

Reproduzierbarkeit der Härtetiefenbestimmung CHD – NHD

Arnold Horsch, Arnold Horsch e.K., Berghauser Straße 62, 42859 Remscheid
www.arnold-horsch.de – info@arnold-horsch.de

Die Randhärtetiefenbestimmung an oberflächengehärteten Bauteilen bietet immer wieder Diskussionsgrundlage der gefundenen Prüfergebnisse. Die grundsätzlichen Fehlerquellen und Einflüsse auf das Prüfergebnis werden dargestellt. Die in einem Ringversuch festgestellten Streuungen werden präsentiert.

1. Einleitung

Die Bestimmung der Randhärtetiefe ist für die Qualitätsbestimmung des Wärmebehandlungsergebnisses des Einsatzhärtens und Nitrierens von elementarer Bedeutung. Bei kaum einer anderen Prüfung eines Wärmebehandlungsergebnisses gibt es so viele Unstimmigkeiten und Diskussionen über die Prüfergebnisse, wie bei der Randhärtetiefenbestimmung.

Die Einflußgrößen auf das Prüfergebnis werden oftmals bei der Betrachtung des Prüfergebnisses, nicht berücksichtigt. Mittels eines Ringversuches sollten mögliche Streuungen an realen Proben ermittelt werden. Die Richtigkeit der Prüfergebnisse der Teilnehmer wurde nicht betrachtet. Ziel des Ringversuches war es, nur Streuungen darzustellen, wie sie bei täglichen Messungen in verschiedenen Laboren auftreten. Eine detaillierte Betrachtung der Einflußgrößen auf das Prüfergebnis wurde ebenfalls durchgeführt.

2. Normung

Zur Bestimmung der Randhärtetiefe sind folgende Normen bei der Prüfung zu beachten:

- DIN 50150 T. 3 [1] Härtetiefe wärmebehandelter Teile;
Ermittlung der Nitrierhärtetiefe
- DIN EN ISO 2639 [2] Stahl-Bestimmung der Einsatzhärtungstiefe
- DIN EN ISO 4885 [3] Eisenwerkstoffe – Wärmebehandlung - Begriffe
- DIN EN ISO 6507 T. 1-3 [4] Metallische Werkstoffe-Härteprüfung nach
Vickers
- DIN EN ISO 15787 [5] Technische Produktdokumentation –
Wärmebehandelte Teile aus Eisenwerkstoffen -
Darstellung und Angaben

2.1. DIN 50150 Teil 3 – Ermittlung der Nitrier-Härtetiefe – NHD [1]

Die DIN 50190 Teil 3 regelt die Bestimmung der Nitrier-Härtetiefe, sie wird wie folgt bestimmt:

- Nur nationale, keine internationale / europaweite Normung vorhanden
- Normprüflast HV 0,5, andere Prüflasten nach Vereinbarung zulässig
- GH (Grenzhärte ermittelt aus der Kernhärte = Ist Kernhärte+50 HV, (jeweils auf 10 HV gerundet)
- Kernhärte ermittelt in etwa 3x NHD
- Ein Härteverlauf, in Schiedsfällen 2 Härteverläufe
- Wird die Nitrier-Härtetiefe an mehreren Stellen ermittelt, so braucht, wenn der Unterschied der einzelnen Nitrier-Härtetiefen 10% des größten Wertes nicht überschreitet, nur der arithmetische Mittelwert angegeben werden.

2.2. DIN EN ISO 2639 – Stahl-Bestimmung der Einsatzhärtungstiefe – CHD [2]

Die DIN EN ISO 2639 regelt die Bestimmung der Einsatzhärtungs-Härtetiefe, sie wird wie folgt bestimmt:

- Internationale Normung
- Normprüflast Prüflast HV 1, andere Prüflasten nach Vereinbarung zulässig, im Schiedsfall das genormte Verfahren
- Grenzhärte 550 HV1, wenn in 3x CHD die Kernhärte des Fertigteils unter 450 HV1 liegt, liegt sie höher, kann die Grenzhärte in Schritten von 25HV angehoben werden, ansonsten ist eine Vereinbarung zu treffen.
- Mittelwert aus 2 Härteverläufen, zulässige Abweichung < 0,1mm, daraus der Mittelwert
- CHD geprüft nach dem Härten vor einem evtl. Anlassen.
Hier ist die DIN EN ISO 2639 eindeutig darin, an welcher Stelle der Wärmebehandlung die CHD geprüft werden muß. [2] [3]

2.3. DIN EN ISO 6507 Teil 2 [4]

In diesem Teil der Norm wird die zulässige Kalibrierabweichung der Härteprüfmaschine festgelegt, diese beträgt entsprechend der Prüflast:

Verfahren	Prüflast	Zulässige Grenzabweichung	Wiederholgenauigkeit
für die Nitrier-Härtetiefe	HV 0,5	200-300 HV = ± 5% vom Härtewert 400-500 HV = ± 6% vom Härtewert Ist bei 380 HV = ± 19 HV	24 HV 32-40 HV 31 HV
für die Einsatzhärtungs-Härtetiefe	HV 1	200-400 HV = ± 4% vom Härtewert 400-700 HV = ± 5% vom Härtewert 800-1000 HV = ± 6% vom Härtewert Ist bei 550 HV = ± 27,5HV	44 HV
Prüfung auf einer Härtevergleichsplatte nach Teil 3 der Norm, nicht am Bauteil.			

3. Einflüsse auf das Prüfergebnis

Es gibt eine Vielzahl von Einflussgrößen, die das Prüfergebnis der Randhärteiefenmessung beeinflussen können. Dies sind im wesentlichen:

- zulässige Kalibrierabweichung der Härteprüfmaschine
- Probleme bei der Beleuchtung der Härteprüfmaschine
- Abweichungen aus dem Verfahrenweg des Kreuztisches, zulässiger Fehler bei der Härteverlaufsprüfung $\pm 0,025$ mm, DIN EN ISO 2639
- Falsche Startpunktsetzung des Härteverlaufes, unscharfe Kante im Mikroskopbild
- Schwingungen während der Messung des Härteverlaufes
- Streuungen aus der Wärmebehandlung im Bauteil oder in der Wärmebehandlungscharge
- Streuungen innerhalb des Bauteiles, aus der Bearbeitung und den Werkstoffeinflüssen
- falsche metallographische Probenvorbereitung

Oftmals ist eine Kombination verschiedener Fehler vorhanden.

3.1. Kalibrierabweichung der Härteprüfmaschine

Wird die nach DIN EN ISO 6507 T.2 zulässige Kalibrierabweichung der Härteprüfmaschine in die Härteverlaufdiagramme der geprüften Proben eingetragen, ergeben sich zulässige Abweichungen aus der Härteprüfmaschine auf die NHD – CHD Mittelwertskurve von:

- NHD 0,23 mm = Streuung 0,07 mm = 30 % der NHD, Bild 1
- CHD 0,79 mm = Streuung 0,19 mm = 24 % der CHD, Bild 2

nur aus den zulässigen Kalibrierabweichungen der Härteprüfmaschine.

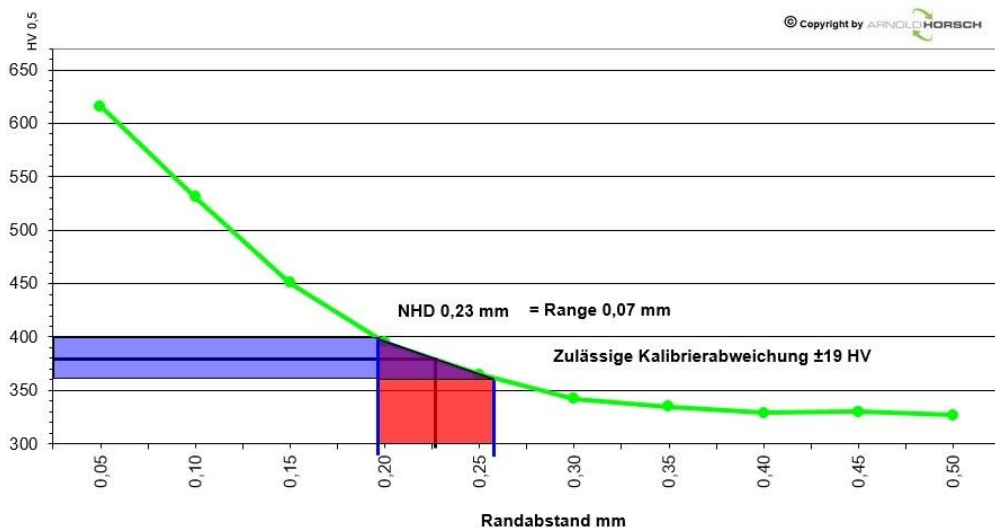


Bild 1

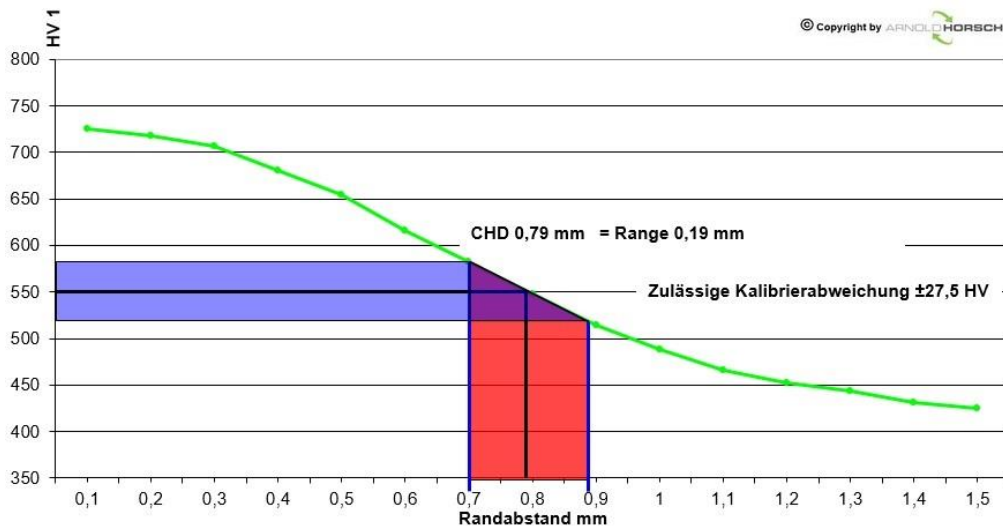


Bild 2

3.2. Beleuchtung der Härteprüfmaschine

Ist die Beleuchtung an einer Härteprüfmaschine nicht korrekt eingestellt, z.B. nach einem Glühlampenwechsel, kann es bei mit Bildanalysesystemen arbeitenden Härteprüfmaschinen zu deutlichen Abweichungen im Prüfergebnis kommen.

Im Bild 3 ist die automatische Auswertung an einer Härtevergleichsplatte wiedergegeben. Dieselben Härteeindrücke wurden einmal mit optimal zentrierter Beleuchtung und einmal mit dezentrierter Beleuchtung gemessen. Gut erkennbar bei der roten Linie die teilweise um 20HV abweichenden Härtewerte, von den optimal ausgeleuchteten Härtewerten der blauen Linie.

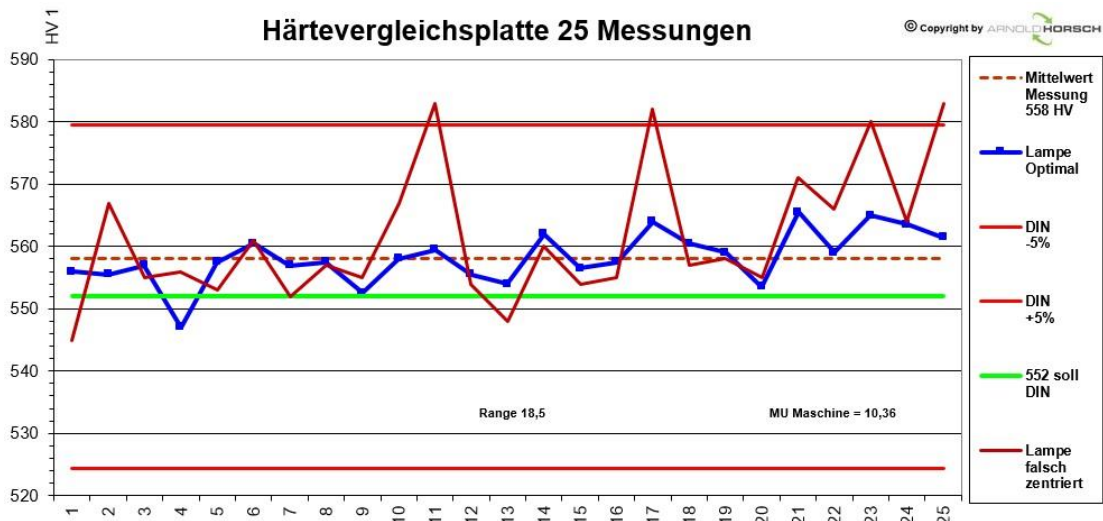


Bild 3

Bei optimaler Beleuchtung - wie in diesem Beispiel - kann eine Härteprüfmaschine mit sehr kleinen Streuungen und Abweichungen vom Sollwert prüfen, wenn Last usw. stimmen.

3.3. Werkstoffeinfluss

Sehr oft wird unterschätzt, welchen Einfluss Ungängen im Werkstoff auf das Prüfergebnis haben können. Dabei ist eine starke Zeiligkeit - wie in Bild 4 – wiedergegeben, ein Problem. Je nachdem, an welcher Stelle in einem bearbeiteten Bauteil hier die Randhärte tiefe bestimmt wird, kommt es aufgrund der Konzentrationsunterschiede in den Legierungselementen zu mehr oder weniger starken Streuungen im Ergebnis der Randhärte tiefenmessung, Werkstoffe sind nicht perfekt.

Gerade beim Nitrieren können sich solche Konzentrationsunterschiede im Ergebnis deutlich bemerkbar machen, da für die Härte steigerung primär die Legierungselemente verantwortlich sind.



Bild 4 [6]

Beispiel Seigerungsbandbildung,
1.7225 +AC, 42CRMo4 +AC, Längsschliff Rand-Kern-Rand

4. Ringversuch

4.1. Teilnehmer

Drei Labore nahmen am Ringversuch teil. Alle Labore prüfen in der täglichen Praxis Härteverläufe zur Randhärte tiefenbestimmung.

4.2. Proben

Es wurden zwei Probenwerkstoffe für die Erstellung der Härteverläufe eingesetzt.

Probe	Werkstoff	Wärmebehandlung	Probenabmessung	Oberflächenhärte
NHD	1.7225+ QT 42CrMo4 + QT	gasnitriert	Rund Ø 70mm am aussen Ø geschliffen  © Copyright by ARNOOLD HORSCH Bild 5	615-668 HV 10
CHD	1.7131 + AC 16MnCr5 + AC	Einsatzgehärtet auf 0,7 - 0,9 mm	Flach 40x15x1000 mm geschliffen (Präziflach)  © Copyright by ARNOOLD HORSCH Bild 6	58-60 HRC

4.3. Probenvorbereitung

Alle Proben wurden wie folgt vorbereitet:




- Trennen mit einer Bornitrid Trennscheibe auf einer Niedertouren Diamantsäge
- Warmeingebettet bei 180°C, in Epoxydharz mit Mineralverstärkung
- Schleifen auf SiC Papier 120-1200 Korn
- Polieren mit Diamantsuspension 6µm auf hartem Seidentuch, 3µm auf NAP Tuch
- Feinpolieren mit, basischer Oxid-Polier-Suspension(pH~9,8, SiO₂) 0,05µm, auf Chem Tuch

Die Probenvorbereitung erfolgte zentral durch den Verfasser und nicht bei den Laboren, die die Randhärteiefenmessung durchgeführt haben.

4.4. Durchführung der Messungen

Drei vollautomatische Härteprüfmaschinen in drei verschiedenen Laboratorien führten auf jeweils einer Probe - ohne neue Präparation - eine Messung von jeweils 5 Härteverläufen durch. Alle Messungen wurden also mit der gleichen Probenpräparation durchgeführt.

Alle Labore haben die Messungen an Maschinen, die im täglichen Einsatz sind, durchgeführt. Für die Richtigkeit der Messung waren die Labore selbst zuständig. Die Proben wurden zweimal zugesandt, um die Messungen zu verschiedenen Zeitpunkten wiederholt durchzuführen.

Zum Einsatz gekommene Härteprüfmaschinen		
		
Bild 7	Bild 8	Bild 9
DURASCAN 70 Emcotest	KB 30 KB Prüftechnik	FM300+PRECIDUR FUTURE TECH

4.5. Prüfergebnisse

4.5.1. Nitrierte Probe

An der nitrierten Probe wurde den Teilnehmern die Kernhärte mit 330HV vorgegeben. An beiden Teilen wurden im Schliff Härteverlaufmessungen an verschiedenen Positionen durchgeführt. Die Lage konnten die Teilnehmer selbst bestimmen.

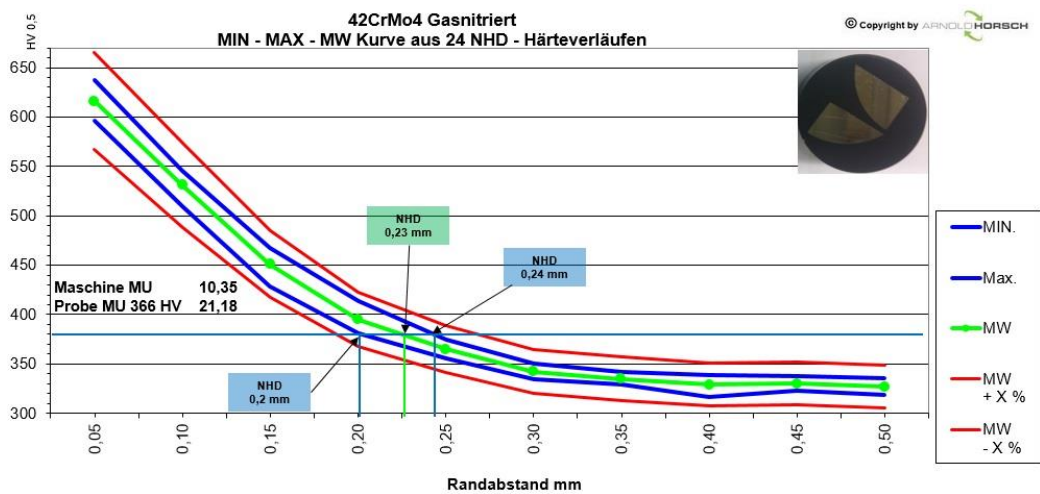


Bild 10

- Grüne Kurve Mittelwert aller Randhärte-tiefenbestimmungen
- Blaue Kurven Streuungen aus allen Messungen
- Rote Kurve zulässige Kalibrierab-weichung der Härteprüfmaschinen
- NHD = 0,23mm, Streuung 0,04mm = 17%

4.5.2. Einsatzgehärtete Probe

An der einsatzgehärteten Probe konnten die Teilnehmer die Messpunkte, an denen sie die Härteverlaufsmessungen durchführten, auf der Längsseite selbst bestimmen.

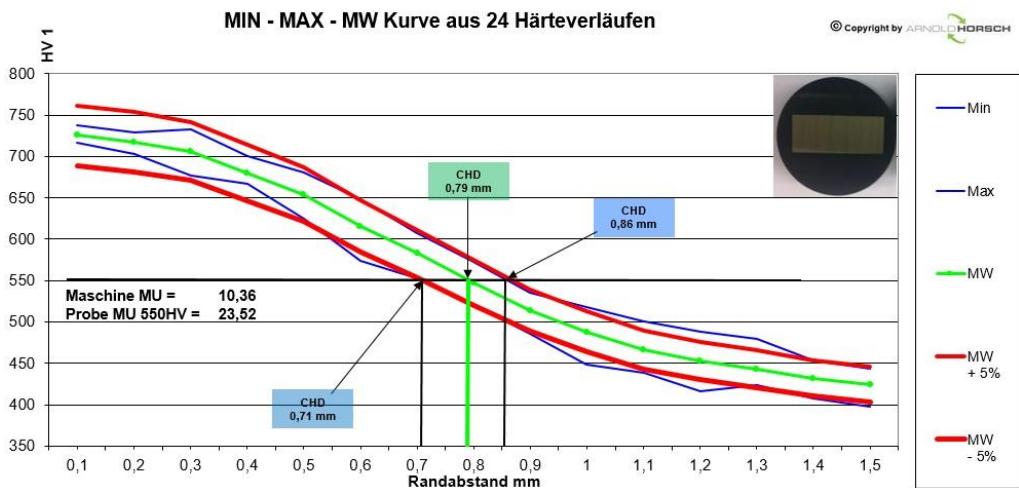


Bild 11

- Grüne Kurve Mittelwert aller Randhärte-tiefenbestimmungen
- Blaue Kurven Streuungen aus allen Messungen
- Rote Kurve zulässige Kalibrierab-weichung der Härteprüfmaschinen
- CHD = 0,79mm, Streuung 0,15mm = 19%

5. Auswertung

5.1. Einflüsse auf das Prüfergebnis

Wie in Kap.3 gezeigt, können die Einflüsse auf das Prüfergebnis der Randhärteiefenbestimmung aus den zulässigen Abweichungen der Prüfsysteme erheblich sein. Die zulässigen Summenfehler an den geprüften Proben betragen:

- NHD Messung
Hier schwankt der zulässige Fehler abhängig von der Kernhärte. Er kann an der geprüften Probe 0,07 mm betragen zuzüglich $\pm 0,025$ mm aus der zulässigen Abweichung des Kreuztisches (in der DIN 50190 T.3 nicht genormt). Zulässiger Gesamtfehler aus dem Prüfsystem 0,12 mm, bei einer NHD von 0,23 mm $\approx 50\%$.
- CHD Messung
Aus der Grenzabweichung der Härteprüfmaschine, im gezeigten Beispiel 0,19 mm zuzüglich $\pm 0,025$ mm aus der zulässigen Abweichung des Kreuztisches. Zulässiger Gesamtfehler aus dem Prüfsystem 0,24 mm, bei einer CHD von 0,79 mm $\approx 30\%$.

5.2. Gemessene Proben

Die im Ringversuch geprüften Proben liegen mit Ihren Ergebnissen besser als der zulässige Fehler der Prüfmaschinen. Jedoch zeigt sich, dass die Spannweite aller Labore zusammen doch erheblich sein kann.

Verfahren	Mittelwert	Geprüfte Spannweite		Bild
NHD	0,23 mm	0,04mm	17%	10
CHD	0,79 mm	0,15 mm	19%	11

6. Zusammenfassung

Die Streuung der Randhärteiefenmessung verschiedener Labore kann erheblich sein. Der Fehler betrug \pm ca.10% des Prüfergebnisses. Ursachen können die Kalibrierabweichung der Härteprüfmaschine, der Einfluss des Probenmaterials sowie der Probenpräparation sein u.v.m.

Anhand der Prüfergebnisse wurde gut dargestellt, dass viele Diskussionen über die Prüfergebnisse wahrscheinlich nichts mit dem Ergebnis der Wärmebehandlung zu tun haben, sondern oftmals Diskussionen über die Streuung der Prüfgeräte und Probenmaterialien sind.

Im Streitfall ist eine genaue Betrachtung des Prüfsystems vorzunehmen. Eine Schiedsmessung in einem anderen Labor ist hier nicht immer die richtige Lösung.

7. Ausblick

Im nächsten Schritt wird die Anzahl der Labore und die Anzahl der Proben mit verschiedenen Randhärteiefen für einen erweiterten Ringversuch erhöht.

Zusätzlich wird der Einfluss der Probenpräparation durch die Prüflabore einbezogen. Die Prüflabore werden die Proben selbst präparieren und anschließend auswerten.

Literatur

- [1] DIN 50150 Teil 3
- [2] DIN EN ISO 2639
- [3] DIN EN ISO 4885
- [4] DIN EN ISO 6507 Teil 1-3
- [5] DIN EN ISO 15787
- [6] <http://metallograph.de/>