

Wärmebehandlung von Gusseisenwerkstoffen

1. Einleitung

Die Materialeigenschaften und Anwendungsgebiete von Gusseisenwerkstoffen können, ähnlich denen des Stahls, durch eine geeignete Wärmebehandlung positiv beeinflusst werden.

Dabei ist darauf zu achten, ein homogenes Werkstoffgefüge einzustellen, um eine homogene Verteilung der mechanischen Kennwerte wie Festigkeit, Zähigkeit und Verschleißwiderstand zu erhalten. Ebenso können ungewünschte Gefügebestandteile abgebaut werden, die eine Bearbeitung (Zerspanung) der Werkstoffe nachteilig beeinflussen. Gontermann-Peipers hat sich zum Ziel gesetzt, seine Guss-eisensorten aus den Produktlinien Strang- und Kokillenguss mit einem besonders homogenen und feinen Gefüge für eine optimale Bearbeitung



anzuliefern. Dafür wird eine Ofenkapazität von ca. 10.000 t/a bereitgehalten. Erfahrungen von Gontermann-Peipers Kunden belegen, dass sich durch kürze-

re Bearbeitungszeiten und geringeren Werkzeugverschleiß deutliche Kostenvorteile ergeben, die einen eindeutigen Wettbewerbsvorteil darstellen.

2. Wärmebehandlung von Gusseisenwerkstoffen

Allgemeines

Gusseisen ist ein Eisenbasiswerkstoff mit Kohlenstoffgehalten von 2 - 4 % und Siliziumgehalten von 2 - 4,3 %. Es erstarrt nach dem stabilen Eisen-Kohlenstoff-Silizium Zustandsdiagramm. Während der Abkühlung scheidet sich der Kohlenstoff bei Erreichen der eutektischen Temperatur als eutektischer Graphit im γ -Mischkristall (Aus-

tenit) aus. Bei weiterer Abkühlung ist der Austenit immer weniger in der Lage Kohlenstoff in Lösung zu halten, so dass der frei werdende Kohlenstoff zu dem bereits bestehenden Graphit diffundiert bis hin zum Erreichen der eutektoiden Temperatur. Der Austenit wandelt abschließend beim Unterschreiten der eutektoiden Temperatur zu dem α -Mischkristall (Ferrit) um. Das so gebildete Gefüge weist eine me-

tallische Grundmasse auf, die einem eutektoiden Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von ca. 0,7 % und einem Siliziumgehalt von 2 - 3 % entspricht. In dieser Grundmasse befinden sich eingelagerte Graphitkristalle in den Formen Lamellen-, Vermicular- oder Kugelgraphit, wobei bei dem vorliegenden Artikel ausschließlich auf Gusseisen mit Lamellengraphit und Kugelgraphit eingegangen wird.

Wie schon zu Beginn erwähnt, können Gebrauchseigenschaften wie z.B.:

- Freiheit von inneren Spannungen,
- gute Zerspanbarkeit,
- hohe Festigkeit,
- gute Zähigkeit,
- hoher Verschleißwiderstand

von Gusseisen durch eine geeignete Wärmebehandlung erheblich verbessert werden. Gusseisenwerkstoffe können sowohl einer thermischen als auch einer thermochemischen Wärmebehandlung unterzogen werden, um gewünschte Materialeigenschaften einzustellen.

Dabei unterscheidet man hauptsächlich zwischen den folgenden thermischen Wärmebehandlungsverfahren:

- Spannungsarmglühen
- Weichglühen
- Perlitglühen
- Härten und Vergüten

Zusätzlich geht der Artikel noch kurz auf die thermochemische Wärmebehandlung des Nitrierens ein.

Bild 1 zeigt einen Überblick über den Temperatur Zeitverlauf der oben erwähnten Verfahren.

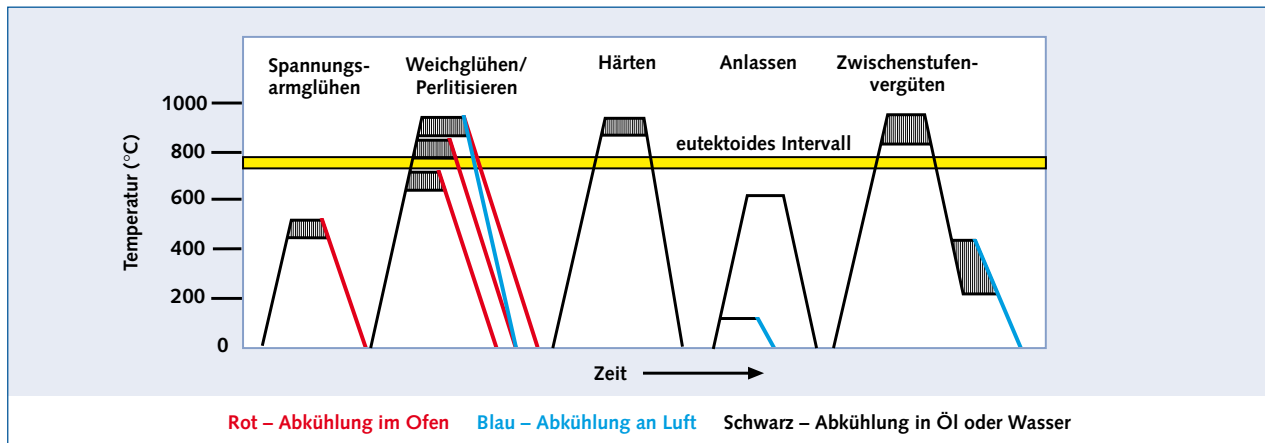


Bild 1: Übersicht der Varianten der Wärmebehandlung bei Gusseisenqualitäten [1]

Um den Erfolg einer Wärmebehandlung zu bestimmen, wird oft die Härte als Indikator verwendet. Grund dafür ist, dass die Härtemessung gegenüber entsprechenden Laboruntersuchungen, wie dem Zugversuch und der Gefügeanalyse, ein relativ einfaches und schnelles Messverfahren ist.

Die Definition der Härte ist wie folgt beschrieben: „Härte ist der mechanische Widerstand, den ein Werkstoff dem mechanischen Eindringen eines härteren Prüfkörpers entgegensetzt.“ (Adolf Martens)

Eminent wichtig für das Verständnis von Härtewerten ist, dass die Härte keine Werkstoffeigenschaft darstellt. Die Härte ist eine Kenngröße. Die Unterteilung der Härte erfolgt nach Art der Einwirkung. Die Härte beschreibt nicht nur den Widerstand gegenüber härteren Körpern, sondern auch gegenüber Körpern mit weicherer und gleicher Härte. Dagegen stellt die Festigkeit eine Materialeigenschaft dar, welche sich als Widerstandsfähigkeit gegen Verformung und Trennung [2] definiert. Dies stellt einen erheblichen Unterschied zu der Definition der Härte dar.

Härte wird oft als Maß für das Verschleißverhalten von Materialien verwendet. So lassen sich zum Beispiel harte Brillengläser weniger zerkratzen und gehärtete Zahnräder weisen eine geringere Abnutzung auf. Bei der Auswahl von Werkzeugen spielt die Härte ebenfalls eine große Rolle.

2.1 Thermische Wärmebehandlungsverfahren

a) Spannungsarmglühen

Aufgrund der Abkühlbedingungen bei der Erzeugung ist es nicht möglich, spannungsfreie Gussteile herzustellen. Die Einflüsse auf die Höhe und Ausrichtung von Eigenspannungen sind die Geometrie, die Konstruktion, die Verfahrensbedingungen und die Spannungen, welche zusätzlich durch mechanische Bearbeitung eingebracht werden [1].

Das Spannungsarmglühen dient dem gezielten Abbau von inneren Spannungen. Die Wirkungsweise lässt sich durch eine geringe Elastizitätsgrenze bei erhöhten Temperaturen beschreiben. Dieser Sachverhalt führt dazu, dass plastische Verformungen im Mikrobereich, in Form von Kriechen oder Fließen auftreten, die einen Abbau der Eigenspannungen bewirken. Ein vollständiger Abbau der inneren Spannungen ist jedoch nicht möglich, da die Elastizitätsgrenze nicht auf Null minimiert werden kann [3]. Das heißt,

dass die häufig in einigen technischen Zeichnungen aufgeführte Forderung „spannungsfrei gegläht“ technisch und werkstoffkundlich gesehen unerfüllbar ist.

Gründe für eine Durchführung einer Spannungsarmglühung, sind die Reduzierung der Risiken von Eigenspannungsrissen und Bauteilverzug [4].



Bild 2: Typische Beispiele von Werkstücken, die einer Spannungsarmglühung unterzogen werden sollten.

Für eine erfolgreiche Entspannung des Materials gibt es einige Punkte zu beachten. Dies sind die chemische Zusammensetzung des Werkstoffs, die Glüh Temperatur, die Haltezeit und die gewählte Temperatur.

Die Aufheizgeschwindigkeit einer jeden Spannungsarmglühung sollte entsprechend der Teilegeometrie, zwischen 10 und 50 K/h liegen. Komplizierte Geometrien sollten eher langsam, mit 10 - 25 K/h, aufgeheizt werden. Einfach gestaltete Teile können mit einer Aufheizgeschwindigkeit von 30 - 50 K/h auf Temperatur gebracht werden. Für die Abkühlung hat sich eine Geschwindigkeit von 25 - 35 K/h bis mindestens 300 °C bewährt. Die Abkühlgeschwindigkeit sollte jedoch 40 K/h nicht überschreiten, da sonst die Bildung von Wärmespannungen im Bauteil begünstigt werden kann. Unlegierte Gusseisenwerkstoffe sollten unterhalb der Austenitumwandlung bei ca. 500 - 550 °C wärmebehandelt werden, um

ungewünschte Gefügeumwandlungen zu vermeiden. Durch hinzulegen gewisser Elemente können Veränderungen im Gefüge verhindert werden. Somit kann man für niedriglegierte und hochlegierte Gusseisensorten andere Entspannungstemperaturen festlegen. In VDG Merkblatt N1 [5] „Vermeiden und Beseitigung von Eigenspannungen in Gussstücken aus Gusseisen mit Lamellengraphit“ wird für niedriglegierte Qualitäten eine Temperatur von 550 - 600 °C empfohlen. Für hochlegierte Sorten empfiehlt sich ein Temperaturbereich von 600 - 650 °C.

Aufheizgeschwindigkeit	Abkühlung	Glühtemperaturen
allgemein 10 - 50 K/h	25 - 35 K/h bis 300 °C (keinesfalls >40K/h)	Gusseisen unlegiert 500 - 550 °C
komplexe Geometrie 10 - 25 K/h		Gusseisen niedriglegiert 550 - 600 °C
einfache Geometrie 30 - 50 K/h		Gusseisen hochlegiert 600 - 650 °C

Tabelle 1: Zusammenfassung der Wärmebehandlung „Spannungsarmglühen“.

b) Weichglühen

Allgemein versteht man unter Weichglühen die Reduktion der Härte auf einen bestimmten Wert [4]. Im Bereich der Gusseisenqualitäten wird das Weichglühen auch als Ferritisieren, Ferritglühen oder Graphitisieren bezeichnet.

Der Sinn dieser Wärmebehandlung liegt in der Auflösung des freien Zementits bzw. des im Perlit gebundenen Zementits. Der vor dem Weichglühen im Gefüge enthaltene Zementit (Eisenkarbid Fe₃C) ist eine verschleißfeste Hartphase mit einer Härte von ca. 800 HV. Sie stellt bei der Zerspannung von Gusseisen ein erhebliches Hindernis für die zerspannende Schneide des Werkzeuges dar und verursacht einen schnelleren Werkzeugverschleiß. Beim Weichglühen von Gusseisen wird der Zementit in Ferrit und Graphit umgewandelt. Aufgrund dessen erhält man eine deutliche Verbesserung der Bearbeitbarkeit des Werkstoffes. Jedoch tritt durch Diffusion des Kohlenstoffs aus der Matrix hin zum Graphit ein Phänomen auf, das als „Wachsen“ der Teile beobachtet wird. Dieses Wachsen entsteht durch die Volumenvergrößerung bei Ausscheidung des Kohlenstoffs in Form von Graphit [3]. Einen positiven Nebeneffekt beim Weichglühen stellt, ausreichend langsame Abkühlung vorausgesetzt, der nahezu vollständige Abbau der inneren Spannungen des Gussteils dar.

Die Weichglühung kann bei verschiedenen Temperaturen durchgeführt werden. Im Detail heißt das, bei tiefer Temperatur (knapp unterhalb des eutektoiden Intervalls), bei mittlerer Temperatur (knapp über dem eutektoiden Intervall), bei hoher Temperatur (deutlich oberhalb des eutektoiden Inter-

valls) und in Form eines zweistufigen Weichglühens. Es gilt bei der Wahl des jeweiligen Verfahrens die Abkühlbedingungen, die Geometrie und die chemische Zusammensetzung des Gussstückes zu beachten. Als wichtigster Punkt ist hierbei der Einfluss des Siliziums auf die eutektoiden Temperatur anzusehen. Silizium weitet den eutektoiden Bereich auf, wodurch ein Temperaturintervall entsteht [6]. Um einen Erfolg der jeweiligen Wärmebehandlung zu gewährleisten, muss dieses Intervall bei der Wahl der Glühtemperatur und somit des Verfahrens beachtet werden.

Unlegierte Gusseisenqualitäten müssen nicht unbedingt oberhalb der eutektoiden Temperatur geglüht werden, um den möglicherweise vorhandenen Perlit in Graphit und Ferrit umzuwandeln. In diesem Fall ist ein Weichglühen bei niedriger Temperatur zu wählen. Hierbei ist eine Glühtemperatur im Bereich von 700 - 760 °C anzustreben. Die Haltezeit sollte eine Stunde pro 25 mm Wanddicke sein. Die Abkühlgeschwindigkeit liegt für dieses Verfahren bei maximal 50 K/h bis zu einer Temperatur von 300 °C. Es gilt bei dieser Wärmebehandlung zu beachten, dass freier Zementit und Carbide nicht aufgelöst werden können [1] [3] [6] [7].

Für den Fall, dass der Gehalt an carbidstabilisierenden Elementen erhöht ist, kann man die Weichglühung bei mittleren Temperaturen empfehlen. Diese Glühung erfolgt bei Temperaturen zwischen 790 °C und 900 °C. Die Haltezeit sollte, wie beim Weichglühen unterhalb der eutektoiden Temperatur, mit einer Stunde je 25 mm Wanddicke gewählt werden. Ein besonderes Augenmerk muss bei diesem Wärmebehandlungsverfahren auf die Abkühlgeschwindigkeit gelegt werden. Das Durchschreiten des Gebietes von

800 - 680 °C muss mit einer Geschwindigkeit von 10 - 20 K/h erfolgen, damit eine mögliche Bildung von Perlit unterdrückt werden kann. Danach kann die Abkühlung mit 40 - 60 K/h bis 300 °C erfolgen [3] [6].

Sollte der Werkstoff freien Zementit und andere Carbide in der Matrix enthalten, so muss bei hoher Temperatur das Weichglühen erfolgen. Um diese Gefügebestandteile auflösen zu können, muss die Glühtemperatur mindestens 855 °C betragen. Für eine schnelle und damit wirtschaftliche Wärmebehandlung sollte der Temperaturbereich für diesen Fall bei 900 - 950 °C liegen. Die Haltezeit beträgt 1 - 3 Stunden und zusätzlich einer Stunde je 25 mm Wanddicke. Die Abkühlung muss auf das zu erzielende Grundgefüge abgestimmt sein. Das bedeutet, wenn ein perlitisches Grundgefüge erreicht werden soll, muss an bewegter Luft die Abkühlung bis 550 °C erfolgen. Das weitere Herunterkühlen erfolgt im Ofen, um innere Spannungen zu vermeiden. Ist das Ziel eine ferritische Matrix, so ist es erforderlich, dass der eutektoiden Bereich (800 - 680 °C) langsam durchlaufen wird. Die Geschwindigkeit sollte dabei 10 - 20 K/h betragen. Die weitere Abkühlung bis 300 °C erfolgt im Ofen mit 40 - 50 K/h [1] [3] [6] [7].

Glühtemperatur	Haltezeit	Abkühlgeschwindigkeit	Hinweis
Gusseisen unlegiert 700 - 760 °C	1h / 25mm Wanddicke	max. 50 K/h bis 300 °C	freier Zementit und Karbide werden nicht aufgelöst
Gusseisen niedriglegiert (mit karbidstabilisierenden Elementen) 790 - 900°C	1h / 25mm Wanddicke	800 - 680 °C mit 10 - 20 K/h 680 - 300 °C mit 40 - 60 K/h	durch die spezielle Abkühlung wird die Perlitbildung unterdrückt
Gusseisen mit freiem Zementit und Karbiden 900 - 950 °C (jedoch mind. 855 °C)	1 - 3h + 1h / 25mm Wanddicke	Ziel: <i>perlitisches</i> Gefüge Abkühlung an bewegter Luft bis 550 °C 550°C-RT im Ofen zur Vermeidung von Spannungen	freier Zementit und Karbide werden aufgelöst
		Ziel: <i>ferritisches</i> Gefüge Abkühlung im Ofen 800 - 680 °C mit 10 - 20 K/h 680 - 300 °C mit 40 - 50 K/h	

Tabelle 2: Zusammenfassung der Wärmebehandlung „Weichglühen“.

Ist eine hohe Zähigkeit bei ferritischem Gusseisen mit Kugelgraphit gefordert, wird eine zweistufige Weichglühung angewandt. Hierfür wird im ersten Schritt bei einer Temperatur von 850

- 950 °C austenitisiert. Anschließend erfolgt ein Abkühlen an Luft oder im Ofen bis zum eutektoiden Intervall. Im eutektoiden Bereich von 650 - 740 °C wird nachfolgend 5 - 10 Stunden gehalten.

Das Herunterkühlen erfolgt analog zu den vorher genannten Weichglühverfahren [3] [7].

c) Perlitglühen

Sinn des Perlitglühens ist es, durch die Einstellung eines reinperlischen oder teilperlischen Gefüges bestimmte Festigkeitseigenschaften im Gusseisen zu erlangen. Für diese Wärmebehandlung sind die Bezeichnungen Perlitisieren und Normalisieren ebenfalls geläufig. Das Ausgangsgefüge spielt bei diesem Verfahren eine unterge-

ordnete Rolle. Der erste Teil der Perlitisierung beginnt mit einer Austenitierung. Hierfür muss das Material auf 900 - 920 °C erwärmt werden. Die Haltezeit sollte zwischen 1 - 3 Stunden und zusätzlich eine Stunde pro 25 mm Wanddicke liegen. Die Abkühlung muss schnell erfolgen, damit eine Ferritbildung unterdrückt wird. Jedoch sollte das Herunterkühlen auch nicht zu schnell gehen, damit unerwünschte

Härtungsgefüge vermieden werden. In der Praxis erfolgt das Abkühlen an ruhender Luft, bewegter Luft oder mit einem Wassersprühnebel. Theoretisch würde die rasche Abkühlung bis 550 °C ausreichend sein, aber dieses Abfangen der Temperatur ist nur selten möglich. Somit erfolgt meist im Anschluss an diese Wärmebehandlung eine Spannungsarmglühung [1] [3] [6] [7].

d) Härten und Vergüten

Eine Verbesserung der Verschleißbeständigkeit und der mechanischen Eigenschaften von Gusseisenwerkstoffen lassen sich durch Härten und Vergüten erzielen. Das Härten wird möglich, da das Eisen, wie in **Bild 3** dargestellt, in zwei Kristallgitterformen vorliegt, welche temperaturabhängig sind. Oberhalb der eutektoiden Temperatur liegt Graphit und Austenit vor. Austenit ist in seiner Gitterstruktur kubisch-flächenzentriert. Mit sinkender Temperatur nimmt die Löslichkeit des Kohlenstoffs im Austenit ab.

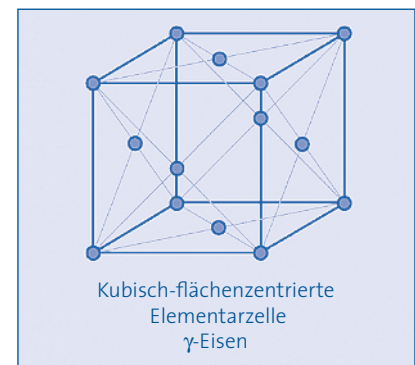


Bild 3: Gitterstruktur der kubisch-raumzentrierten (α -Eisen) und der kubisch-flächenzentrierten (γ -Eisen) Elementarzelle

Unterhalb der eutektoiden Temperatur findet eine Umwandlung in dem α -Mischkristall (Ferrit) statt. Dieses Kristallgitter ist kubisch-raumzentriert. Die Kohlenstofflöslichkeit bei dieser Kristallform ist nahezu null [3].

Somit wird beim Härten zuerst eine Austenitisierung bis zur Kohlenstoff-sättigung des Austenits bei 850 - 950 °C durchgeführt. Anschließend folgt eine sehr schnelle Abkühlung um die Bildung von Ferrit zu vermeiden. Ist die Abkühlung schnell genug, wird der Kohlenstoff im Gitter zwangsgelöst. Es entsteht das typisch nadelartige Härtingsgefüge des Martensits. Um die erforderliche Abkühlgeschwindigkeit zu erreichen, erfolgt das Abschrecken meist in Öl oder Wasser. Die schnelle Abkühlung ist besonders wichtig, um ein Durchlaufen der Umwandlungszonen Perlit, Bainit (siehe Bild 4) zu vermeiden. [3] [4].

Durch dieses Verfahren lassen sich Härten von 45 - 60 HRC (entspricht in etwa 430 - 600 HB) erreichen. Die Zähigkeitseigenschaften sind jedoch nach dem Härten sehr schlecht. Aus diesem Grund wird meist ein Anlassen angeschlossen. Ziel des Anlassens ist die Umwandlung des tetragonalen Martensits in eine kubische

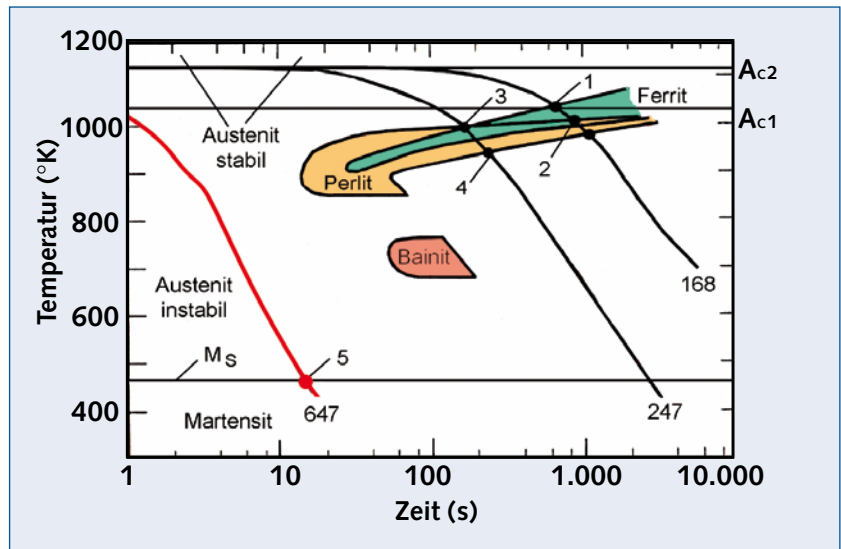


Bild 4: Kontinuierliches ZTU-Diagramm eines typischen Gusseisenwerkstoffes mit Kugelgraphit.

Orientierung (siehe Bild 5). Die Härte wird dabei minimal verringert, jedoch wird die Sprödigkeit deutlich minimiert. Das Anlassen erfolgt im Temperaturbereich von 150 - 650 °C. Härten und Anlassen zusammen wird als Vergüten bezeichnet [3] [4]. Härtetemperatur, Haltezeit und Abkühlgeschwindigkeit sind legierungsabhängig und können im Einzelfall aus ZTU-Diagrammen entnommen oder beim Lieferanten erfragt werden.

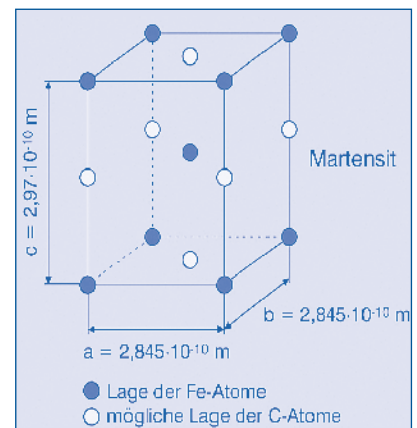


Bild 5: Gitterstruktur des tetragonal verzerrten Martensit-Gitters.

2.2 Nitrieren

Das Nitrieren gehört zu den thermochemischen Härteverfahren. Es beruht darauf, dass härtesteigernde Legierungselemente bei erhöhter Temperatur in die Werkstückoberfläche eindiffundieren. Hierbei nutzt man das Element Stickstoff, das mit dem Eisen des Werkstoffs oder auch mit den Begleitelementen der Legierung harte Nitride bildet und somit die Verschleißbeständigkeit der Werkstoffoberfläche verbessert. Weiterhin kann durch die Stickstoffaufnahme auch die Dauerfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit erhöht werden. Vorwiegend werden als Nitrierverfahren das Salzbadnitrieren, das Ionitrieren und das Gasnitrieren genutzt. Die Gemeinsamkeit aller Verfahren besteht darin, dass Stickstoff aus einem stickstoffabgebenden Mittel bei Temperaturen von 500 °C - 580 °C in die Werkstoffoberfläche diffundiert. Von

Vorteil ist, dass bedingt durch die relativ geringe thermische Belastung keine weitgehenden Gefügeänderungen oder Änderungen der Werkstoffeigenschaften im Kernbereich zu erwarten sind.

Beim Salzbadnitrieren umgibt man das Bauteil für einen Zeitraum von etwa 20h und einer Temperatur von 570 °C mit einer Schmelze aus Cyaniden und Cyanaten. Diese Salze zerfallen an der Werkstückoberfläche und setzen Stickstoff und Kohlenstoff frei, die in die Oberfläche diffundieren. Wegen der gleichzeitigen Aufnahme von Kohlenstoff wird das Verfahren auch Carbonitrieren genannt.

Beim Gasnitrieren wird der benötigte Stickstoff durch Verwendung von Ammoniak bereitgestellt. Bei einer Nitriertemperatur von 500 °C - 560 °C

dissoziiert das Ammoniak zu atomarem Stickstoff, der in die Oberfläche diffundiert. Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass für eine akzeptable Nitriertiefe (0,6 mm) eine Behandlungszeit von bis zu 10h benötigt wird. Der Prozess ist damit sehr langsam und wirtschaftlich wenig interessant. Beim Ionitrieren befindet sich das Bauteil in einer Sauerstoff-Stickstoffatmosphäre bei 550 °C. Durch eine Glimmentladung wird der für den Diffusionsprozess benötigte atomare Stickstoff bereitgestellt. Die Behandlungsdauer beträgt etwa 20 - 50 h.

Die so erzeugte Nitrierschicht unterteilt sich in eine Diffusionszone und eine Verbindungsschicht. Die an der Oberfläche befindliche Verbindungsschicht stellt aufgrund ihrer hohen Härte (>800HV) einen guten Verschleißschutz dar. **Bild 6** zeigt den

Härteverlauf einer Nitrierschicht von der Oberfläche hin zum Kernwerkstoff. Als Nitrierhärte tiefe wird dabei der Abstand von der Oberfläche definiert, an dem das Material noch die Grenzhärte aufweist. Die Grenzhärte ist festgelegt als $GH = (\text{Ist-Kernhärte} + 50) \text{ HV}_1$. [1] [3]

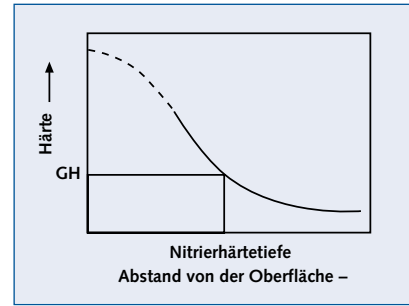


Bild 6: Nitrierkurve (nach DIN 50190)

3. Vorteile einer ferritischen Glühung

Legt man einem Gusseisenwerkstoff eine gleiche chemische Analyse zu Grunde, so kann man durch eine Wärmebehandlung zwei verschiedene Qualitäten erreichen. **Bild 7a) und b)** verdeutlichen den Unterschied zwischen einer ferritisch geblühten und einer un-

geblühten ferritisch-perlitischen Kugelgraphitguss-Qualität. Als Vergleichswert der beiden Qualitäten wurde die Härte herangezogen. **Das Bild 8** zeigt zum einen die Härteverteilung und zum anderen die Differenz zwischen minimaler und maximaler Härte über

den Probenquerschnitt. Die Härte wird reduziert und das Härteintervall engt sich ein. Die dazugehörigen Proben stammen von einem Stranggussprofil Drm. 250 mm, dargestellt in **Bild 9 a) und b)**.

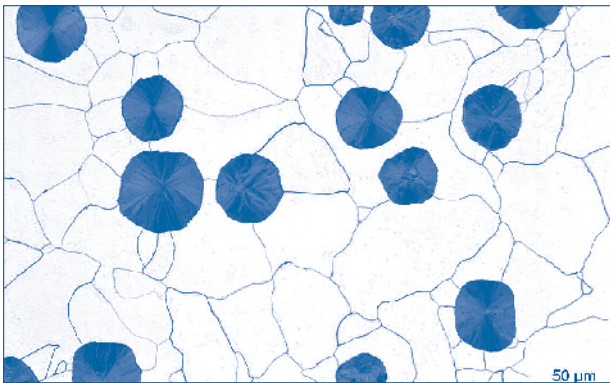
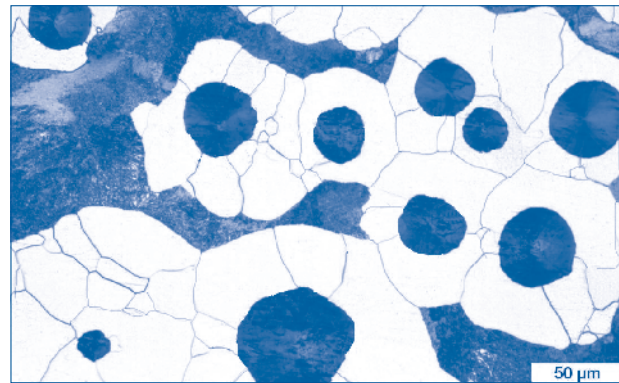


Bild 7 a) ferritisch geblühter GJS, V=200:1, geätzt mit 3%iger HNO₃; 3



b) ungeblühter ferritisch-perlitischer GJS V=50:1, geätzt mit 3%iger HNO₃

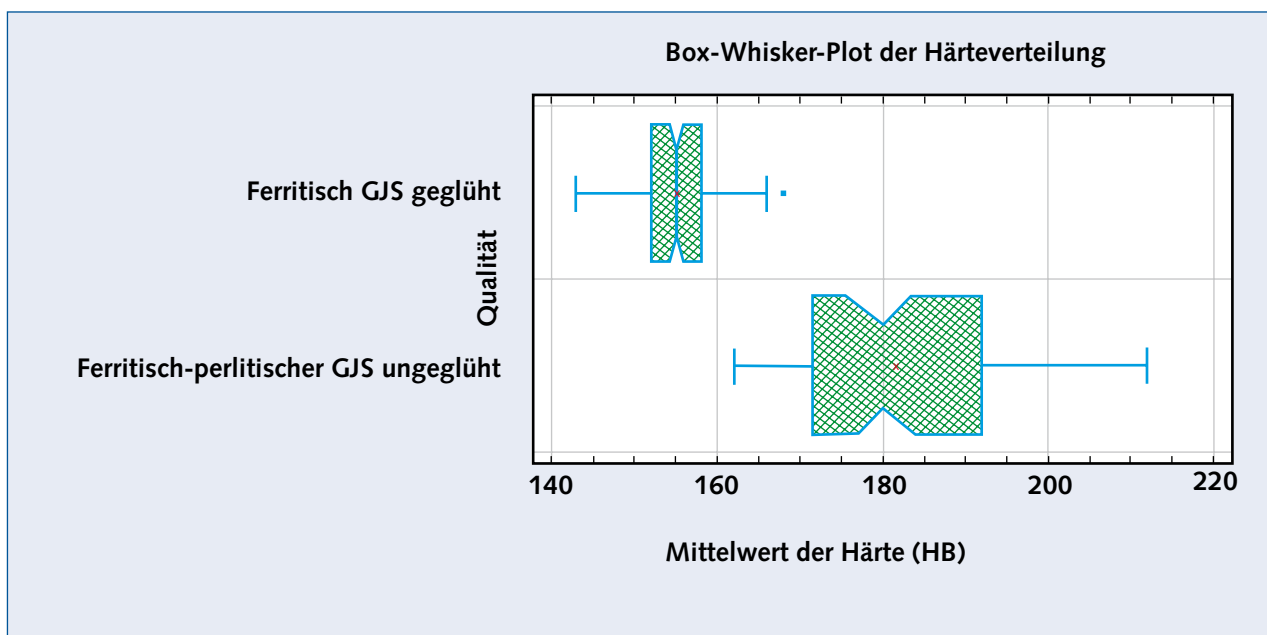


Bild 8: Härteverteilung zweier Werkstoffe mit gleicher Analyse, jedoch unterschiedlicher Wärmebehandlung

($N_{\text{gegl}} = 189$; $N_{\text{ungegl}} = 52$)

Aufgrund dieser Homogenisierung der Werkstoffeigenschaften werden auch die Vorteile für den Bearbeiter klar. Durch die hervorragend zu bearbeitende reinferritische Matrix ist der Werkzeugverschleiß gering und die Bauteile weisen eine hohe Maßhaltigkeit der Bohrungen und Einfräsungen auf.

In nachfolgender Tabelle sind die Produktgruppen mit den zugehörigen Gusseisenqualitäten von Gontermann-Peipers und dem zugehörigen Wärmebehandlungsverfahren aufgelistet.

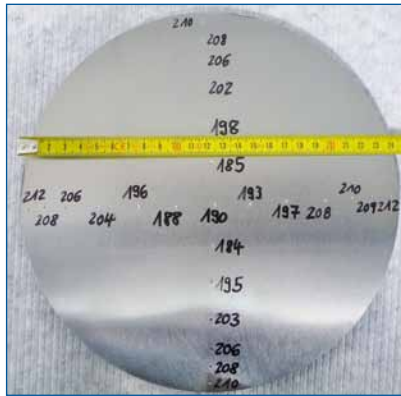


Bild 9 a) Probenscheibe GJL ungeglüht

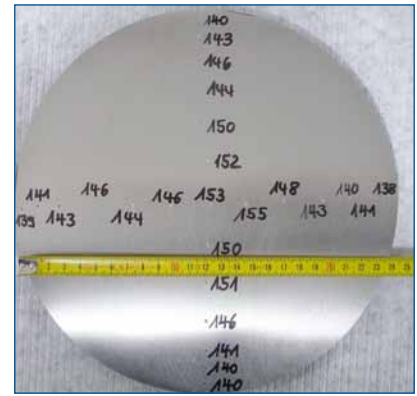



Bild 9 b) Probenscheibe GJL gegläht

Produktgruppe	Gusseisenqualität	Wärmebehandlungsverfahren
Strangguss 	Alle Werkstoffe	Spannungsarmglühen nach Kundenwunsch / Bearbeitungsstand
	EN-GJS 400-15	Weichglühen
	EN-GJS 500-7	Weichglühen
	EN-GJS 600-3	Perlitisieren
	GJS 500-7 CD	Ohne Wärmebehandlung
	GOPAG 500	Weichglühen
	EN-GJL 250	Ohne Wärmebehandlung
	EN-GJL 300	Ohne Wärmebehandlung
	GJL max. 180 HB	Weichglühen

Kokillenguss 	Alle Werkstoffe	Spannungsarmglühen nach Kundenwunsch / Bearbeitungsstand
	EN-GJS 400-15/-18LT	Weichglühen
	EN-GJS 400-15 NG	Ohne Wärmebehandlung
	EN-GJS 500-7	Weichglühen
	EN-GJS 600-3	Perlitisieren
	EN-GJS 700-2	Perlitisieren
	GOPAG 500	Weichglühen
	EN-GJL 250	Ohne Wärmebehandlung
	EN-GJL 300	Ohne Wärmebehandlung
	GJL max. 180 HB	Weichglühen
Ni-Resist-Qualitäten	Auf die Werkstoffe speziell abgestimmte Wärmebehandlung	

Schleuderguss 	Alle Werkstoffe	Spannungsarmglühen nach Kundenwunsch / Bearbeitungsstand
	EN-GJS 400-15/-18LT	Weichglühen
	EN-GJS 500-7	Weichglühen
	EN-GJS 600-3	Perlitisieren
	EN-GJS 700-2	Perlitisieren
	EN-GJL 250	Ohne Wärmebehandlung
	EN-GJL 300	Gehärtet oder ohne Wärmebehandlung
	GJL max. 180 HB	Weichglühen
Ni-Resist-Qualitäten	Auf die Werkstoffe speziell abgestimmte Wärmebehandlung	

4. Schlussfolgerung

Die Wärmebehandlung von Gusseisen verändert die Eigenschaften des Gussteiles. Diese Wärmebehandlung ist teilweise aufwendig und dem Gussverbraucher erschließt sich oft der Nutzen nicht. Bei dem ferritisierenden Glühen ist je nach Ofengröße und Energieart mit Kosten von 6 bis 10 Cent je kg Guss zu rechnen. Dieser Aufwand lohnt sich für den Kunden, wenn er seine Bearbeitungsparameter und seine Genauigkeit wesentlich steigern kann. So ist bei einem 15 kg schweren Gussteil mit 90 Cent Glühkosten eine Einsparung je nach Bearbeitungsart von bis zu 20 % zu realisieren. Bei einem Hydraulikblock mit einem Verkaufspreis von 300 Euro, einem Materialpreis von 27 Euro und Bearbeitungskosten von 273 Euro sind das 54 Euro Einsparung. [9] Diese Berechnungen wurden bei Beratungen durch Kunden schon vielfach bestätigt. Da in Europa für Strangguss nicht ausreichend Glühkapazität vorhanden ist, wird mehr als die Hälfte der Produktion nicht ferritisch geblüht.

Viele Kunden kennen die Vorteile einer gezielten Wärmebehandlung nicht.

Durch fachkundige Beratung aus dem Hause Gontermann-Peipers können auch Sie Ihre Potenziale durch bessere

Prozesse, weniger Ausschuss und höhere Produktivität ausschöpfen. Dazu stehen Ihnen schon bei der Konstruktion unsere Werkstofffachleute zur Verfügung. Auch bei der Optimierung bestehender Produkte beraten wir Sie gerne.



Literatur

- [1] K. Herfurth, „Gusseisen-Strangguss für eine innovative Teilefertigung,“ konstruieren + giessen, Bd. 30, Nr. 3, pp. 12-15, 2005.
- [2] H. Blumenauer, *Werkstoffprüfung*, Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 6. Auflage 1994.
- [3] D. B. Wolters, „Wärmebehandeln von Bauteilen aus Gußeisen mit Lamellen- oder Kugelgraphit,“ konstruieren + giessen, Bd. 21, Nr. 2, pp. 4-20, 1996.
- [4] D. Liedtke, *Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen I, Grundlagen und Anwendungen*, Renningen: expert verlag, 8. Auflage 2010.
- [5] VDG, „VDG-Merkblatt N 1, Vermeiden und Beseitigung von Eigenspannungen in Gußstücken aus Gußeisen mit Lamellengraphit,“ VDG, Düsseldorf, 1981.
- [6] Autorenkollektiv, „Gusseisen mit Lamellengraphit Herstellung - Eigenschaften - Anwendung,“ konstruieren + giessen, Bd. 25, Nr. 2, pp. 1-82, 2000.
- [7] Autorenkollektiv, „Gusseisen mit Kugelgraphit Herstellung - Eigenschaften - Anwendung,“ konstruieren + giessen, Bd. 32, Nr. 2, pp. 1-101, 2007.
- [8] D. Liedtke, *Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen II, Nitrieren und Nitrocarburieren*, Renningen: expert verlag, 5. Auflage 2010.
- [9] R. Gorski und F. Dörfer, *Guss ist nicht gleich Guss, ke Konstruktion & Engineering* Nov 2009

Alle Bilder der Glühöfen stammen aus dem Werk Gontermann-Peipers