeitung

Bauteil: Härtevergleichsplatte SWF

Position: Prüfoberfläche

Ätzmittel: 3%ige Salpetersäure

Vergrößerung: 500 : 1, Datei: SWFm06b

Fig. 3

Surface showing no traces from the surface treatment

Part: Hardness reference block SWF

Position: Test surface

Corrosive: 3% nitric acid

Magnification: 500 : 1, File: SWFm06b

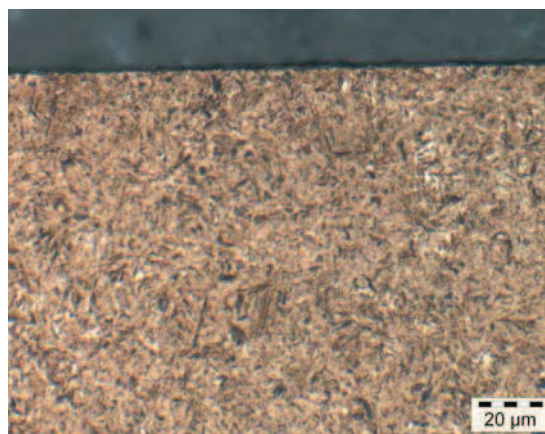


Bild 4

Oberfläche ohne Einflüsse aus der Oberflächenbearbeitung

Bauteil: Härtevergleichsplatte MPA

Position: Oberfläche

Ätzmittel: 3%ige Salpetersäure

Vergrößerung: 500 : 1, Datei: MPAm04d

Fig. 4

Surface showing no traces from the surface treatment

Part: Hardness reference block MPA

Position: Surface

Corrosive: 3% nitric acid

Magnification: 500 : 1, File: MPAm04d

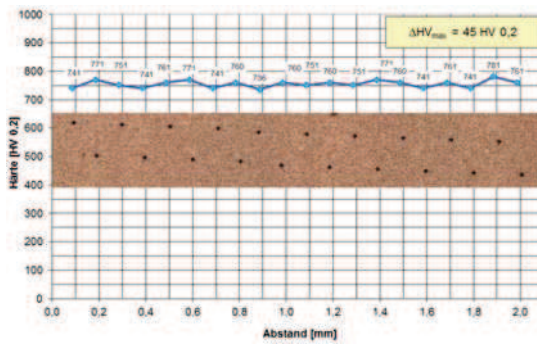


Bild 5: Homogenitätsbewertung nach ASTM A 534 der SWF-Prüfplatte

Fig. 5: Homogeneity evaluation of SWF test block according to ASTM A 534

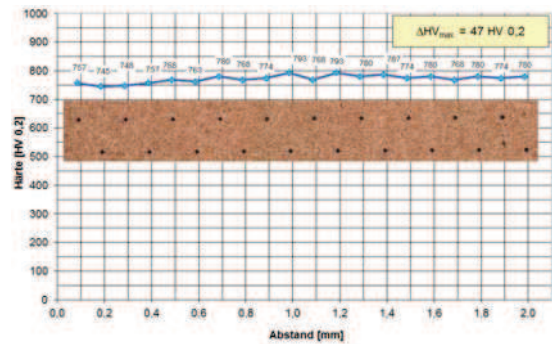


Bild 6: Homogenitätsbewertung nach ASTM A 534 der MPA-Referenz-Prüfplatte

Fig. 6: Homogeneity evaluation of MPA reference test block according to ASTM A 534

Zusammenfassung

Der Vergleich beider Härteprüfplatten ergab keine signifikanten Eigenschaftsunterschiede. Die Werkstoffzusammensetzungen unterschieden sich zwar geringfügig, weshalb sich geringe Unterschiede in der Gefügeausbildung ergaben. Bei der SWF-Prüfplatte waren durch den höheren Kohlenstoffgehalt Sekundärcarbide vorhanden. Aufgrund des geringeren Kohlenstoffgehalts bei der MPA-Prüfplatte waren hier keine Sekundärcarbide ausgeschieden. Auf die Eigenschaften hatte dies jedoch keinen Einfluss. Auf eine Bewertung der Wiederholpräzision wurde verzichtet, da sich hier die Eigenschaften des Prüfgerätes überlagern.

Summary

The comparison of both hardness reference blocks showed no significant differences in their characteristics. The material composition is slightly different, which resulted in small differences in their structure. Due to higher carbon content, the SWF test block included secondary carbides. Due to the lower carbon content of the MPA test block, there are no secondary carbides. However, this had no effect on the characteristics. We did not evaluate the repeatability as in this case the characteristics of the test device would interfere.

Literatur:

1. DIN EN ISO 6506-2:2006-03 Metallische Werkstoffe - Härteprüfung nach Brinell - Teil 2: Prüfung und Kalibrierung der Prüfmaschinen
2. DIN EN ISO 6507-2:2006-03 Metallische Werkstoffe - Härteprüfung nach Vickers - Teil 2: Prüfung und Kalibrierung der Prüfmaschinen
3. DIN EN ISO 6508-2:2006-03 Metallische Werkstoffe - Härteprüfung nach Rockwell - Teil 2: Prüfung und Kalibrierung der Prüfmaschinen (Skalen A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)
4. DIN EN ISO 18265:2004-02 Metallische Werkstoffe - Umwertung von Härtewerten
5. DIN 50156-2:2007-07 Metallische Werkstoffe - Härteprüfung nach Leeb - Teil 2: Prüfung und Kalibrierung der Härteprüfgeräte
6. DIN 50157-2:2008-04 Metallische Werkstoffe - Härteprüfung mit tragbaren Härteprüfgeräten, die mit mechanischer Eindringtiefmessung arbeiten - Teil 2: Prüfung und Kalibrierung der Härteprüfgeräte
7. DIN 50158-2:2008-07 Metallische Werkstoffe - Härteprüfung mit tragbaren Härteprüfgeräten, die mit elektrischer Eindringtiefmessung arbeiten - Teil 2: Prüfung und Kalibrierung der Härteprüfgeräte
8. ASTM A 534:2009 Standard Specification for Carburizing Steels for Anti-Friction Bearings
9. DIN 50602 Mikroskopische Prüfung von Edelstählen auf nichtmetallische Einschlüsse mit Bildreihen (zurückgezogene Norm)

Literature:

1. DIN EN ISO 6506-2:2006-03 Metallic materials - Brinell hardness test - Part 2: Verification and calibration of testing machines
2. DIN EN ISO 6507-2:2006-03 Metallic materials - Vickers hardness test - Part 2: Verification and calibration of testing machines
3. DIN EN ISO 6508-2:2006-03 Metallic materials - Rockwell hardness test - Part 2: Verification and calibration of testing machines (scales A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)
4. DIN EN ISO 18265:2004-02 Metallic materials - Conversion of hardness values
5. DIN 50156-2:2007-07 Metallic materials - Leeb hardness test - Part 2: Verification and calibration of the testing devices
6. DIN 50157-2:2008-04 Metallic materials - Hardness testing with portable measuring instruments operating with mechanical penetration depth - Part 2: Verification and calibration of the testing devices
7. DIN 50158-2:2008-07 Metallic materials - Hardness testing with portable measuring instruments operating with electrical penetration depth - Part 2: Verification and calibration of the testing devices
8. ASTM A 534:2009 Standard Specification for Carburizing Steels for Anti-Friction Bearings
9. DIN 50602 Microscopic examination of special steels using standard diagrams to assess the content of non-metallic inclusions (withdrawn standard)