

3/2001

56. Band

www.hanser.de/htm

HTM

HÄRTEREI-TECHNISCHE MITTEILUNGEN

SONDER
DRUCK

J. Volkmuth, F. Hengerer und J. Wüning

Erfahrungen mit
Einzel-Gasabschreckung von Ringen
aus durchhärtendem Wälzlagerstahl

Alle Rechte, auch die
des Nachdrucks, der
photomechanischen
Wiedergabe
dieses Sonderdrucks
und der Übersetzung,
behält sich
der Verlag
vor.

Carl Hanser Verlag
München

I. Volkmuth, F. Hengerer und I. Wünnig

Erfahrungen mit Einzel-Gasabschreckung von Ringen aus durchhärtendem Wälzlagerstahl

Die Herstellkosten von Ringen aus durchhärtendem Wälzlagerstahl hängen wesentlich von den Maß- und Formänderungen nach dem Härten ab, da diese die Schleifzugaben bestimmen. Verzugempfindliche Ringe werden deshalb - sofern dies wirtschaftlich sinnvoll ist - in so genannten Fixturen in Öl abgeschreckt. Dabei werden vor allem die Formänderungen der Ringe durch Anwendung äußerer Kräfte wieder reduziert bzw. vermieden. Das ist eine relativ aufwendige Methode, da praktisch für jede Ringtype spezielle Fixturwerkzeuge benötigt werden.

Andererseits ist bei der Gasabschreckung in einem Chargenstapel die erforderliche Abschreckgeschwindigkeit nur mit Gasen wie Wasserstoff oder Helium unter Anwendung von hohem Druck zu erreichen. Außerdem kann bei dieser Methode eine gleichmäßige Abkühlung, z. B. über den Ringumfang und von Ring zu Ring, nicht gewährleistet werden.

Eine Lösung bietet die Einzelabschreckung von Ringen in einem Gasdüsenfeld an. Dabei wird der hohe Wärmeübergang der Prallströmung ausgenutzt, der bei angepasster Form des Düsenfeldes über die gesamte Oberfläche der Ringe sehr gleichmäßig wirkt. Über erste Erfahrungen mit dieser Einzel-Gasabschreckung von Ringen aus durchhärtendem Wälzlagerstahl wird berichtet.

The manufacturing costs of rings made of through-hardening bearing steel strongly depend on the distortion after hardening, as they determine the grinding costs. For rings sensitive to distortion the application of so-called fixtures in oil is commonly used, as long as it is reasonable from an economical point of view. With this method especially the dimensional variations of the rings are suppressed by using external clamping forces. This method is relatively expensive, as special fixturing tools are necessary for nearly every ring type.

On the other hand for batch gas quenching the required cooling rate can only be achieved with gases like hydrogen or helium and high gas pressures. Next to that a uniform cooling rate within one ring and from ring to ring cannot be guaranteed.

One solution is offered by the application of single-piece gas quenching in a nozzle field. There the high thermal energy transfer of all impinging flow is utilized, which is very uniform along the circumference of the ring as long as the shape of the nozzle field is adjusted properly. This publication reports on the first experiences with single-piece station gas quenching of rings made of through-hardening bearing steel.

1 Einleitung

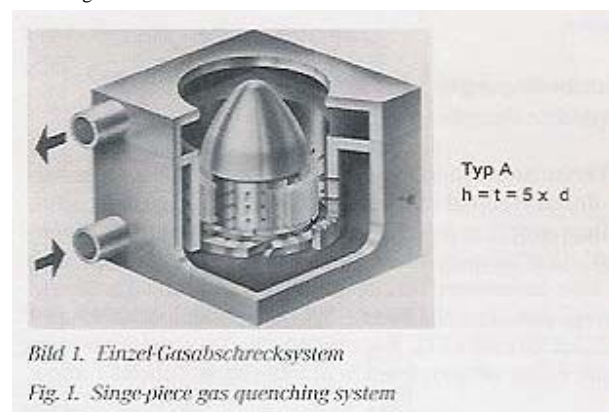
Die Herstellkosten von Wälzlageringen hängen wesentlich vom Verzug nach dem Härten ab, da die Schleifzugaben den zu erwartenden Maß- und Formänderungen angepasst werden müssen und Schleifen zu den teuersten Fertigungsoperationen gehört. Verzugempfindliche Ringe werden deshalb üblicherweise in so genannten Fixturen in Öl gehärtet, bei denen

zumindest die Formänderungen der Ringe durch Anwendung äußerer Kräfte reduziert werden. Dies ist eine relativ aufwendige Methode, weil praktisch für jede Ringtype spezielle Fixturwerkzeuge benötigt werden.

Bei der Gasabschreckung im Chargenstapel könnte die erforderliche Abschreckgeschwindigkeit von etwa 50 K/s nur mit Gasen wie Wasserstoff oder Helium und mit hohem Überdruck erreicht werden [1]. Außerdem kann bei dieser Methode eine gleichmäßige Abkühlung, z. B. über den Ringumfang und von Ring zu Ring, nicht gewährleistet werden. Eine Lösung dieser Probleme bietet die Einzelabschreckung von Ringen in einem Gasdüsenfeld, wie sie erstmals 1993 vorgestellt wurde [2]. Dabei wird der hohe Wärmeübergang der Prallströmung ausgenutzt, der bei angepasster Form des Düsenfeldes über die gesamte Oberfläche der Ringe sehr gleichmäßig wirkt. Über erste Erfahrungen mit der Einzel-Gasabschreckung von Wälzlageringen wird nachfolgend berichtet.

2 Prinzip der Einzelstationen-Gasabschreckung

Es wurde schon beschrieben, dass geringere Formänderungen und gleichmäßigere Maßänderungen an Bauteilen dann zu erzielen sind, wenn der Wärmeübergang vom Bauteil zum Abschreckmittel gleichmäßiger gestaltet wird [3, 4]. So können unsymmetrische Abkühlspannungen reduziert werden. Bei der herkömmlichen Chargenabkühlung ist dies schwierig zu



erreichen, was den Ansatz nahe legte, von dieser dreidimensionalen Art hin zur zwei- bzw. sogar eindimensionalen Abschreckung zu gehen. Genau das wurde in Abschreckformen mit Gasdüsen realisiert, wie sie in [2] beschrieben wurden. In Bild 1 wird eine solche Form zum Abschrecken von Ringen aus durchhärtendem Wälzlagerstahl gezeigt. Der Ring wird dabei beim Abschrecken von innen und außen mit Gasprallstrahlen aus Düsenfeldern beaufschlagt, die einen definierten Wärmeübergang bewirken. Die Gleichmäßigkeit der Abschreckung soll durch eine Rotation des Ringes verbessert werden, wofür die Gasströmung ausgenutzt werden kann. Als einfachstes und preiswertestes Abschreckmittel kann Luft verwendet



Bild 2. Verwendete Ringtype, Abmessungen, Messstelle
 Fig. 2. Applied ring type, dimensions, measuring location

werden, sofern es die Anforderungen an die zu härtenden Bauteile (z. B. Freiheit von dünnen Oxidationsschichten, Abschreckgeschwindigkeit) zulassen. Andere Gase, wie z. B. Stickstoff (mit oder ohne Zusatz von Wasserstoff), können im Kreislauf über einen Kühler betrieben werden. Die Einzelabschreckstationen können für eine oder auch für mehrere Ringtypen verwendet werden, sofern die Abmessungsunterschiede (Ringdurchmesser und -breite) sich in engen Grenzen bewegen. Je nach erforderlicher Abschreckleistung können in Abhängigkeit vom notwendigen Wärmeübergangskoeffizienten (Bereich von ca. 400 bis 4000 W/m² K je nach Düsenfeld, Abschreckmittel und Druck) unterschiedliche Düsenysteme Anwendung finden. Eine geeignete Auswahl ermöglicht somit auch die Abschreckung von Bauteilen, die sonst in Salz oder Öl abgeschreckt wurden. Dies war Grund genug, die Einzelstation-Gasabschreckung für Wälzlagerringe aus 100Cr6 auszuprobieren.

3 Versuchsbedingungen
 3.1 Verwendete Bauteile

Für die Versuche wurden Zylinderrollenlager-Außenringe verwendet, deren Hauptabmessungen in Bild 2 dargestellt sind. Diese Ringe wurden gewählt, da sie einen hohen "Schlankheitsgrad" (Verhältnis Außendurchmesser: Wanddicke) aufweisen, also besonders verzugempfindlich sind. Als Werkstoff diente der durchhärtende Wälzlagerstahl 100Cr6 (B 1 nach DIN EN ISO 683-17). Die chemische Zusammensetzung der für alle Ringe verwendeten Schmelze ist in Tabelle 1 angegeben.

	Massen-%							
	C	Si	Mn	p	S	Cr	Mo	Al
Ist.	1,01	0,27	0,32	0,011	0,020	1,39	0,05	0,045
Soll: DIN EN ISO 683-17	0,93-1,05	0,15-0,35	0,25-0,45	≤ 0,025	≤ 0,030	1,35-1,60	≤ 0,10	≤ 0,050

Tabelle 1 . Chemische Zusammensetzung des verwendeten Werkstoffs 100Cr6
 Table 1. Chemical composition of the used material 100Cr6

Alle Ringe wurden auf Mehrspindel-Drehautomaten unter Standardbedingungen gedreht, wobei als Vormaterial gezogene, gerichtete Rohre eingesetzt wurden. Von solchen Rohren ist bekannt [5], dass sie mit ungleichmäßigen Eigenspannungen in Umfangs- und Längsrichtung behaftet sein können, die sich beim Härten nachteilig auf die Ovalität bzw. die Unrundheit der Ringe auswirken können.

3.2 Messungen

An den verwendeten Ringen wurden mittels Universal-Durchmessermessgerät ~ die Ovalität (als Unterschied zwischen maximalem und minimalem Durchmesser) ~ der mittlere Durchmesser (als arithmetisches Mittel aus maximalem und minimalem Durchmesser)

und auf einem Rundheits- und Welligkeits-Messgerät (Typ SKF MWA 160 A)

~ die Unrundheit (als Radiusunterschied zwischen kleinstmöglichem außen beschriebenen und größtmöglichem innen beschriebenen Kreis) nach dem Least-Square-Circle-Verfahren bestimmt.

Die Messstelle war in jedem Fall die Mitte der Ringbreite (Bild 2). Für die Unrundheitsmessung wurden vor Beginn der Messungen alle Ringe mit einem Referenzpunkt gekennzeichnet, auf den sich die Messungen vor und nach dem Härten bezogen. Auf diese Art und Weise konnten Veränderungen der Form der Ringe (z. B. Richtungsänderung der maximalen Ovalität) erkannt werden.

Zudem wurden alle Ringe mit einer Ident-Nr. versehen. Die Messungen erfolgten sowohl an den gedrehten als auch an den gehärteten Ringen.

3.3 Wärmebehandlungsbedingungen
 3.3.1 Standard-Wärmebehandlung

Die dafür vorgesehenen Ringe wurden einlagig in 5 Reihen mit je 5 Ringen auf einer Rollenherdanlage gehärtet. Nach dem Austenitisieren bei 855 °C wurden die mittels einer Senkbühne in Öl (100 °C) mit einer Verweildauer von ca. 6 Minuten abgeschreckt und nach dem Waschen 4 h bei 220 °C angelassen, wie für Zylinderrollenlager üblich, die aus Gründen der Maßstabilität Restaustenitgehalte <=3% aufweisen müssen.

3.3.2 Anlage für Gasabschrecken

Die hierbei verwendeten Ringe wurden in einem Rollenherdofen (Typ Rollmod) austenitisiert, wobei die erste der vier Heizzonen auf 880 °C, die restlichen drei auf 860 °C eingestellt waren. Die Verweildauer in der Anlage lag bei 20 min, was ei-

ner Austenitisierdauer von etwa 12 min entspricht. Die Ringe wurden einzeln in Mitte des Rollenherdes aufgelegt, da nur eine Gasabschreckstation zur Verfügung stand.

Am Anlagene wurden die Ringe manuell mittels Zange vorsichtig in eine Gasabschreckstation (Typ Gas-o-Form) gesetzt und sofort die Gaszufuhr eingeschaltet. Der Querschnitt der Gasabschreckstation wird in Bild 1 gezeigt, wo auch zu ersehen ist, dass die Abkühlung der Ringe sowohl von innen als auch von außen erfolgte. Der Düsendurchmesser lag bei 1 mm, die Teilung bei 5 mm ($t = h = 5 \times d$). Als Abschreckmittel wurde ein Gasgemisch, bestehend aus 95% N₂ + 5% H₂, verwendet, das mit einem Druck von 1,12 bar in die Abschreckstation strömte. Der Druck wurde mittels Manometer in der Gaszuführung direkt vor der Station gemessen. Die Verweildauer wurde

mit 20 s so gewählt, dass die Ringe danach eine Temperatur von 190 bis 205 °C aufwiesen (also knapp unterhalb Ms- Temperatur). Damit sollte eine Warmbadabkühlung simuliert werden. Die weitere Abkühlung erfolgte an ruhender Luft. Beim Abschrecken drehte sich der Ring mit einer Drehzahl von ca. 18 min⁻¹ also während der gesamten Abschreckdauer im Düsensystem ungefähr sechsmal.

Das Anlassen (4 h 220 °C) wurde später in einem Kammerofen vorgenommen.

4 Ergebnisse

4.1 Bauteileigenschaften

Die Ringe wiesen vordem Härten ein GKZ-Gefüge auf. Die Härte lag bei 319 bis 324 HB. Die Anforderungen bezüglich Härte, Gefügeausbildung und Restaustenitgehalt entsprachen nach dem Härten den internen Anforderungen, sowohl für die Standard- als auch für die Gasabschreckbehandlung (s. Tabelle 2).

	Standard-Härten	Härten mit Gasabschrecken	Interne Anforderungen
Härte	6H9-705 HV 30	692- 707 HV 30	655-745 HV 30
Gefüge	Angelassenes, feines Martensitgefüge mit fein verteilten Carbiden		
Rest-austenit-gehalt	1 % (12-15% nach dem Abschrecken)		<=3%

Tabelle 2. Eigenschaften der Ringe nach dem Härten (Jeweils drei Ringe untersucht)

Table 2. Properties of the rings after hardening (three ring.5 tested each)

4.2 Messergebnisse

Ovalität

Einen Vergleich der Ovalitätswerte der Ringe vor und nach dem Härten zeigt Bild 3. Daraus wird deutlich, dass bei der Standard-Wärmebehandlung die Ovalitätswerte erwartungsgemäß anstiegen, dagegen bei der Gasabschreckbehandlung nicht.

Unrundheit

Der gleiche Trend bestätigte sich bei der Unrundheit der Ringe (Bild 4). Hier änderte sich die Unrundheit der Ringe beim Härten in der Gasabschreckstation praktisch nicht. Wie in Bild 5 dargestellt, besteht eine relativ gute Korrelation zwischen der

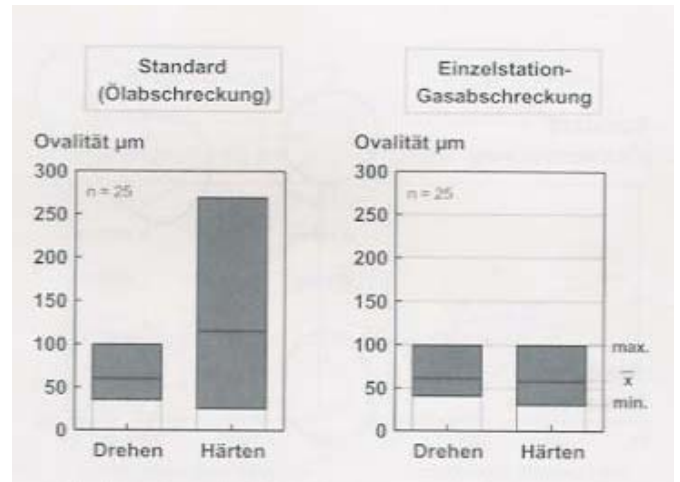


Bild 3. Vergleich der Ovalitätswerte

Fig. 3. Comparison of the ovality data

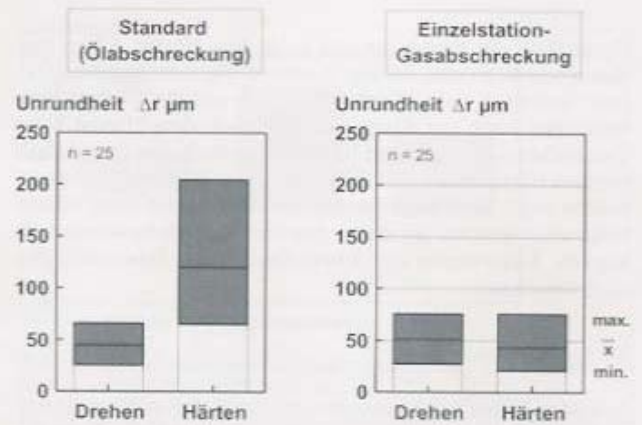


Bild 4. Vergleich der Unrundheitswerte

Fig. 4. Comparison of the out-of-roundness data

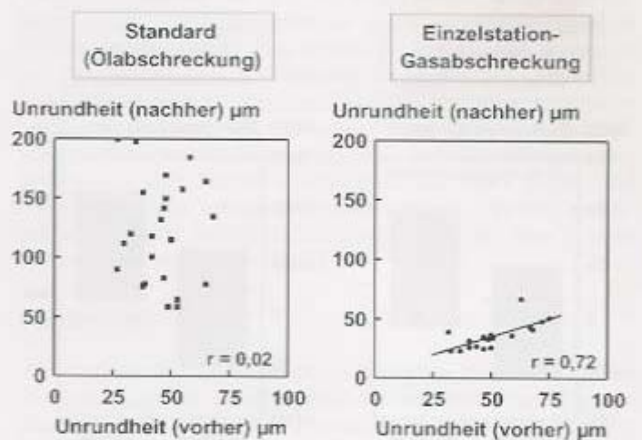


Bild 5. Vergleich der Korrelation der Unrundheitswerte

Fig. 5. Comparison of the correlation of the out-of-roundness data

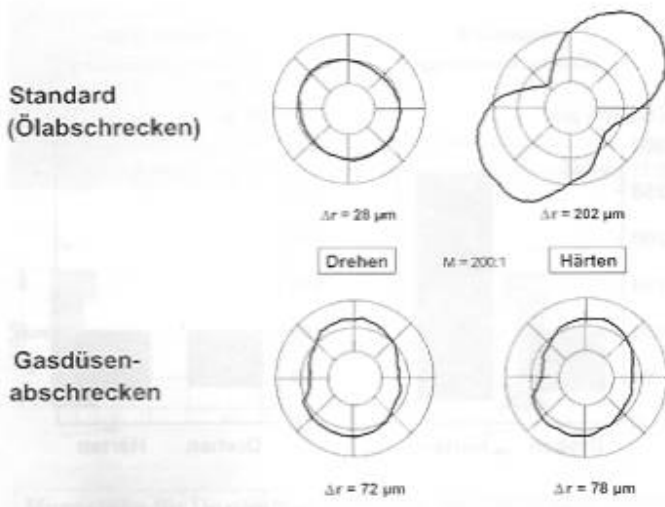


Bild 6. Vergleich von Ringformen vor und nach dem Härten (jeweils schlechtesten Fall)

Fig. 6. Comparison of ring shapes before and after hardening (worst case each)

Unrundheit der Ringe vor und nach dem Härten, wenn gasabgeschreckt wurde. Bei der Standard-Wärmebehandlung besteht praktisch keine Korrelation. Wie gut die Übereinstimmung der Form der Ringe vor und nach dem Härten beim Gasabschrecken war, wird in Bild 6 deutlich. Die Unrundheit vor dem Härten war ähnlich der nach dem Härten. Des Öfteren konnte sogar eine Reduzierung der Unrundheit beim Härten festgestellt werden. Bei dieser Art von Darstellung werden die starken Änderungen der Unrundheit beim Standardhärten noch deutlicher.

Mittlerer Durchmesser

In beiden Fällen wuchs erwartungsgemäß der mittlere Durchmesser der Ringe beim Härten (Bild 7). Die Streuung desselben wurde maßgeblich bedingt durch die Streuung der Ringdurchmesser nach dem Drehen. Unter der Voraussetzung, dass sowohl beim Standardhärten als auch beim Härten mit Gasabschreckstation ein ähnlicher Gehalt an gelöstem Kohlenstoff im Austenit erreicht wurde, ist das Ergebnis nicht besonders bemerkenswert.

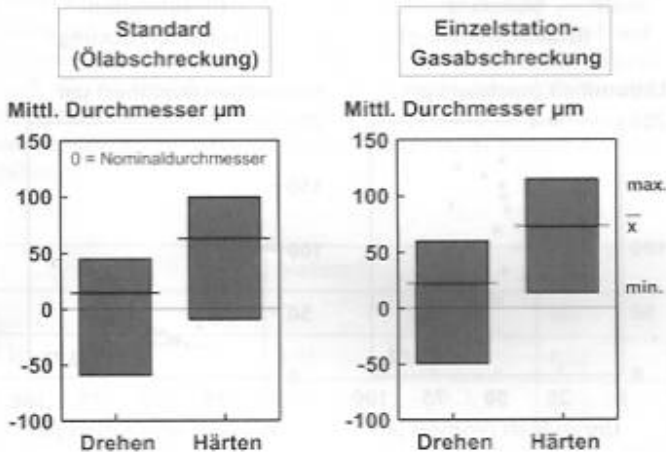


Bild 7. Vergleich des mittleren Durchmessers

Fig. 7. Comparison of the mean diameter

5 Diskussion

5.1 Bauteileigenschaften

Die gestellten Anforderungen an Härte, Restaustenit und Gefüge konnten bei diesen Ringen (Wanddicke 3,5 mm) erreicht werden. Das beschriebene Gasabschrecken erzeugte ein martensitisches Gefüge, das allerdings vereinzelt kleine Inseln aus feinstlamellarem Perlit (Troostit) aufwies. Ihr Anteil war allerdings noch entfernt von der Grenze, ab der sie in Wälzlageringen nicht mehr akzeptiert werden können. Anzumerken ist, dass diese Grenze unterhalb jener liegt, die üblicherweise in ZTU-Diagrammen als Umwandlungsbeginn (~ 1 % Gefügeanteil) angegeben ist.

5.2

Gaszusammensetzung

Die für die Versuche verwendete Gaszusammensetzung (95 % N₂ + 5% H₂) wäre für eine industrielle Anwendung aus sicherheitstechnischer und wirtschaftlicher Sicht kaum vertretbar. Zusätzliche Versuche mit 100 % N₂ bzw. Luft (ca. 80% N₂) mit gleichen Bauteilen zeigten allerdings, dass die ursprünglich benutzte Zumischung von H₂ für diese Bauteile nicht erforderlich ist.

5.3 Gasdüsen-system

Das Gasdüsen-system vom Typ A wurde deshalb ausgesucht, weil damit bei der gewählten Düsenanordnung eine Abkühlkurve erzeugt werden kann, die in etwa der des Abschrecköls bei Standard-Wärmebehandlung entspricht (Bild 8). Spätere Untersuchungen [6], die sich im Detail mit den Einflüssen von Düsendurchmesser, Abstand der Düsen zueinander und zum Bauteil selbst befassten, zeigten auf, dass weitere Optimierungen des Düsen-systems möglich sind.

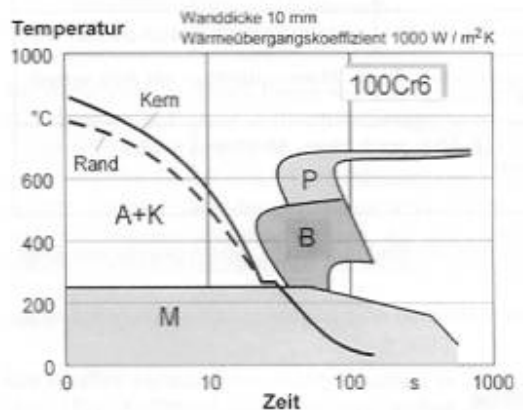


Bild 8. Gewählte Abschreckkurve mit Düsen-system A

Fig. 8. Cooling curve selected for nozzle system A

5.4 Formänderungen

Die bei der Einzelstation-Gasabschreckung festgestellten geringen Ovalitäts- bzw. Unrundheitswerte wurden nach Kenntnis der Autoren noch von keinem anderen Abschrecksystem ohne direkte Anwendung äußerer Kräfte (Fixtoren) erreicht. Selbst bei Fixturhärtung unter Verwendung gasförmiger Abschreckmittel stellten sich kaum geringere Formänderungen (allerdings bei einer anderen Ringtype) ein [7]. Deshalb ist das hier gefundene Ergebnis ungewöhnlich, da bisher davon

ausgegangen wurde, dass auch bei optimaler Abschreckung der Anteil ungleichmäßiger Eigenspannungen im Zustand vor dem Härten zu einer Verformung der Ringe schon beim Anwärmen auf Austenitisiertemperatur führt [4].

Aus diesem Grund wurden Zusatzversuche mit der gleichen Ringtype (allerdings aus einer anderen Schmelze), gleichen Herstell- und ähnlichen Wärmebehandlungsbedingungen vorgenommen. Es wurden jedoch ...bei einem Versuch die Ringe vor dem Härten einer Normalglühbehandlung (850 °C 20 min, Abkühlung bis 500 °C unter Stickstoff, danach Luft) unterzogen, um eventuell vor dem Härten vorhandene ungleichmäßige Eigenspannungen weitgehend abzubauen,

...bei einem weiteren Versuch die Rotation der Ringe während des Abschreckens in der Gasabkühlstation abgestellt.

Das Austenitisieren erfolgte 20 min bei 880 °C, abgeschreckt wurde mit Luft (1,20 bar), bis die Ringe ca. 200 °C erreicht hatten. Nach Abkühlen auf Raumtemperatur wurden die Ringe 4 h bei 220 °C angelassen.

In beiden Fällen wurden 25 Ringe verwendet und wie zuvor beschrieben vermessen, um die Unrundheit im jeweiligen Stadium festzustellen. Dabei ergaben sich folgende Erkenntnisse:

Die fehlende Rotation führte zu einer leichten Zunahme der Streuung bei der Unrundheit und deren Veränderung beim Härten (Bild 9). Das wird auch deutlich beim Betrachten der Korrelation der Unrundheitswerte vor und nach dem Härten (Bild 10). Die Rotation der Ringe beim Abschrecken bewirkte eine bessere Korrelation dieser Werte. Trotzdem sind die Unrundheitswerte in beiden Fällen nach wie vor wesentlich niedriger als diejenigen bei Ölabschreckung (Bild 4).

Durch das Normalglühen stieg, wie erwartet, die Unrundheit an (Bild 11), da hierbei ein Spannungsabbau erfolgte, der zu plastischen Deformationen der Ringe beitrug. Allerdings ging die Unrundheit bei der Mehrzahl dieser Ringe beim Abschrecken im Gasdüsenfeld wieder auf ein Niveau zurück, wie es bei nicht normalisierten, aber gehärteten Ringen zu erwarten gewesen wäre (vgl. Bild 4). Es muss also während des Abschreckens eine erneute plastische Deformation stattgefunden haben, die im Mittel zu einer Reduzierung der Unrundheit führte. Eventuell könnte der Einfluss des vor- bzw. nachfolgenden Abschreckens der Partien der Ringe als Erklärung herangezogen werden, die besonders nahe oder entfernt von den jeweiligen Düsen beim Start des Abschreckens sind. Bedingt durch zeitlich unterschiedliche Starts der Martensitbildung und örtlich verschiedene Mengenanteile an umge-

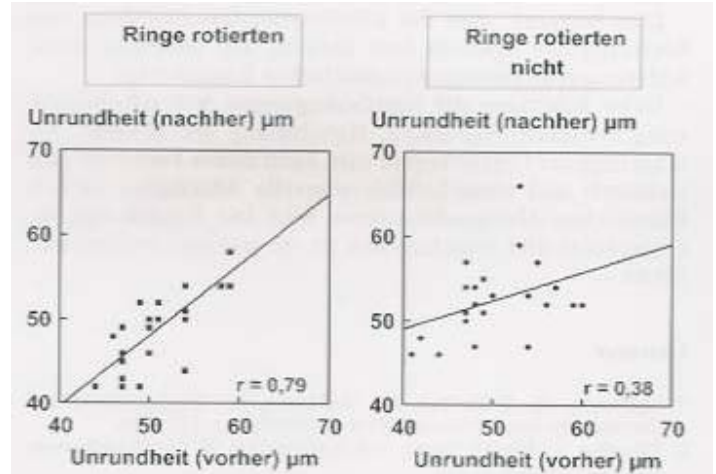


Bild 10. Einfluss der Rotation der Ringe beim Abschrecken auf die Korrelation der Unrundheit vor und nach dem Härten

Fig. 10. Influence of the rotation of the rings during quenching on the correlation of the out-of-roundness before and after hardening

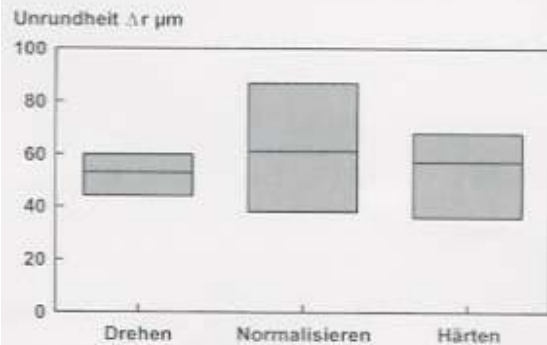


Bild 11. Einfluss einer Normalisierbehandlung zwischen Drehen und Härten auf die Unrundheit von Ringen

Fig. 11. Influence of a normalizing treatment between soft machining and hardening on the out-of-roundness of rings

wandeltem Gefüge könnten sich eventuell Spannungen ausgebildet haben, die zu einer plastischen Verformung der Ringe führten. Die Ringe änderten ihre Unrundheit bevorzugt in die Richtung der maximalen Unrundheit, die vor dem Härten bereits gegeben war, d. h. die Ringe wurden mehr oder weniger stark zusammengedrückt oder auseinandergezogen (Bild 6). Im Gegensatz dazu stehen Veränderungen sowohl in der Form als auch in der Richtung der maximalen Unrundheit beim Standard-Ölabschrecken. Der Grund für diese mehr oder weniger gerichtete Verformung beim Einzelstation-Gasabschrecken ist z. Z. nicht bekannt. Auch Diskussionen mit Mitgliedern des Fachausschusses 15 der AWT (Maß- und Formänderungen infolge Wärmebehandlung) führten zu keiner eindeutigen Erklärung dieses Phänomens. Hier besteht weiterer Untersuchungsbedarf.

6 Zusammenfassung

Im Vergleich zur Standard-Ölabschreckung führte die Einzelabschreckung im Gasdüsenfeld zu wesentlich niedrigeren Ovalitäts- bzw. Unrundheitswerten an verzugempfindlichen zylindrischen Ringen aus durchhärtendem Wälzagerstahl. Selbst bei Anwendung von Fixturen werden üblicherweise keine so niedrigen Formänderungen erreicht, wie sie in den hier dargestellten Versuchen gefunden wurden.

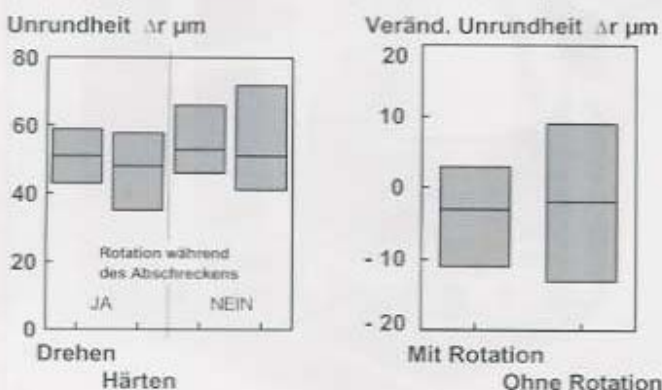


Bild 9. Einfluss der Rotation der Ringe beim Abschrecken auf die Unrundheit

Fig. 9. Influence of the rotation of the rings during quenching on the out-of-roundness

Dies bedeutet, dass die Einzelstation-Gasabkühlung eine hervorragende Methode zum Erzielen von niedrigen Formänderungen an rotations-symmetrischen Bauteilen ist.

Unter Beachtung der Randbedingungen, wie z. B. Begrenzung bezüglich Wanddicke, Handhabung der Bauteile, Abschätzung der Gesamtkosten usw. kann dieses Verfahren eine technisch und wirtschaftlich sinnvolle Alternative zu herkömmlichen Abschrecksystemen sein. Der Wegfall von Abschrecköfen und Waschmedien ist ein weiterer erwünschter Effekt.

Literatur

1. Hoffmann, R.; Steinmann, H.; Uschkoreit, D.: Möglichkeiten und Grenzen der Gasabkühlung. HTM 47 (1992) 2, S. 112-122.
2. Wünnig, I.: Einzelhärtung von Serienteilen in Gasdüsenformen. HTM 48 (1993) 3, S. 2-7.
 3. Hojerer, M.; Lübben, Th.; Majorek, A.; Thoden, B.; Zach, J.-J.-W.: Grundlagen der Maß- und Formänderungsentstehung bei der Wärmebehandlung. HTM 51 (1996) 1, S. 56-68.
4. Volkmuth, J.: Eigenspannungen und Verzug. HTM 51 (1996) 3, S. 145-154.
 5. Volkmuth, J.; Hengerer, F.: Einfluß des Ausgangsmaterials auf den Verzug bei der Wärmebehandlung von Massenteilen. HTM 44 (1989) 2, S. 89-94.

6. Gondesen, B.; Heck, U.; Lübben, Th.; Fritsching, U.; Hoffmann, I.-.; Bauckhage, K.; Mayr/- P.: Optimierung der Einzelabschreckung im Düsenfeld. Teil1: HTM 53 (1998) 2, S. 87-92; Teil 2: HTM 53 (1998) 3, S. 194-198.
7. Tinscher, R.; Lübben, Th.; Hoffmann, F.; Mayr; P.; Heef, IC: Fixturhärtung von Wälzlageringen unter Verwendung von gasförmigen Abschreckmedien. HTM 53 (1998) 2, S. 108-115.

Die Autoren dieses Beitrags

Dipl.-Ing. (FH) *Iohann Volkmuth*, geb. 1953, studierte Werkstofftechnik an der Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt. Nach einer Beschäftigung bei der Degussa AG, Hanau-Wolfgang, kam er 1980 zur SKF GmbH, Schweinfurt. Er betreute seit 1990 die Gruppe Wärmebehandlungstechnologie und übernahm 1999 die Leitung der Werkstofftechnik.

Dr. mont. *Frank Hengerer*, geb. 1939, studierte Eisenhüttenwesen an der Montanuniversität Leoben. Er war im Laboratorium Gebr. Sulzer in Winterthur tätig und promovierte 1970. Von 1979 bis 1999 war er Leiter der Zentralen Werkstofftechnik bei der SKF GmbH, Schweinfurt.

Dr.-Ing. *Joachim A. Wünnig*, geb. 1930, studierte Eisenhüttenwesen an der Bergakademie Clausthal und promovierte 1963 an der TU Berlin. Seit 1986 ist er Geschäftsführer der WS Wärmeprozess-technik GmbH und seit 1991 der Rollmod GmbH, beide in Renningen

Manuskript eingegangen. Januar 2001.

GAS@FORM

ABSCHRECKSYSTEM

zum Härten von ring- und scheibenförmigen Teilen

ROLLMOD

Hochtemperatur-Transportsysteme GmbH



- **Präzisionsabkühlung**
- **minimaler Verzug**
- **wirtschaftlich**
- **umweltfreundlich**

© 2001 Rollmod GmbH

ROLLMOD GmbH Dornierstraße 14 71272 Renningen Tel. 0 71 59 / 60 63 Fax: 0 71 59 / 27 38