

Ulrich Reese

Wärmebehandlungen und Verzug

Ein Überblick und Ursachenbetrachtung

Spricht man von Verzug oder Maß- und Formänderung in Verbindung mit der Wärmebehandlung, so muss unterschieden werden zwischen den beeinflussbaren Größen und den stoffspezifischen Einflussgrößen. Weiterhin von Bedeutung ist das durchgeführte Härteverfahren, bzw. die Wärmebehandlung.

Die in der Härtereibranche vielfach zitierte Aussage: „was nicht krumm geworden ist, ist auch nicht hart“, ist in der heutigen Fertigungspraxis nicht akzeptabel. Nachfolgend soll nun ein Überblick über die Einflussgrößen im Allgemeinen gegeben werden und über die der gängigen Wärmebehandlungen oder Härteverfahren.

I. Einflussfaktoren auf die Maß- und Formänderungen

Die Einflussfaktoren auf die Maß- und Formänderung lassen sich wie folgt gliedern:

- Konstruktion
- Werkstoffherzeugung
- Werkstoffumformung

- Mechanische Werkstoffbearbeitung
- Wärmebehandlung / Härteprozess

Konstruktion. Hier sollte in Abhängigkeit von der Bauteilfunktion und der geplanten Wärmebehandlung auf entsprechende Querschnittsübergänge geachtet werden. Gerade im konstruktiven Leichtbau entstehen hier schon extreme Spannungsspitzen an den Querschnittsübergängen.

Werkstoffherzeugung. Die wesentlichen Faktoren sind hier die Güte des Materials und etwaige Inhomogenitäten, die durch geeignete Erzeugungsauswahl minimiert werden können. Durch die Inhomogenitäten und Seigerungen kann ein unterschiedliches Umwandlungsverhalten auftreten und es sind unterschiedliche Gefügeausbildungen möglich. Ein unterschiedliches Verzugsverhalten ist in diesen Fällen vorprogrammiert. Nicht zu unterschätzen ist auch der Einfluss der Korngröße.

Werkstoffumformung. Durch zu hohe oder zu niedrige Umformungstemperaturen und durch falsche Folgeglühprozesse können ebenfalls inhomogene Gefügestrukturen erzeugt werden, die

sowohl Einfluss auf das Verzugsverhalten als auch auf die Härtewerte haben können.

Mechanische Werkstoffbearbeitung. Hier entstehen gerade durch zunehmende Schnittgeschwindigkeiten hohe und inhomogene Eigenspannungszustände. Daneben können die Kühlschmierstoffe durch die Bildung von Passivschichten negative Einflüsse auf die thermochemische Wärmebehandlung ausüben. Beide Punkte werden als mitverursachend für den Verzug angenommen.

Wärmebehandlung. Sofern diese nicht zur Spannungsminderung als Zwischenfertigungsschritt folgt, erzeugt sie verfahrensabhängig die werkstoffspezifische Maß- und Formänderung, die durch eine zu schnelle Bauteilerwärmung verstärkt werden kann.

Zusammen mit den sich lösenden Eigenspannung aus den Vorfertigungsstufen, bedingt durch die sich verringernde Streckgrenze während der Wärmebehandlung, und mit den inhomogenen Gefügestrukturen können nicht definierte Maß- und Formänderungen entstehen.

Sehr oft treten auch mehrere der einzelnen Faktoren zusammen auf und führen damit zu erheblichen Steigerungen des möglichen Maßverzuges oder der Formänderung. Die einzelnen Faktoren sind nicht immer im vollen Umfang durch den Anwender beeinflussbar.

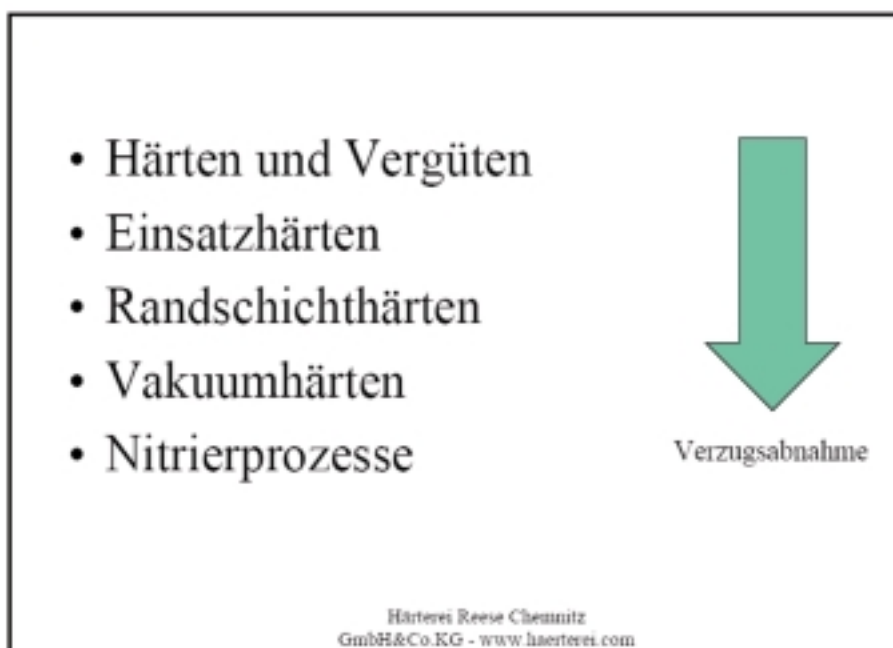
Hierzu sollen heute gängige Wärmebehandlungsverfahren auf ihren möglichen Einfluss näher beschrieben werden.

II. Gängige Wärmebehandlungsverfahren

Diese sind:

- Härten und Vergüten mit und ohne Schutzgas
- Einsatzhärten
- Randschichthärten
- Vakuumhärten
- Nitrierprozesse

Härten und Vergüten mit und ohne Schutzgas. Beide Verfahren sind prinzi-



Darstellung der Verzugsabnahme in Abhängigkeit vom Härteverfahren (Grafik: Reese).

piell gleich, bis zu einer Anlasstemperatur von 300°C spricht man von dem Härten, darüber von dem Vergüten. Das zu behandelnde Bauteil wird komplett erwärmt und in der Regel in Öl oder Emulsion abgehärtet. Mit Schutzgas wird eine Entkohlung oder Verzunderung der Randzone weitestgehend verhindert. Gängige Härtetemperaturen liegen bei 790 – 900 °C für unlegierte bis mittellegierte Stahlsorten. Durch das nachfolgende Anlassen erfolgen die gewünschte Einstellung des Härtewertes, sowie die Einstellung von Festigkeitswerten und der Spannungsminimierung des martensitischen Gefüges.

Einsatzhärten. Der Prozess gliedert sich in den Aufkohlungsprozess, wobei im Temperaturgebiet oberhalb Ac3 zunächst die Oberflächenschicht mit Kohlenstoff angereichert wird, anschließend erfolgt der Härteprozess entweder direkt oder nach einer thermischen Zwischenbehandlung. Als Abschreckmittel dient in der Regel Härteöl oder Emulsion. Übliche Aufkohltemperaturen betragen dabei 900 – 950°C, Härtetemperaturen sind materialabhängig zu wählen. (ca. 790 – 900°C)

Randschichthärten. Hier findet der Härteprozess durch eine kurzzeitige und reine Erwärmung der Randschicht statt. Übliche Verfahren sind das Induktions- und Flammhärten. Die Abkühlung oder die Abhärtung erfolgt in der Regel mittels einer Emulsion. Daneben sind Elektronenstrahl- oder Lasserhärtungen möglich, wobei dann die Eigenkühlung genutzt wird. Die erzielbaren Härtetiefen sind verfahrens- und materialabhängig.

Vakuumphärten. Die Erwärmung findet im Vakuum statt, der Härteprozess besteht aus einer Druckgasabschreckung meist mittels Stickstoff. Zur Anwendung kommt dieses Verfahren in der Regel bei legierten Werkzeug- und Formbaustählen, sowie bei sonstigen legierten Stahlsorten, die eine Luft- oder Warmbadhärtung erlauben.

Nitrierprozesse. Gängig sind das Nitrieren oder das Nitrocarburieren. Entweder findet eine Oberflächendiffusion von Stickstoff (Nitrieren) oder von Stickstoff und Kohlenstoff zusammen (Nitrocarburieren) statt.

Im Gegensatz zu den vorgenannten Verfahren handelt es sich hier um einen reinen Ausscheidungshärtungsprozess durch die Nitridbildung in der Randzone der Werkstückoberfläche. Daneben findet durch die sich an der Oberfläche bildende Verbindungsschicht ein verfahrensspezifisches Bauteilwachstum statt.

Den bisher genannten Verfahren ist neben der martensitischen Gefügeumwandlung eine Erhöhung des Eigenspannungszustandes durch die sich ergebende Umkehrung des Spannungszustandes bei der beschleunigten Abkühlung beim Härtevorgang gemeinsam. Bei den beiden erstgenannten Verfahren findet bedingt durch die Wahl des Abschreckmediums (Emulsion und Härteöl) eine zeitlich gesehen schnelle Bauteilabkühlung statt. Die Spannungsüberlagerung der durch den Martensit erzeugten Druckspannungen mit den thermischen Abkühlspannungen und den sich lösenden Spannungen aus den Vorbearbeitungsschritten ist hier extrem. Beim Randschichthärten ist der letztere Effekt nicht gegeben, jedoch erhöht sich die Druckspannung auf das Kerngefüge. Das Vakuumphärten erfolgt mittels Gasgebläseabkühlung in



Impac
1/8, 87x62

materialabhängig unterschiedlichen Druckstufen bis ca. 10 bar. Der Wärmeabtrag ist hierbei geringer als bei Abschrecken mittels flüssiger Medien, und somit entstehen geringe Eigenspannungen bei der Abkühlung (s. Grafik).

Zusammenfassung

Zwischen der Wärmebehandlung und dem Maßverzug besteht ein komplexer Zusammenhang. Bei der Bauteilfertigung sollte daher von einem komplexen Gesamtsystem aus Maß- und Formänderung gesprochen werden.

Die Beachtung dieser Zusammenhänge zu I. und II. schon während der konstruktiven Phase und bei der Werkstoffauswahl kann zu einer Minimierung des Maßverzuges bei der abschließenden Wärmebehandlung führen.

■ Infos+Kontakte

Härterei Reese Chemnitz GmbH & Co. KG
 Otto-Schmerbach-Straße 19
 D-09117 Chemnitz
 Tel.: +49(0)371 / 8 15 83-0
 Fax: +49(0)371 / 8 15 83-49
 www.haerterei.com



Schages
1/8, 85x62