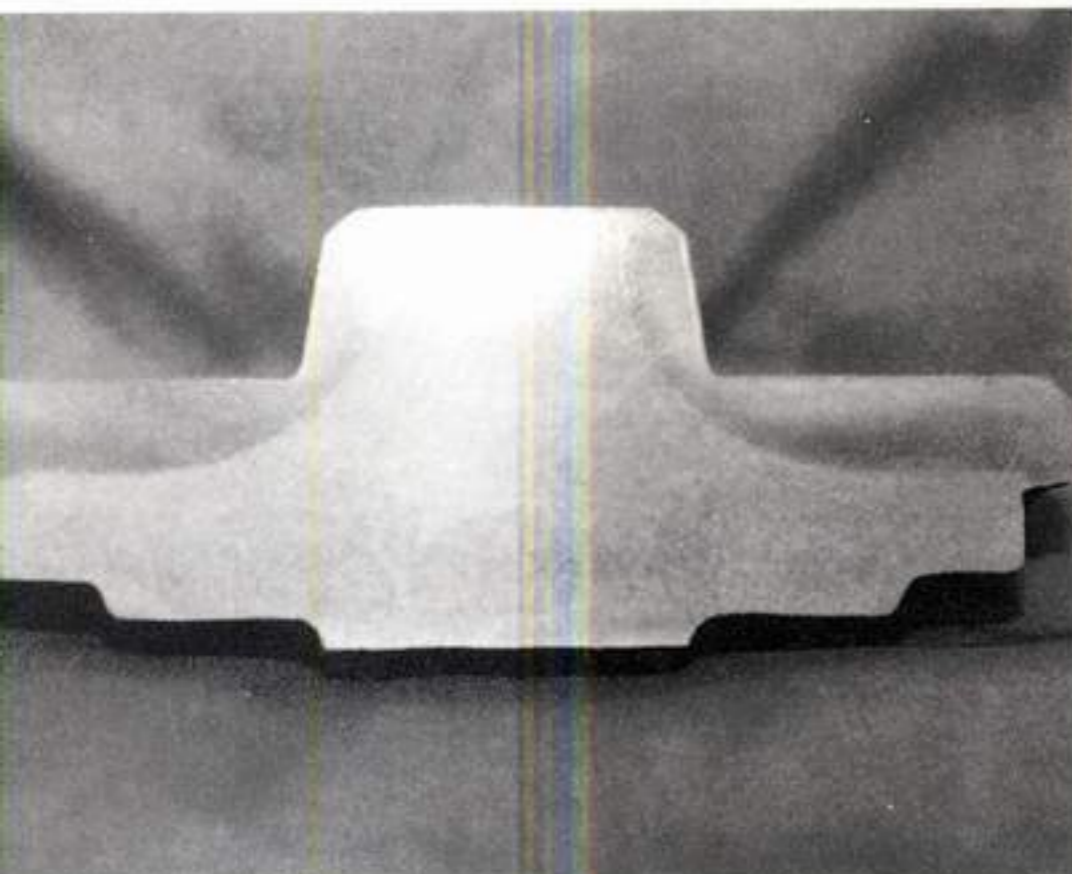


Die Temperatur und der Werkstoff

Wärmebehandlung von Grauguß mit Lamellengraphit

Günter Liebmann

Angaben über mögliche Veränderungen der Festigkeit des Konstruktionswerkstoffes Grauguß in Verbindung mit Glüh- arbeitsgängen oder Härteprozessen sind für Entwicklungsingenieure durchaus interessant. Im folgenden Beitrag wird ein Überblick über die in der Praxis am häufigsten realisierten Wärmebehandlungsverfahren in Verbindung mit dem Einsatz von GG nach DIN 1691 für Gehäuse, Maschinenbetten und diverse andere Bauteile im Maschinenbau und der Feinwerktechnik gegeben.



Im Gegensatz zum Konstruktionswerkstoff Stahl weist GG einen heterogenen Gefügestand auf. Es handelt sich um eine stahlähnliche Matrix, in der mehr oder weniger homogen verteilt Graphit eingelagert ist. Die Menge und die Ausbildungsform des Graphits sind durch eine nachträgliche thermische Behandlung im Bereich der festen Lösung nicht mehr wesentlich zu beeinflussen. Die stahlähnliche Matrix läßt sich dagegen durch gezielte Wärmebehandlungen in relativ weiten Grenzen verändern.

Eine optimale Anpassung der Eigenschaften des GG an bestimmte Gebrauchseigenschaften von Konstruktionselementen ist somit gegeben. Als die wichtigsten Wärmebehandlungsverfahren haben sich aus der Sicht des Lohnhärterers das Glühen (Spannungsarm- und Weichglühen) und das Härten herauskristallisiert.

Spannungsarmglühen

Das Spannungsarmglühen von Gußteilen ist ein Qualitätskriterium, das keinesfalls unterschätzt werden sollte. Nicht spannungsarm geprüfte Teile neigen besonders an Querschnittsübergängen zur Ribbildung. Das Glühen sollte möglichst schon in der Gießerei erfolgen. Ungeglühte Teile reißen schon oft während des Transportes zum Kunden. Das Spannungsarmglühen von GG wird im Temperaturbereich von 500 bis 700 °C durchgeführt. Ausreichend ist eine Haltezeit von 1 h je 25 mm Wanddicke. Anschließend ist langsam im Ofen (etwa 30 K/h) abzukühlen. Der Spannungsabbau nimmt mit Erhöhung der Glüh-temperatur zu. Im genannten Temperaturbereich kann ein Spannungsabbau von 80 bis 95% erreicht werden. Ein Glühen der Konstruktionsteile an der oberen Grenze des genannten Temperaturbereiches ist daher am erfolgversprechendsten, kann aber aus Gründen der Festigkeit und Starrheit von Konstruktionen nicht in jedem Fall praktiziert werden.

Aus Bild 2 sind für die Gußsorten GG-15 und GG-25 die Härteveränderungen in Funk-

Bild 1 : In der Härterei Reese Weimar MF-induktiv gehärtete Laufrolle aus Gußwerkstoff

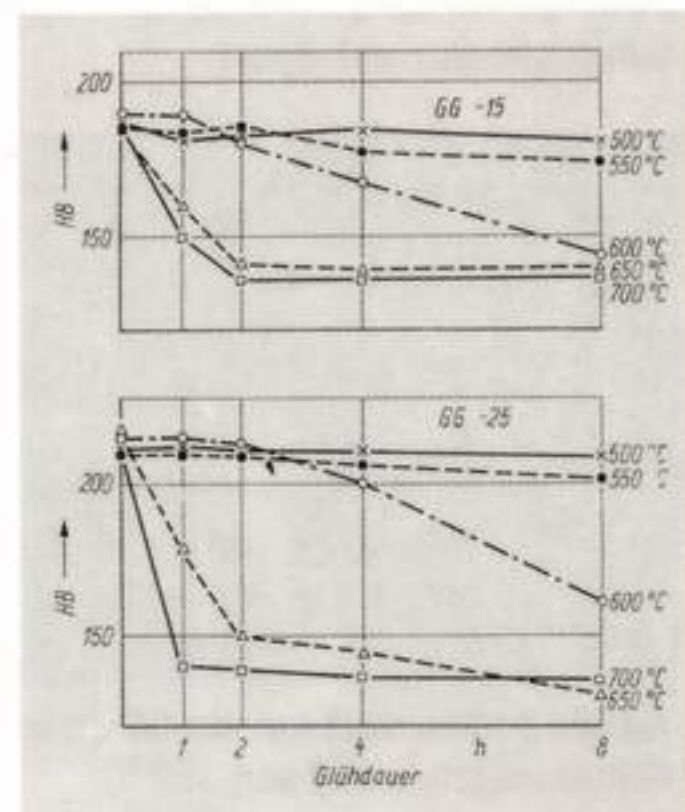


Bild 2: Härteveränderungen durch Spannungsarmglühen in Abhängigkeit von der Glüh-temperatur ($t = \text{const.}$)

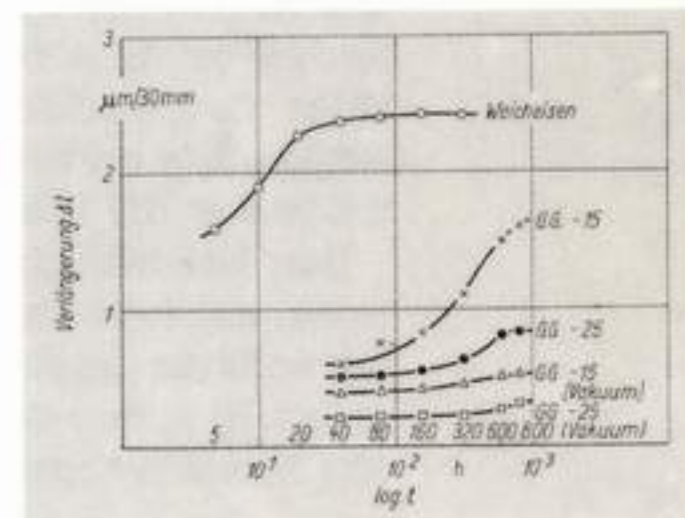


Bild 3: Isothermische Längenänderungen bei einer 250 °C-Glühung von GG-15 und GG-25 unter offener Atmosphäre und unter Vakuum

tion von der Glühdauer mit den Glüh-temperaturen als Parameter zu entnehmen. Bei Glüh-temperaturen von 500 und 550 °C verändert sich die Härte im untersuchten Zeitbereich nicht wesentlich. Bei einer Glühung bei 600 °C tritt schon nach 2 h ein merklicher Härteverlust auf. Nach achtstündigem Glühen fällt die Härte von etwa 185 auf 145 HB (GG-15) bzw. von 225 auf 160 HB (GG-25) ab. Eine weitere Temperaturerhöhung über die Temperaturstufen 650 und 700 °C führt schon zu einer spontanen Abnahme der Härte im Kurzzeitbereich. Sowohl beim GG-15 als auch beim GG-25 werden ab ca. 2 h Glühdauer nur noch Härten von maximal 140 HB erreicht.

Wie wirkt sich dieses Verhalten auf die für Grauguß wichtigen Konstruktionsparameter Starrheit und Festigkeit aus? In Tabelle 1

		GG-15		GG-25	
		Rm N/mm ²	E-Modul N/mm ²	RM N/mm ²	E-Modul N/mm ²
Anlieferung		200	105600	269	121500
500 °C	1 ^h	200	105600	269	121500
	2 ^h				
	4 ^h				
	8 ^h				
600 °C	1 ^h	200	105600	269	121500
	2 ^h	193	104200	258	119300
	4 ^h	169	98200	235	114300
	8 ^h	127	85800	152	93100
700 °C	1 ^h	138	89300	121	84200
	2 ^h	121	84200	118	83300
	4 ^h				
	8 ^h				

Tabelle 1 : Veränderungen der Festigkeit und des E-Moduls von GG-15 und GG-25 in Abhängigkeit von Glüh-temperatur und -dauer

		GG-15			GG-25		
		150	250	350	150	250	350
Zeit h	Temp. °C						
	10	<0,001	0,0011	0,004	<0,001	0,0014	0,0028
	20	<0,001	0,0015	0,0046	<0,001	0,0014	0,003
	40	<0,001	0,002	0,0055	<0,001	0,0014	0,0037
	80	0,0017	0,0022	0,007	<0,001	0,0018	0,0052
	160	0,0025	0,0032	0,0094	<0,001	0,002	0,007
	320	0,0034	0,0038	0,014	0,001	0,0025	0,0085

Tabelle 2 : Das Wachsen von GG-15 und GG-25 beim Glühen zwischen 150 und 350 °C

sind die Veränderungen der Bruchfestigkeit und des E-Moduls in Abhängigkeit von der Glüh-temperatur und -dauer zusammengestellt. Ab Glüh-temperaturen ≥ 600 °C ist ein zunehmender Abbau beider Werte festzustellen. Ganz beachtlich sind Bruchspannungsabnahme und Verringerung des E-Moduls bei einer 700 °C-Glühung.

Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse muß vom Konstrukteur entschieden werden, wo für das spezielle Gußteil die Prämisse liegt. Ist es die Festigkeit und Starrheit oder die maximale Spannungsarmut?

Weichglühen

Abkühlungsbedingt können beim Gießen von Werkstücken mit schwachen Querschnitten Gefügeanomalitäten auftreten, die eine mechanische Bearbeitung an den „weißerstarrten“ Stellen nahezu unmöglich macht. Es handelt sich um voreutektoiden Zementit, der durch ein Glühen zwischen 850 und 900 °C über mindestens 3 h zum Zerfall gebracht werden kann. Dieser Prozeß wird „Weichglühen“ oder „Karbidgefallsglühen“ genannt. Das Abkühlen von der Glüh-temperatur kann an der Luft oder im Ofen erfolgen. Die Abkühlungsge-

schwindigkeit sollte 40 bis 60 K/h betragen. Erfolgt die Abkühlung im Umwandlungsbereich zu langsam, kann es zur vollen Ferritisierung kommen. Man erhält einen Guß, der nach der DIN 1691 keiner Güteklasse mehr zugeordnet werden kann.

Im Zusammenhang mit dem Weichglühen sollte auf das Wachsen des GG hingewiesen werden. Aus einer Vielzahl von Untersuchungen ist bekannt, daß bei Gußglühungen > 700 °C Volumenzunahmen bis zu 5% möglich sind. Sie beruhen auf Zerfall des Zementits und Perlits sowie auf Oxidationsvorgängen entlang der Graphitlamellen und auf Gefügauflockerungen in Verbindung mit der Oxidation. Das Wachsen von GG findet aber nicht nur bei Temperaturen > 700 °C statt. Für die Feinwerktechniker dürfte interessant sein, daß auch schon ein Wachsen des Graugußes bei Temperaturen > 150 °C zu beobachten ist, d. h. bei Temperaturen, die z. B. bei der Farbgebung jederzeit auftreten können. Aussagekräftig ist dazu die Zusammenstellung von Meßergebnissen in der Tabelle 2. Temperatur- und zeitabhängig kann je nach Gußqualität ein Wachsen bis zu 0,014% auftreten. Bezogen auf eine Meßlänge von 100 mm bedeutet das Längenzunahmen bis zu 14 µm.

Als Ursache für das Wachsen im Temperaturbereich von 150 bis 350 °C scheidet der Zementitzerfall aus. Seine unterste Temperaturgrenze liegt bei etwa 400 °C. In Anlehnung an die Vorgänge bei hohen Temperaturen bleibt zunächst als Triebkraft für das Wachsen nur die innere Oxidation. Eine Bestätigung hierzu sollte durch Glühungen von Parallelproben an offener Atmosphäre und im Vakuum erbracht werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind aus Bild 3 zu entnehmen. Auch das Vakuumglühen führt bei beiden Gußqualitäten zu einer Verlängerung. Sie liegt bei etwa 50% der Verlängerungen offengeglühter Proben. Neben der schon genannten inneren Oxidation muß ein zweiter Wachstumsmechanismus wirksam sein. Vermutlich handelt es sich um einen Vorgang, der mit der Abschreckalterung zu vergleichen ist. Es findet eine Ausscheidung von Kohlenstoff und Stickstoff aus dem unterkühlten übersättigten Ferrit statt, die, wie der Vergleich mit einer lösungsgeglühten Weicheisenprobe zeigt, mit einem Wachsen verbunden ist.

Härten von GG

Voraussetzung für ein erfolgreiches Härten von GG-Werkstoffen ist, daß genau wie bei

Eisen-Kohlenstoff-Knetlegierungen vor dem Abschrecken eine weitgehend mit Kohlenstoff angereicherte feste Lösung (Austenit) vorliegt. Bedingung dafür ist ein weitgehend perlitisches Ausgangsgefüge, das bei einer Gußausgangshärte ≥ 200 HB in der Regel vorliegt.

Bild 4 zeigt die mit einem GG-25 zu erreichenden Härten für Öl- und Wasserabschreckung in Abhängigkeit von der Härte-temperatur. Zusätzlich sind Angaben über die im Härtegefüge stabilisierte Restaustenitmenge und deren Reduzierung durch eine Tieftemperaturbehandlung bei $-195,8$ °C enthalten. Bei Nutzung des optimalen Härte-temperaturbereiches können in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Grundmasse Oberflächenhärten von 43 bis 55 HRC erreicht werden. Neben der konventionellen Volumenhärtung in Öl, Wasser und Zwischenstufe oder Warmbad ist von der technischen Anwendung her das partielle Randschichthärten am weitesten verbreitet. Typische Beispiele sind Laufbahnen von Maschinenbetten oder diverse Transportrollen (Bild 1).

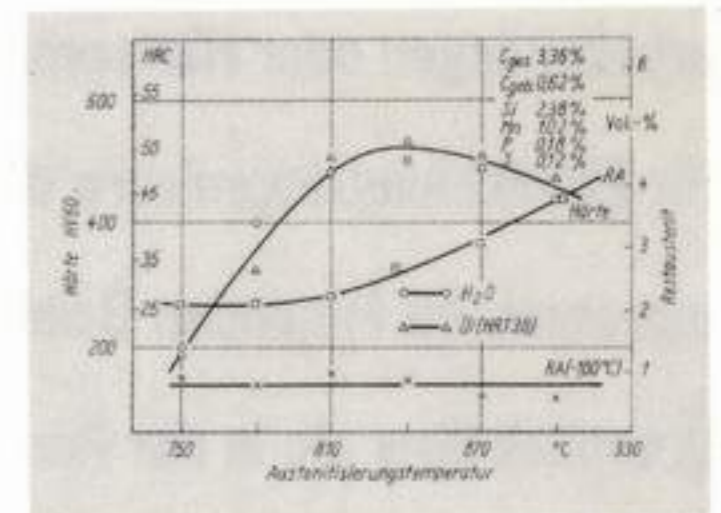


Bild 4: Härte- und Restaustenitverlauf durch normales Abschreckhärten von GG-25 in Öl und Wasser in Abhängigkeit von der Härte-temperatur

Schlußbemerkung

Die Ausführungen sollten aus der Sicht eines Wärmebehandlers, Entwickler und Konstrukteure etwas näher mit Fragen der Wärmebehandlung von Grauguß mit Lamellengraphit bekannt machen. Auf viele interessante Details konnte nicht eingegangen werden. Schon bei der Konstruktion sollte intensiv über notwendige Wärmebehandlungen und deren bauteilspezifischen Realisierbarkeit nachgedacht werden. Im Zweifelsfall hat sich bisher eine Kontaktaufnahme mit einem Wärmebehandler immer positiv ausgewirkt.

Dr.-Ing. Günter Liebmann, Härtereireese Weimar GmbH & Co. KG, Weimar

Haben Sie Fragen zu den Beiträgen oder wünschen Sie weitere Informationen? Nutzen Sie unseren Informations-Service:

Härtereireese Bochum GmbH
Oberscheidstraße 25
44807 Bochum

Informations-Service:
Tel. (0234) 9036-50
Fax (0234) 9036-96

Härtereireese Brackenheim GmbH
Gaswerkstraße 17
74336 Brackenheim

Informations-Service:
Tel. (07135) 97403-0
Fax (07135) 960266

Härtereireese Chemnitz GmbH & Co. KG
Otto-Schmerbach-Straße 19
09117 Chemnitz

Informations-Service:
Tel. (0371) 81583-0
Fax (0371) 81583-49

Härtereireese Weimar GmbH & Co. KG
Kromsdorfer Straße
99427 Weimar

Informations-Service:
Tel. (03643) 4809-0
Fax (03643) 4809-87