

PW.
PROZESSWÄRME

Thermoprozesstechnik,
Wärmebehandlung,
Anlagenbau und -betrieb

AUTORENRICHTLINIEN



Richtlinien für die Autoren

Allgemeine Informationen

In der „PROZESSWÄRME“ werden nur Originalaufsätze veröffentlicht, die im Erscheinungsjahr und im darauffolgenden Jahr nur mit Genehmigung des Verlags anderweitig verwendet werden dürfen.

Bei der Erstellung des Beitrages vermeiden Sie bitte die persönliche Form (ich, wir, uns) im Text.

Wir, die Redaktion, nehmen nach Durchsicht des Manuskripts gegebenenfalls kleinere Änderungen am Text ohne Rücksprache mit Ihnen vor. Dies gilt nicht für umfangreiche Änderungen oder Kürzungen.

Sie erhalten vor der Veröffentlichung einen Korrekturabzug Ihres Beitrages als PDF-Datei. Bitte vermeiden Sie hier größere Änderungen.

Umfang des Beitrages

Der textliche Umfang sollte 6 bis 7 DIN A4 Seiten eines Word-Dokuments (ca. 18.000 bis 20.000 Zeichen) betragen (ohne Bilder und Tabellen). Bitte beschränken Sie sich auf max. 7 Abbildungen (inkl. Tabellen).

Bilder und Tabellen vom Text trennen

Bitte bauen Sie keine Bilder und Tabellen in den Text ein. Bilder und Tabellen sind getrennt vom Text zu liefern.

Kein Layout

Verzichten Sie auf ein Seitenlayout (z. B. Mehrspaltensatz, Kopf- oder Fußzeilen).

Gliederung des Textes

Gestalten Sie Ihren Text mit Zwischenüberschriften übersichtlich und informativ, d. h. das Wichtige des im folgenden Absatz Beschriebenen sollte in Schlagwörtern vorgestellt werden.

Kurzer Titel

Der Titel sollte kurz sein, am besten nicht mehr als 8 Wörter. Im Titel dürfen Firmen- und Produktnamen nicht erwähnt werden.

Zusammenfassung für eilige Leser

Um den eiligen Leser über den Inhalt Ihres Beitrags zu informieren, benötigen wir einen **Kurztext von 4-5 Sätzen, maximal aber 500 Zeichen lang.**

Bilder und Tabellen

Auf alle Bilder und Tabellen ist im Text an adäquater Stelle zu verweisen (Bild X); der Text ist jedoch fortlaufen zu schreiben. Bilder und Tabellen benötigen Überschriften, die am Ende des Textes zusammengestellt werden.

Weitere Hinweise zu Bildern (Anforderungen an die Erstellung, Lieferung von Bildern in digitaler Form, usw.) finden Sie in den Hinweisen zu Abbildungen (siehe S. 4).

Literaturhinweise

Bitte nummerieren Sie Literaturhinweise im Text in der Reihenfolge des Erscheinens und stellen Sie alle Hinweise am Schluss des Textes zusammen. Beispiele für Literaturhinweise:

- [1] Blackert, W.-D.: Gehäuselose Absperrorgane in der Wassertechnik. Industriearmaturen 4 (1996) Nr. 1, S. 18-20
- [2] Körting, J.: Geschichte der deutschen Gasindustrie. Essen: Vulkan-Verlag, 1963
- [3] DIN EN476 „Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserkanäle und -leitungen für Schwerkraftentwässerungssysteme“ (1997-08)
- [4] www.gaswaerme-online.de; 14.07.2010

Autorenangaben

Bitte geben Sie uns Ihren Titel, Vor- und Nachnamen, den Namen und den Sitz Ihrer Firma sowie Ihre Telefonnummer und E-Mail-Adresse an. Zusätzlich benötigen wir ein Passbild (in digitaler Form, hoch aufgelöst) von Ihnen.

Lieferung der Unterlagen

Den Text (inkl. Titel, Zusammenfassung, Auflistung der Bild- und Tabellenüberschriften) benötigen wir in digitaler Form (wenn möglich im DOC- oder RTF-Format) auf einem Datenträger oder per E-Mail.

Die Bilder und Tabellen werden ebenfalls in digitaler Form benötigt. Bitte beachten Sie, dass die Bilder druckfähig geliefert werden müssen. Ideal ist eine Auflösung von 300 dpi.

Sonderdrucke

Sonderdrucke können gegen Berechnung angefertigt werden. Über die Kosten für Sonderdrucke informiert Sie unsere Herstellung. Eine spätere Bestellung ist jederzeit möglich.

Anzeigenschaltung

Anzeigenschaltungen Ihrer Firma sind in Ihrem Fachbeitrag und/oder an anderer Stelle im Heft selbstverständlich möglich. Weitere Informationen hierüber erhalten Sie von unserem Mediateam.

Richtlinien für die Autoren

Auf einen Blick

Fachbeitrag | Wärmebehandlung

Titel

Carbonitrierte Wälzlager unter dem Aspekt der Elektromobilität

Klaus Buchner, Thomas Orth

Abstract/ Zusammenfassung:
4-5 Sätze, maximal 500 Zeichen

Text, ggf. Bilder und Tabellen

Markierte Bildverweise

Ein Fazit am Ende des Beitrags

Passfoto

Autorenangaben

48

Wärmebehandlung | Fachbeitrag



Bild- und Tabellenunterschriften

51

Carbonitrierte Wälzlager unter dem Aspekt der Elektromobilität

Klaus Buchner, Thomas Orth

Neben dem generellen Trend des kompakten Leichtbaus in der Automobilindustrie sieht sich die Lagerindustrie, bedingt durch die Elektromobilität, mit steigenden Anforderungen bezüglich Leistungsdichte, Drehzahl und Temperatur konfrontiert. Zusätzlich zur Werkstoffoptimierung erhebt auch der Wärmebehandlungsprozess des Carbonitrierens von Wälzlagering eine Renaissance. Der vorliegende Bericht skizziert die Vorteile und Chancen des Carbonitrierens und gibt Hinweise auf die anlagentechnischen Aspekte der zugehörigen Thermoprozessanlagen.

Während die Automobilindustrie konventioneller Antriebstechnik noch das Straßenbild prägen, so gewinnen Elektro- und Hybridfahrzeuge zunehmend an Bedeutung. Hierbei verleiht der Aspekt sinnvoller Reichweiten in Bezug auf die Elektrobatte die dem generellen Trend zu Leichtbau und Downsizing einen weiteren Schwung. Aufgrund dieser Entwicklungen sieht sich die Wälzlagerindustrie mit steigenden Qualitätsanforderungen hinsichtlich Leistungsdichte, Drehzahl und Temperatur konfrontiert.

Wälzlager in der Automobilindustrie
Wälzlager sind höchst belastete, einbaufertige Maschinenelemente und bestehen aus Wälzkörpern, die zwischen Innen- und Außenring abrollen, sowie einem Käfig, der die Wälzkörper auf Abstand zueinander hält. Wälzlagering unterliegen im Allgemeinen einer mehrdimensionalen Beanspruchung kombiniert aus Zug, Biegung und Herzschwer-Druck. Die dabei gestellten technischen Anforderungen an ein Lager bedingen hohe Härte, Wälzfestigkeit, Verschleißfestigkeit, Gefügestabilität und ausreichende Zähigkeit. Hierbei hat sich der weltweit häufig eingesetzte Wälzlagerstahl ISO 100Cr6 bzw. SAE 52100 als Werkstoff der Wahl etabliert [1]. Aufgrund von wirtschaftlichen Gesichtspunkten wird dieser üblicherweise martensitisch gehärtet und niedrig angelassen (i. A. < 180 °C). Tabelle 1 fasst die verschiedenen Anlassenvarianten, die für die Automobilindustrie von Bedeutung sind, zusammen.
Darauf aufbauend werden auch Stähle mit modifiziertem Mn- und Si-Gehalt eingesetzt, da die durchführbaren Bauteildicken des 100Cr6 mit ca. 25 mm beschränkt sind. Durch Mangan lässt sich die Austenitumwandlung verögern und damit die Durchhärbarkeit erhöhen.

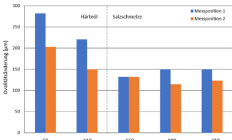


Bild 5: Formänderung/Ovalität des Außenrings [4]

Betreffend der Verzugschematik kommt dem Abschreckmedium bzw. der Gestaltung der Abschreckeinrichtung in der Abhängigkeit von der Dimension der Wälzlagering eine wesentliche Bedeutung zu, wobei Härtepressen eine Sonderform darstellen. Die Grundlagen hinsichtlich der Mechanismen der Verzugentstehung werden in der Literatur ausführlich diskutiert [2-3]. Als konventionelle Ausführung können Öl- und Salzbadier angesehen werden, wobei Bild 1 einen Vergleich hinsichtlich der Formänderung bei diesen beiden Abschreckmedien zeigt. Darüber hinaus sei an dieser Stelle auch auf die Polymerabschreckung und die Problematik bei dünnwandigen Lageringen hingewiesen [5]. Speziell bei geringen Wandstärken stellt die Hochdruckgasabschreckung eine interessante Alternative hinsichtlich verbesserter Verzugsverhalten und Entfall der Nachreinigung dar.
Seitens der Wälzlagerindustrie werden für die klassische Wärmebehandlung von Wälzlager sowohl Kammeröfenlinien als auch kontinuierliche Thermoprozessanlagen eingesetzt, wobei sich bei letzterer Anlagenkonfiguration Rollenherdöfen im Bereich von Serienfertigung bewährt haben. Bild 2 ist als repräsentative Thermoprozess-

Tabelle 1: Zusammenfassung verschiedener Anlassenvarianten [1]

Anlassenparameter (Abschreckung)	Materialtiefe	Härte (HRC)	Zulässige Betriebstemperatur
150 bis 180 °C (DN Stabilisierung)	Martensit + 1 % Restaustenit	> 62	120 °C
220 °C (SI Stabilisierung)	Martensit + 3 % Restaustenit	58 bis 62	150 °C
240 °C (SI Stabilisierung)	Martensit + 1 % Restaustenit	57 bis 61	200 °C



Bild 6: Mehrzweckkammerofen zur Wärmebehandlung von Wälzlager

Kennzeichnend für den Mehrzweckkammerofen, der für Arbeitstemperaturen bis 1.050 °C ausgeführt ist, ist die integrierte gasdichte Abschreckschleuse mit Salzbad. Die Prozessgasatmosphäre basiert auf einer Stickstoff-Methanol-Begasung mit Propan und Ammoniak als Zusatzgas. Anzumerken ist, dass hinsichtlich des Carbonitrierensprozesses die C-Pegelregelung ausschließlich mittels Sauerstoffsonde erfolgt, eine Nitrierpotenzial- (N-Pegel-) Messung bzw. Regelung [3] ist nicht implementiert – dem Wärmebehandlungsprozess liegen konstante Ammoniakmengen zugrunde. Aufgrund der Möglichkeit des bainitischen Härtens dienen die Kammeranlass- und Vorwärmöfen auch zur isothermischen, bainitischen Umwandlung. Nach dem Abschrecken der Charge im Salzbad wird diese mittels beheiztem Transportwagen in die Niedertemperaturöfen umgesetzt. Als Prozessmodifikation sei an dieser Stelle auch auf die Möglichkeit der verkürzten Wärmebehandlung hingewiesen [8]. Während die konventionelle bainitische Umwandlung durch Abschrecken und Halten bei einer konstanten Temperatur knapp oberhalb der MS-Temperatur erfolgt, kann alternativ dazu am Prozessende die Temperatur zur Verkürzung der Wärmebehandlungsdauer angehoben werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, zuerst auf eine Temperatur unterhalb der MS-Temperatur abzuschrecken (Ankeimungseffekt) und anschließend bei einer Temperatur oberhalb von MS isothermisch zu behandeln. Festzuhalten ist, dass sich durch die Prozessvarianten unterschiedliche Gefügeausprägungen einstellen: Neben bainitischen Strukturen liegen auch martensitische Anteile vor, der Restaustenitgehalt ist generell erhöht.

Fazit
Speziell unter dem Aspekt der Elektromobilität, aber auch bedingt durch den generellen Trend des Downsizings, sind Wälzlager einer zunehmend steigenden Belastung ausgesetzt. Hierbei zeigt sich, dass der Prozess des Carbonitrierens eine sinnvolle industrielle Ergänzung darstellt. Hinsichtlich durchgehärteter carbonitrierter 100Cr6 Wälzlagering zeigt sich bei homogenen, globalen Carbidauscheidungen und einem gewissen Anteil an stabilisiertem Restaustenit im Randbereich eine Steigerung der Ermüdungslebensdauer. Der Prozess als solches ist technisch abgesichert, die länge-

ren Prozesszeiten – bezogen auf den Hochtemperaturöfen – sind jedoch zu berücksichtigen. Betreffend der Anlagentechnik haben sich sowohl Rollenherdöfenanlagen als auch Kammeröfenlinien etabliert, wobei sich letztere durch ihre Flexibilität auszeichnen.

Literatur

- [1] Hengere, F.: Wälzlagerstahl 100Cr6 – ein Jahrhundert Werkstoffentwicklung. In: HTM 57 (2007) 3, S. 144-150
- [2] Sturm, M., Rath, J.: Mechanismen der Verzugentstehung bei Wälzlageringen aus 100Cr6. In: HTM 67 (2012) 5, S. 291-303
- [3] Clausen, B., Frerichs, F., Goch, G., Klein, D., Lübben, T., Nowag, L., Pross, C., Sackmann, T., Stöber, D., Sturm, M., Zoch, H.-W.: Verzugentstehung von Wälzlageringen – Eine prozesskettengreifende Analyse. In: HTM 61 (2006) 6, S. 309-319
- [4] Volkmutz, J., Wahl, G., Hengere, F.: Auswirkungen der Abkühlbedingungen beim Carbonitrieren von Wälzlagering. In: HTM 48 (1983) 1, S. 5-12
- [5] Wolfrath, T., Lübben, T., Frerichs, F.: Vergleichende Untersuchung von Öl- und Polymerabschreckung hinsichtlich des Verzugs von dünnwandigen Wälzlageringen. In: HTM 69 (2014) 4, S. 222-234
- [6] Jenness, R.: Roller hearth furnaces for piece goods. In: Benke, F., Nadek, B., Pflaig, R. (Hrsg.): Handbook of Thermoprocessing Technologies. Essen, Vulkan-Verlag GmbH, 2015, S. 448-451
- [7] Trojahn, W., Dinkel, M.: Bainite bearings for demanding applications. In: HTM 72 (2017) 6, S. 365-370
- [8] Dong, J., Kolkmann, R., Hirsch, T., Vitters, H., Zoch, H.-W.: Härten von Wälzlagerstäben durch verkürzte Wärmebehandlung in der unteren Bainitstufe. In: HTM 60 (2005) 2, S. 77-86
- [9] Stanggen, H., Zoch, H.-W.: Wälzlagerstahl einsetzgehaltster Bauteile. In: HTM 45 (1990) 4, S. 223-229
- [10] Günther, D., Hoffmann, F., Mayer, P.: Steigerung der Gebrauchsdauer von Wälzlageringbauteilen unter verschmutztem Schmierstoff. In: HTM 59 (2004) 2, S. 96-112
- [11] Rösch, S., Trojahn, W., Clausen, B.: Carbonitrieren von Einsatz- und Vergütungsstählen für Lageranwendungen. In: HTM 71 (2016) 1, S. 51-63
- [12] Steinbacher, M., Hoffmann, F., Zoch, H.-W.: Thermomechanische Wärmebehandlung von Wälzlager- und Zahnrädern für „smart Material“ Eigenschaften aus Handbüchern. In: GETPRO 5. Kongress, 25./26. März 2015 (Band 1), PAV 2015, S. 181-194
- [13] Winer, K. M.: Independently controlled carbon and nitrogen potentials: A new approach to carbonitriding processes. In: Journal of Materials Engineering and Performance 22 (2013) 1, S. 1-945-1-956

Autoren

Dr. Klaus Buchner
Aichelin Holding GmbH
Mödling, Österreich
+43 (0)2236 / 726-46-384
klaus.buchner@aichelin.com

Thomas Orth
Aichelin Holding GmbH
Mödling, Österreich
+43 (0)2236 / 726-46-272
thomas.orth@aichelin.com

Kontakt: Redaktion

Chefredaktion
Thomas Schneidewind
Tel.: 0201-82002-36
Fax: 0201-82002-40
t.schneidewind@vulkan-verlag.de

Redaktionsassistentin
Barbara Pflamm
Tel.: 0201-82002-35
Fax: 0201-82002-40
b.pflamm@vulkan-verlag.de

Verlagsadresse

Vulkan-Verlag GmbH, Postfach 10 39 62, D-45039 Essen, Friedrich-Ebert-Str. 55, D-45127 Essen

Richtlinien für die Autoren

Die Qualität der Abbildungen prägt das Erscheinungsbild des Beitrages

Das Erscheinungsbild Ihres Beitrages ist wesentlich von der Qualität der von Ihnen gelieferten Abbildungen abhängig. Abbildungen (Halbtonbilder, Strichabbildungen), die in digitaler Form geliefert werden, können zu besseren Ergebnissen beim Druck führen und die Produktion vereinfachen, aber nur, wenn einige grundlegende Regeln beachtet werden:

Fotos und andere Halbtonbilder

Wenn Sie Fotos oder Halbtonbilder in Dateiform liefern (Auflösung: 300 dpi), sollte als Dateiformat TIFF (Windows- oder Mac-kompatibel, komprimiert!), PDF, EPS oder Jpg gewählt werden (evtl. auch BMP-Dateien).



Auflösung: min. 300 dpi

Grafiken/Strichabbildungen

Grafiken sollten ohne zusätzliche Ränder angelegt werden. Als Dateiformat sollte EPS, ai oder PDF gewählt werden (Bildkennsatz nicht vergessen!). Ohne Schwierigkeiten sind im Allgemeinen auch Grafiken aus der Corel-Programmgruppe zu verwenden. Problematischer sind hingegen Grafiken, die mit Power-Point erstellt wurden.

Werden Grafiken als TIFF, Jpg- oder BMP-Dateien gespeichert, bitten wir um eine Auflösung von 600 dpi.



EPS-Format, ai-Format oder PDF

**falls TIFF- oder Jpg-Format
Auflösung von 600 dpi erforderlich**

Für eine sehr gute Druckwiedergabe wäre es optimal, wenn Sie Grafiken mit einer Auflösung von 800 dpi und Fotos mit einer Auflösung von 360 dpi abspeichern. Diese Auflösungen reichen natürlich nur dann aus, wenn Sie die Abbildungen nicht mehr vergrößern. Die Auflösung sollte bei Grafiken nicht mehr als 1200 dpi und bei Fotos nicht mehr als 450 dpi betragen. Die Auflösung sollte bei Grafiken 600 dpi und bei Fotos 250 dpi nicht unterschreiten.

Tabellen und Diagramme

Diagramme und Tabellen aus MS Excel bitte als Excel-Dateien liefern.

Kontakt: Anzeigen, Vertrieb, Marketing und Herstellung

Anzeigen

Holger Olawsky
Tel.: 0201-82002-12
h.olawsky@vulkan-verlag.de

Abo-Service

Birgit Latzel
Tel.: 0201-82002-26
b.latzel@vulkan-verlag.de

Sonderdrucke

Monika Kull
Tel.: 0201-82002-16
m.kull@vulkan-verlag.de

Herstellung

Nilofar Mokhtarzada
Tel.: 0201-82002-18
n.mokhtarzada@vulkan-verlag.de

Anzeigenverwaltung

Martina Mittermayer
Tel.: 0201-82002-60
m.mittermayer@vulkan-verlag.de