## Wärmebehandlung für langlebigere Bauteile

Veredelungsverfahren ermöglichen die Reduzierung der Wartungshäufigkeit



Bild 1: Nitrierte Kegelräder aus Vergütungsstahl 42CrMo4 (Alle Bilder: © MÄDLER)

Das Härten von Bauteilen wie etwa Verzahnungselementen bietet enorme Vorteile: Die Festigkeit der Werkstücke wird gesteigert und die Verschleißbeständigkeit der Oberfläche kann so erhöht werden. Das ermöglicht eine längere Nutzungsdauer und größere Wartungsintervalle.

In immer komplexer werdenden Produktionsprozessen steigen die Anforderungen an moderne Produkte wie Maschinen und Fahrzeuge - und damit auch an Bauteile und Konstruktionswerkstoffe. Das notwendige Eigenschaftsprofil von Metall-Werkstoffen wird maßgeblich von der durchgeführten Wärmebehandlung bestimmt. Dabei werden die Werkstücke in einem bestimmten Zeit-/Temperaturablauf erwärmt und wieder abgekühlt, um die gewünschten Werkstoffeigenschaften zu erreichen.

#### Wärmebehandlung

Der Temperatureinfluss bewirkt Gefügeveränderungen, die die Festigkeit, Zähigkeit, Zugfestigkeit, Zerspanbarkeit und Gefügehomogenität des Metalls positiv beeinflussen und somit für den Anwen-

MÄDLER

www.maedler.de

dungsfall optimierte Werkstoffeigenschaften ermöglichen. Zudem wird die Lebensdauer des Bauteils und damit die Wirtschaftlichkeit gesteigert.

Je nach Änforderungsprofil bieten sich verschiedene Wärmebehandlungsverfahren an. Dazu gehören das Glühen, das Vergüten (mit und ohne Schutzgas), das Einsatz- und das Randschicht- oder Induktionshärten, das Vakuumhärten, das Nitrieren und Nitrocarburieren sowie das Plasmanitrieren. Die genannten Verfahren eignen sich für alle Metalle, zum Beispiel Eisenmetalle, deren Kohlenstoffgehalt zwischen 0,002 % und 2,06 % liegt.

Um beispielsweise ein Werkstück aus Stahl (siehe Kasten Eisenmetalle) erfolgreich zu härten, muss der Kohlenstoffgehalt des Werkstoffs mindestens 0,2 % betragen.

# Kürzere Bearbeitungszeiten durch geringeres Aufmaß

#### Glühverfahren

Zu den Glühverfahren gehören das Spannungsarm- und das Normalglühen (oder Normalisieren). Durch Spannungsarmglühen werden Eigenspannungen im Werkstück beseitigt, die zuvor aufgrund ungleichmäßiger Abkühlung nach dem Gießen, Schmieden, Schwei-

ßen oder anderen thermischen Verfahren entstanden sind. Auch starke mechanische Bearbeitungen wie Fräsen, Drehen oder Kaltumformen machen oft ein Spannungsarmglühen erforderlich. Diese Art des Glühens findet bei relativ niedrigen Temperaturen zwischen 480 °C und 680 °C statt. Zu den Vorteilen dieser Variante zählen die verzugsarme Weiterverarbeitung sowie kürzere Bearbeitungszeiten durch ein geringeres Aufmaß. Zudem lassen sich in der nachgelagerten Wärmebehandlung Härterisse vermeiden.

Durch Normalglühen/Normalisieren, wiederum, sollen Gefügeungleichmäßigkeiten beseitigt werden. Gezielt erreichen lässt sich ein feinkörniges, gleichmäßiges Gefüge mit optimierten Festigkeits- und Verformbarkeitseigenschaften. Sofern die Stähle einen höheren Kohlenstoffgehalt haben, liegt die Temperatur beim Normalglühen knapp unter 800 °C. Ist der Kohlenstoffgehalt der Stähle relativ niedrig, sollte das Normalglühen bei gesteigerten Temperaturen von bis zu 950 °C erfolgen.

#### Das Vergüten

ist ein thermisches Verfahren, dass das Härten mit nachfol-

gendem hohem Anlassen kombiniert und eine Gefügebildung oder -änderung des Werkstoffs bewirkt. Das Härten kann durch Erwärmen und anschließendes Abschrecken (plötzliches Abkühlen durch ein Abschreckmedium wie Wasser oder Öl) erfolgen. Ziel des Härtens ist in der Regel, ein hartes Gefüge aus den Gefügeformen Martensit oder Bainit oder aus einem Gemisch aus beiden zu erzeugen. Beim nachfolgenden Anlassen wird der Werkstoff gezielt erwärmt, um dessen Eigenschaften gezielt zu beeinflussen, insbesondere, um entstandene Spannungen abzubauen. Das Vergüten bietet sich für dynamisch belastete Bauteile an. Zu vergütender Stahl muss einen Kohlenstoffgehalt von mindestens 0,2 bis 0,3 % haben. In der Regel liegt der Kohlenstoffgehalt klassischer Vergütungsstähle zwischen 0,35 % und 0,6 %.

#### Das Induktionsverfahren ist gut in automatisierte Abläufe integrierbar

Stähle, die schlecht durchhärtbar sind, eignen sich eher für das Randschicht-/Induktionshärten. Dabei muss der Kohlenstoffgehalt des Stahls mindestens 0,2 % betragen. Das induktive Härten erfolgt,



Bild 2: In verschiedenen Verfahren gehärtete Verzahnungselemente sowie Präzisionsschienenführungssatz aus unterschiedlichen Werkstoffen

64 PC & Industrie 5/2021



Bild 3: Induktiv gehärtetes Kettenrad aus Stahl C45

indem das Werkstück kurze Zeit einem wechselnden Magnetfeld ausgesetzt ist.

Hierdurch wird das Teil an der Oberfläche bis zur Rotglut erwärmt. Anschließendes Abschrecken sorgt für die Härtung. Weil sich das Induktionsverfahren sehr gut in automatisierte Abläufe einbinden lässt, wird es oft in der Massenfertigung gehärteter Bauteile eingesetzt, da hohe Durchlaufzahlen möglich sind. Zu den Werkstoffen, die sich zum Induktionshärten eignen, gehören:

- 1.503 C45,
- 1.7225 42CrMo4,
- 1.3503 100Cr6,
- 1.8159 50CrV4.

#### **Durch Vakuumhärten**

können Werkzeugstähle industriell wärmebehandelt werden. In den entsprechenden Anlagen lassen sich legierte und hochlegierte Werkzeugstähle sowie martensitische Edelstähle bis zu einer Maximal-Temperatur von 1300 °C härten und anlassen. Das Vakuum sorgt dafür, dass Retorte und Härtegut nicht mit Gasen im Ofen reagieren können. So sollen vor allem Randentkohlung und Oberflächenoxidation vermieden werden. Vakuumhärten empfiehlt sich für verzugsempfindliche Präzisionsbauteile. Formteile sowie Werkzeuge, bei denen es auf eine saubere, blanke Oberfläche ankommt.

#### Das Einsatzhärten

ist ein Verfahren zur Oberflächenhärtung von Stahlwerkstücken, welches Aufkohlen, Härten und Anlassen kombiniert. Durch Aufkohlen (oder Carburieren, respektive Einsetzen) lässt sich der Kohlenstoffgehalt von Stählen steigern, die sich aufgrund eines zu geringen Gehalts nur schlecht oder gar nicht zum Härten eignen. Die Anreicherung mit Kohlenstoff erfolgt primär in der Randschicht. Dort bildet sich Martensit aus, wodurch die Randschicht härter ist als der Kern des Werkstücks. Dies ist beabsichtigt, da der Kern meist weich und zäh bleiben soll. Zum Einsatzhärten geeignete Werkstoffe sind:

- 1.6587 17CrNiMo6,
- 1.0301 C10,
- 1.7131 16MnCr5,
- 1.7147 20MnCr5.

### Funktionsflächen erhalten höhere Verschleißfestigkeit

Beim Oberflächenhärten durch Nitrieren wird mittels eines Salzbades oder einer Gas-Atmosphäre Stickstoff zugefügt, der in die Werkstückoberfläche diffundiert. Dadurch wird an der Oberfläche von Stahl die Bildung von Austenit unterbunden. Es entsteht eine sehr harte Verbindungsschicht, die bis etwa 600 °C beständig ist. Unter der Verbindungsschicht bildet sich eine Diffusionsschicht, in der der Stickstoff eingelagert ist. Dies wirkt sich positiv auf die Dauerschwingfestigkeit aus. Das Bauteil wird durch den Härtevorgang nicht deformiert, so dass es bereits vor dem Härten fertigbearbeitet werden kann. Zu beachten ist jedoch, dass die sich ergebende Härte niedriger ist als bei anderen Verfahren und dass nitrierte Bauteile nicht gerichtet werden dürfen.

#### Nitrocarburieren

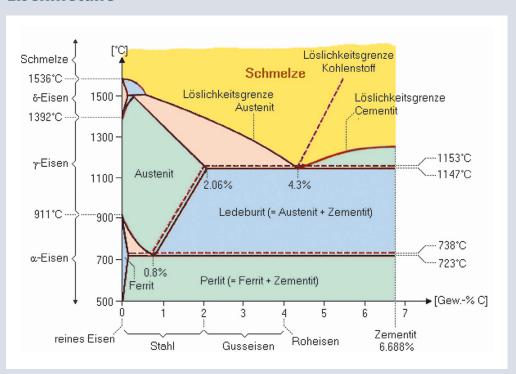
Beim Nitrocarburieren diffundiert neben Stickstoff auch Kohlenstoff in die Werkstückoberfläche. So entsteht eine Nitrierschicht, bestehend aus Verbindungs- und Diffusionsschicht. Mit diesem Verfahren lassen sich Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit niedrigbis mittellegierter Stähle steigern.

Beim Plasmanitrieren und -nitrocarburieren wird in einer ionisierten Gasatmosphäre gezielt Stickstoff, beziehungsweise Stickstoff und Kohlenstoff, in die Randzone von Eisenbasislegierungen eindiffundiert. Das Plasmanitrieren wird eingesetzt, um Funktionsflächen eine höhere Oberflächenhärte und Verschleißfestigkeit zu verleihen. Dieses Verfahren eignet sich somit insbesondere für verschleißbeanspruchte und dynamisch belastete Bauteile. Durch Plasmanitrocarburieren lassen sich auch hochlegierte Stähle in der Randschicht härten.

#### Quellen

- maschinenbau-wissen. (2009).
  Abgerufen von www.maschinenbauwissen.de/skript3/werkstofftechnik
- Reese, U. (kein Datum). Wärmebehandlung und Verzug.
- Vogt, Oliver. (2018). Der Wärmebehandlungsprozess. Göppinger Wärmebehandlungsseminare. Technotherm.
- Württemberger, G. e. (1984). Fachkunde Metall (46. Ausg.). Pforzheim: Europa Fachbuchreihe für Metallberufe.

### **Eisenmetalle**



Eisen-/Kohlenstoff-Legierungen mit einem Gewichtsanteil an Kohlenstoff von 0,02 % bis 2,06 % werden als Stahl bezeichnet, bei mehr als 2,06 % als Gusseisen. Bei Temperaturen von über 723 °C verändert sich das Gefüge von Ferrit hin zu Austenit. Neben den klassischen Fe-/C-Legierungen Ferrit

und Austenit existieren in bestimmen Konzentrationsbereichen feste Mischungen aus Eisencarbid sowie den jeweiligen Fe-/C-Legierungen Perlit und Ledeburit. Darüber hinaus gibt es die metastabile Legierung Martensit, die durch schnelles Abkühlen von Austenit entsteht.