

Dienstleistung Wärmebehandlung: Nitrieren und Nitrocarburieren

GÜNTER LIEBMANN

Spezielle Oberflächeneigenschaften werden bei steigenden technischen Anforderungen immer entscheidender für die Funktionalität und Lebensdauer eines Produkts. So kann die Verschleißfestigkeit metallischer Werkstoffe zum einen beispielsweise durch Auftragen galvanischer Beschichtungen erhöht werden; zum anderen lassen sich durch Gefügeänderungen harte Schichten im Werkstoff selbst erzeugen. Zu diesen Verfahren gehören das Nitrieren und Nitrocarburieren, über die im folgenden berichtet werden soll.

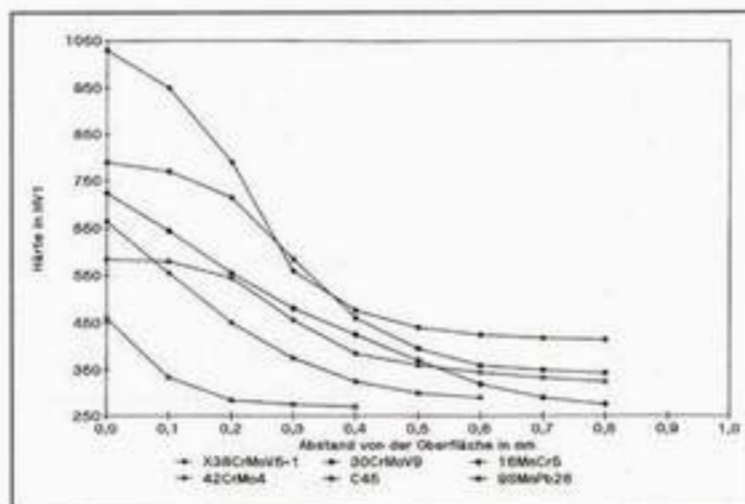
Einführung

Im Maschinen-, Apparate-, Fahrzeug- und Anlagenbau werden Forderungen nach speziellen Oberflächeneigenschaften zunehmend durch Lösungen mit Verbundwerkstoffen realisiert. Geeignete Verbundschichten können zum Beispiel durch Aufspritzen, Aufschweißen oder galvanisches Aufbringen erzeugt werden. Eine andere Möglichkeit ist die Anreicherung der Werkstückoberfläche aus Stahl mit bestimmten chemischen Elementen mit dem Ziel, durch konzentrationsabhängige Gefügeänderungen maßgeschneiderte Schichten in der Oberfläche selbst zu installieren. Zu letzteren Verfahren, denen die Diffusionstechnik zugrunde liegt, zählen das Nitrieren und Nitrocarburieren. Beide Verfahren, deren Grundlagen auf Arbeiten von A. W. Machlet aus dem Jahr 1913 (Nitrieren) sowie von A. B. Kinzel und J. J. Egan aus dem Jahr 1929 (Nitrocarburieren) zurückgehen, konnten in den zurückliegenden Jahren erfolgreich weiterentwickelt werden. Dabei wurden Bauteileigenschaften wie Verschleiß- und Korrosionswiderstand sowie Dauer- und Wälzfestigkeit, verglichen mit dem unbehandelten Zustand, verbessert und zählen neben der verzugsarmen Behandlung zu den spezifischen Merkmalen dieser Verfahren.

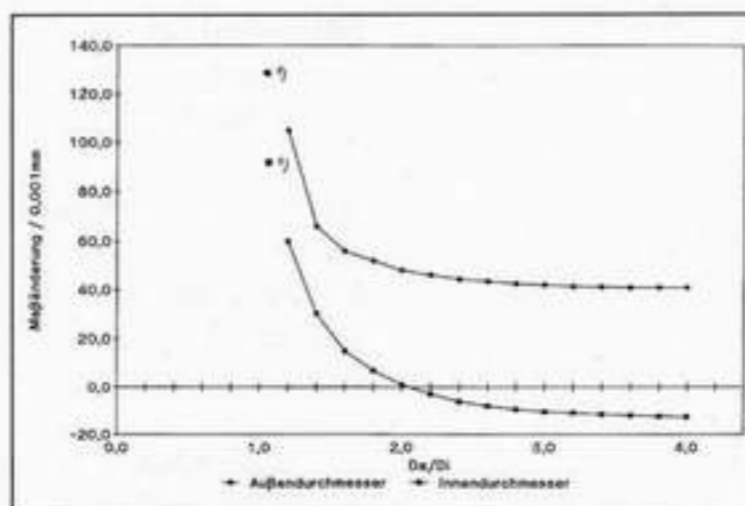


1: Typischer Aufbau einer Nitrierschicht
Gefügeaufnahme (500:1) eines gasnitrierten Stahls C 45

Im Rahmen dieser Entwicklungsgeschichte hat sich eine Vielzahl von Verfahrensvarianten herausgebildet, die auf dem Markt u. a. mit den Bezeichnungen Gasni-



2: Typische Härteverläufe in Ausscheidungsschichten verschiedener gasnitrierter Werkstoffe
36 Stunden Nitrierzeit bei 530 °C



3: Maßänderungen von rohrähnlichen Körpern aus dem Stahl 42 CrMo 4 V beim Gasnitrieren
36 Stunden Nitrierzeit bei 530 °C; ¹⁾ Serienwerte

trieren (klassisch), Gasnitrieren mit N₂-Verdünnung, Gasdrucknitrieren, Gasoxinitrieren, Deganit, Nitroxidur, Plasmanitrieren, Tenifer, Vario-Nitro-Carb, Nitroflex, Nitemper und Nitroc angeboten werden. Mit dieser Fülle von zum Teil produktbezogenen Verfahrensvarianten werden Lohnhärtereien, die die Verfahren Nitrieren und Nitrocarburieren als Dienstleistung anbieten, nahezu täglich konfrontiert. Dabei wird in der Regel davon ausgegangen, daß das Wachstum von Nitrierschichten verfahrensabhängig sei. Das trifft aber nur für das Wachstum der Verbindungsschicht zu. Das Wachsen der Ausscheidungsschicht ist ein diffusionsgesteuerter Vorgang. Der Stofftransport in das Werkstückinnere erfolgt bei gegebener Temperatur und einem durch den Matrixwerkstoff vorgegebenen Diffusionskoeffizienten mit dem in der Matrix sich einstellenden Konzentrationsgefälle als treibende Kraft.

Die Grundverfahren Nitrieren und Nitrocarburieren

Letztlich lassen sich alle genannten Verfahrensvarianten auf die beiden Grundverfahren Nitrieren unter Verwendung eines ausschließlich stickstoffabgebenden Mediums und Nitrocarburieren unter Verwendung von stickstoff- und kohlenstoffabgebenden Medien zurückführen. Das klassische Gasnitrieren erfolgt im Temperaturbereich von 490 bis 560 °C. Das Nitrocarburieren wird bei 570 bis 580 °C durchgeführt.

Bild 1 zeigt den typischen Aufbau einer Nitrierschicht. In der äußeren Verbindungsschicht (VS) bilden beim Nitrieren die Stickstoffatome mit den Eisenatomen und mit den Atomen der nitridbildenden Elemente des Matrixwerkstoffs Nitride. Beim Nitrocarburieren bilden die Stickstoff- und Kohlenstoffatome Carbonitride. Die Dicke der Verbindungsschicht ist über Prozessparameter steuerbar. Gängig sind VS-Dicken bis maximal 0,03 mm. Je nach Werkstoffzusammensetzung beträgt die Härte der Verbindungsschicht 700 bis 1200 HV 0,02.

Der Verbindungsschicht folgt die Ausscheidungsschicht (DS). In ihr reichern sich verfahrensunabhängig Stickstoffatome an, die durch eine verfestigende Wirkung zu charakteristischen Eigenschaftsänderungen führen. Typische Härteverläufe in Ausscheidungsschichten gasnitrierter Werkstoffe zeigt **Bild 2**. Die unterschiedlichen Härteverläufe ergeben sich im wesentlichen aus der Zusammensetzung des

Dr.-Ing. Günter Liebmann ist Prokurist und technischer Leiter der Härtereireise Weimar GmbH & Co. KG in 99427 Weimar

Matrixwerkstoffs. Dabei spielen die Art und die Menge der Nitridbildner eine entscheidende Rolle.

Weitere Einflußgrößen sind die Nitrier-temperatur und das Ausgangsgefüge. Bei Nitriertemperaturen im unteren Bereich der angegebenen Temperaturspanne liegen die erreichbaren Härten in der Regel um 80 bis 120 HV 0,5 höher. Ursache hierfür ist die Menge und die Größe der ausgeschiedenen Nitride. Als das beste Ausgangsgefüge hat sich der Vergütungszustand herauskristallisiert. Liegt nach der Vergütung die Größe der ehemaligen Austenitkörner nach DIN 50601 bei einer Korngrößenkennzahl 5 und höher (Auswertungsmaßstab 100:1), ist eine gute Nitrierbarkeit gegeben. Die Härte in der Ausscheidungsschicht kann Werte bis zu etwa 1200 HV 0,5 erreichen. In **Tabelle 1** sind für einige Stähle und Gußwerkstoffe die durch klassisches Gasnitrieren erreichbaren Oberflächenhärten in Abhängigkeit von den Kernhärten (Vergütungszustand) zusammengestellt. Es handelt sich um Praxisergebnisse der Härtereien Reese aus den letzten fünf Jahren.

Tabelle 2 [1] gibt einen Überblick über mögliche Eigenschaftsänderungen durch Nitrieren und Nitrocarburieren. Wie auch bereits aus Bild 2 zu entnehmen ist, werden diese Eigenschaftsänderungen stark von der Zusammensetzung der nitrierten oder nitrocarburieren Stähle bestimmt. Weiterhin zeigen die Tabellen 1 und 2, daß das Nitrieren und Nitrocarburieren sich keinesfalls nur auf die Behandlung der in der

DIN 17211 ausgewiesenen speziellen Nitrierstähle beschränkt. Erfolgreich nitriert und nitrocarburieren werden heute allgemeine Baustähle, unlegierte Kohlenstoffstähle, legierte Einsatz- und Vergütungsstähle, Kalt-, Warm- und Schnellarbeitsstähle, Gußwerkstoffe GGL und GGG sowie auch Sinterwerkstoffe.

Bei der Festlegung des gewünschten Eigenschaftsprofils sollte möglichst frühzeitig ein Wärmebehandlungsfachmann konsultiert werden. Grundsätzlich gilt, daß der Verbindungs- und der Ausscheidungsschicht jeweils ganz charakteristische Eigenschaften zugeordnet werden können. Die Verbindungsschicht zeichnet sich vor allem durch ihren hohen Widerstand gegenüber gleitender Verschleißbeanspruchung und eine Verbesserung der Korrosionsfestigkeit aus. Nachteilig ist ihre Sprödigkeit. Die Ausscheidungsschicht, wesentlich zäher als die Verbindungsschicht, weist Druckeigenstressungen auf, die zu einer Verbesserung der Wechselfestigkeit und Lebensdauer von schwingend beanspruchten Bauteilen führen.

Anwendungsbeispiele aus der Industrie

Der Anwendungsbereich des Nitrierens und Nitrocarburierens in der metallverarbeitenden Industrie ist breit gefächert. Aus der Vielzahl der Anwendungsgebiete sollen, abgeleitet aus der Auftragshäufigkeit in der Härtereien Reese Weimar, nachfolgend drei

Einsatzfälle etwas näher betrachtet werden.

Beispiel aus der Feinwerktechnik

Hohe Verschleißfestigkeit, gepaart mit einer gewissen Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit, und weitgehende Verzugsfreiheit, gepaart mit geringstem Maßänderungsverhalten, empfehlen den Einsatz der Nitrierverfahren in der Feinwerktechnik. Interessant ist für Anwender aus dieser Gruppe die Maßhaltigkeit und deren Reproduzierbarkeit von Charge zu Charge. Fakt ist, daß durch die relativ niedrigen Behandlungstemperaturen beim Nitrieren und durch den Wegfall überkritischer Abschreckprozesse nur sehr geringfügige Maß- und Formänderungen auftreten. Die Größenordnung wird vom verwendeten Werkstoff und den Behandlungsparametern bestimmt. Bei Nitrierhärte-tiefen bis 0,6 mm muß man mit einem Wachsen der Bauteile bis ca. 0,04 mm pro Fläche rechnen. Der Verzug wird primär vom Eigenspannungszustand der Werkstücke bestimmt. Grundsätzlich sollte vor der Endbearbeitung zum Nitrieren ein Spannungsarmglühen unter Berücksichtigung der geforderten Grundfestigkeit des Bauteilwerkstoffs erfolgen.

Besonders kritisch sind Maßänderungen, die von der Werkstückgeometrie mit beeinflusst werden. Hierzu zählen in der Feinwerktechnik bevorzugt rohrähnliche Körper. In Vorbereitung des Gasnitrierens von Lagerbuchsen aus dem Stahl 42 CrMo 4 V

| Werkstoff | Werkstoff-schlüssel | Kernhärte HV 10/30 | Oberflächenhärte HV 1/5 | Nitrierhärte-tiefe [mm] |
|---|---------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| Automatenstähle | | | | |
| DIN 11651 9 SMnPb 28 Baustähle | 1.0718 | 120-270 | 450-700 | 0,2-0,6 |
| DIN 10570 St 52-3 | 1.0570 | 140-270 | 450-650 | 0,2-0,6 |
| Einsatzstähle | | | | |
| DIN 17210 C 15 | 1.0401 | 110-140 | 300-500 | 0,2-0,6 |
| 16 MnCr 5 | 1.1731 | 140-207 | 600-750 | 0,2-0,8 |
| 20 MnCr 5 | 1.7147 | 140-217 | 600-750 | 0,2-0,8 |
| 17 CrNiMo 6 | 1.6587 | 160-230 | 650-750 | 0,2-0,8 |
| Vergütungsstähle | | | | |
| DIN 17204 C 35 | 1.0501 | 170-220 | 300-400 | 0,2-0,8 |
| C 45 | 1.0503 | 190-240 | 300-550 | 0,2-0,8 |
| C 60 | 1.0601 | 230-315 | 400-600 | 0,2-0,8 |
| 25 CrMo 4 | 1.7218 | 200-340 | 450-750 | 0,2-0,8 |
| 34 CrMo 4 | 1.7220 | 250-370 | 450-780 | 0,2-0,8 |
| 42 CrMo 4 | 1.7225 | 280-400 | 500-720 | 0,2-0,8 |
| 51 CrV 4 | 1.8159 | 270-400 | 600-750 | 0,2-0,8 |
| 30 CrNiMo 8 | 1.6580 | 340-450 | 550-750 | 0,2-0,8 |
| 14 CrMoV 6.9 | 1.7735 | 260-400 | 750-900 | 0,2-0,8 |
| Werkzeugstähle | | | | |
| DIN 17350 90 MnCrV 8 | 1.2842 | 340-380 | 350-450 | 0,1-0,4 |
| 102 Cr 6 | 1.2067 | 400-440 | 500-600 | 0,1-0,4 |
| X 210 Cr 12 | 1.2080 | 450-600 | 650-800 | 0,1-0,3 |
| X 155 CrVMo 12.1 | 1.2379 | 600-700 | 850-1050 | 0,1-0,3 |
| X 45 NiCrMo 4 | 1.2767 | 300-400 | 450-650 | 0,1-0,4 |
| 40 CrNiMo 7 | 1.2311 | 200-240 | 600-800 | 0,1-0,4 |
| X 38 CrMoV 5.1 | 1.2343 | 400-500 | 900-1100 | 0,1-0,4 |
| X 40 CrMoV 5.1 | 1.2344 | 400-500 | 900-1100 | 0,1-0,4 |
| 56 NiCrMoV 7 | 1.2714 | 330-430 | 550-690 | 0,1-0,6 |
| S 6-5-2 | 1.3343 | 800-850 | 1000-1200 | 0,1-0,2 |
| Nitrierstähle | | | | |
| DIN 17211 31 CrMoV 12 | 1.8515 | 300-400 | 800-900 | 0,2-0,8 |
| 31 CrMoV 9 | 1.8519 | 300-370 | 700-850 | 0,2-0,8 |
| 34 CrAl 6 | 1.8504 | 250-330 | 900-1100 | 0,2-0,8 |
| 34 CrAlNi 7 | 1.8550 | 280-330 | 900-1100 | 0,2-0,8 |
| rost- und säurebeständige Stähle | | | | |
| DIN EN 10027-1 X 10 Cr 13 | 1.4006 | 280-310 | 900-1050 | 0,2-0,5 |
| X 39 Cr 13 | 1.4031 | 450-500 | 800-1000 | 0,2-0,6 |
| Kugelgraphitguß | | | | |
| GGG 50, GGG 60 | | 170-250 | 450-700 | 0,1-0,4 |
| Maraging-Stähle | | | | |
| X 2 NiCoMo 18.9.5 | 1.6358 | 550-630 | 800-950 | 0,1-0,15 |

| Stahlgruppe | Beispielwerkstoff | Eigenschaftsänderungen | | | | |
|------------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| | | Verschleißfestigkeit | ermüdungs-festigkeit | Korrosions-widerstand | Warmhärte | Standzeit |
| unlegierte Kohlenstoffstähle | Ck 15 bis Ck 60 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑↓ |
| legierte Einsatzstähle | 16 MnCr 5 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑↓ |
| legierte Vergütungsstähle | 34 Cr 4, 42 CrMo 4, 30 CrNiMo 8 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| Nitrierstähle | 31 CrMoV 9, 34 CrAlMo 5 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑↓ |
| legierte Kaltarbeitsstähle | X 165 CrMoV 12 | ↑ | ↑↓ | ↑ | ↑ | ↑ |
| Warmarbeitsstähle | X 40 CrMoV 5.1 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| Schnellarbeitsstähle | S 6-5-2 | ↑ | ↑↓ | ↑↓ | ↑ | ↑ |

Tabelle 2

Tabelle 1: Beispiele für Oberflächenhärten nach dem Gasnitrieren und Gasnitrocarburieren

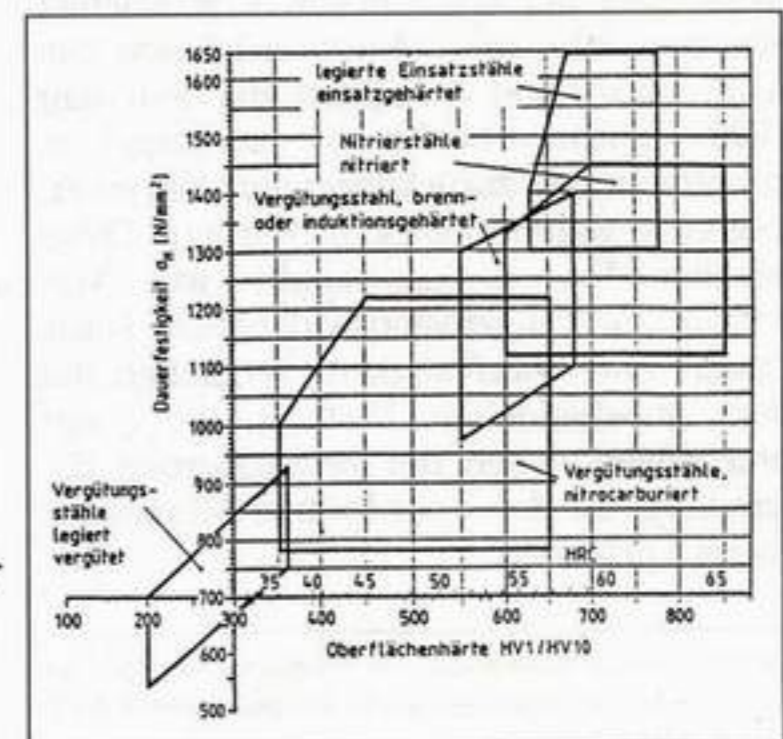
| Modul [mm] | Nitrierhärte-tiefe [mm] |
|------------|-------------------------|
| 1,0-2,25 | 0,2 ± 0,05 |
| 2,5-3,0 | 0,3 ± 0,05 |
| 3,5-4,0 | 0,4 ± 0,05 |
| 4,5-5,0 | 0,5 ± 0,05 |
| 5,5-7,0 | 0,6 ± 0,10 |
| 8,0-10,0 | 0,8 ± 0,10 |

Tabelle 2: Eigenschaftsänderungen von Stählen durch Nitrieren und Nitrocarburieren
↑ = Erhöhung, ↓ = Verringerung

Tabelle 3: Richtwerte für Nitrier- und Nitrocarburierhärte-tiefen Nht für Getriebeteile (Verzahnungen)

4: Grübchendauerfestigkeit verschiedener Werkstoff- und Wärmebehandlungsvariationen nach DIN 3990

Tabelle 3



Matrixwerkstoffs. Dabei spielen die Art und die Menge der Nitridbildner eine entscheidende Rolle.

Weitere Einflußgrößen sind die Nitrier-temperatur und das Ausgangsgefüge. Bei Nitriertemperaturen im unteren Bereich der angegebenen Temperaturspanne liegen die erreichbaren Härten in der Regel um 80 bis 120 HV 0,5 höher. Ursache hierfür ist die Menge und die Größe der ausgeschiedenen Nitride. Als das beste Ausgangsgefüge hat sich der Vergütungszustand herauskristallisiert. Liegt nach der Vergütung die Größe der ehemaligen Austenitkörner nach DIN 50601 bei einer Korngrößenkennzahl 5 und höher (Auswertungsmaßstab 100:1), ist eine gute Nitrierbarkeit gegeben. Die Härte in der Ausscheidungsschicht kann Werte bis zu etwa 1200 HV 0,5 erreichen. In **Tabelle 1** sind für einige Stähle und Gußwerkstoffe die durch klassisches Gasnitrieren erreichbaren Oberflächenhärten in Abhängigkeit von den Kernhärten (Vergütungszustand) zusammengestellt. Es handelt sich um Praxisergebnisse der Härtereien Reese aus den letzten fünf Jahren.

Tabelle 2 [1] gibt einen Überblick über mögliche Eigenschaftsänderungen durch Nitrieren und Nitrocarburieren. Wie auch bereits aus Bild 2 zu entnehmen ist, werden diese Eigenschaftsänderungen stark von der Zusammensetzung der nitrierten oder nitrocarburierten Stähle bestimmt. Weiterhin zeigen die Tabellen 1 und 2, daß das Nitrieren und Nitrocarburieren sich keinesfalls nur auf die Behandlung der in der

DIN 17211 ausgewiesenen speziellen Nitrierstähle beschränkt. Erfolgreich nitriert und nitrocarburieren werden heute allgemeine Baustähle, unlegierte Kohlenstoffstähle, legierte Einsatz- und Vergütungsstähle, Kalt-, Warm- und Schnellarbeitsstähle, Gußwerkstoffe GGL und GGG sowie auch Sinterwerkstoffe.

Bei der Festlegung des gewünschten Eigenschaftsprofils sollte möglichst frühzeitig ein Wärmebehandlungsfachmann konsultiert werden. Grundsätzlich gilt, daß der Verbindungs- und der Ausscheidungsschicht jeweils ganz charakteristische Eigenschaften zugeordnet werden können. Die Verbindungsschicht zeichnet sich vor allem durch ihren hohen Widerstand gegenüber gleitender Verschleißbeanspruchung und eine Verbesserung der Korrosionsfestigkeit aus. Nachteilig ist ihre Sprödigkeit. Die Ausscheidungsschicht, wesentlich zäher als die Verbindungsschicht, weist Druckeigenspannungen auf, die zu einer Verbesserung der Wechselfestigkeit und Lebensdauer von schwingend beanspruchten Bauteilen führen.

Anwendungsbeispiele aus der Industrie

Der Anwendungsbereich des Nitrierens und Nitrocarburierens in der metallverarbeitenden Industrie ist breit gefächert. Aus der Vielzahl der Anwendungsgebiete sollen, abgeleitet aus der Auftragshäufigkeit in der Härtereien Reese Weimar, nachfolgend drei

Einsatzfälle etwas näher betrachtet werden.

Beispiel aus der Feinwerktechnik

Hohe Verschleißfestigkeit, gepaart mit einer gewissen Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit, und weitgehende Verzugsfreiheit, gepaart mit geringstem Maßänderungsverhalten, empfehlen den Einsatz der Nitrierverfahren in der Feinwerktechnik. Interessant ist für Anwender aus dieser Gruppe die Maßhaltigkeit und deren Reproduzierbarkeit von Charge zu Charge. Fakt ist, daß durch die relativ niedrigen Behandlungstemperaturen beim Nitrieren und durch den Wegfall überkritischer Abschreckprozesse nur sehr geringfügige Maß- und Formänderungen auftreten. Die Größenordnung wird vom verwendeten Werkstoff und den Behandlungsparametern bestimmt. Bei Nitrierhärte-tiefen bis 0,6 mm muß man mit einem Wachsen der Bauteile bis ca. 0,04 mm pro Fläche rechnen. Der Verzug wird primär vom Eigenspannungszustand der Werkstücke bestimmt. Grundsätzlich sollte vor der Endbearbeitung zum Nitrieren ein Spannungsarmglühen unter Berücksichtigung der geforderten Grundfestigkeit des Bauteilwerkstoffs erfolgen.

Besonders kritisch sind Maßänderungen, die von der Werkstückgeometrie mit beeinflusst werden. Hierzu zählen in der Feinwerktechnik bevorzugt rohrähnliche Körper. In Vorbereitung des Gasnitrierens von Lagerbuchsen aus dem Stahl 42 CrMo 4 V

| Werkstoff | Werkstoff-schlüssel | Kernhärte HV 10/30 | Oberflächenhärte HV 1/5 | Nitrierhärte-tiefe [mm] |
|---|---------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| Automatenstähle | | | | |
| DIN 11651 9 SMnPb 28 Baustähle | 1.0718 | 120-270 | 450-700 | 0,2-0,6 |
| DIN 10570 St 52-3 | 1.0570 | 140-270 | 450-650 | 0,2-0,6 |
| Einsatzstähle | | | | |
| DIN 17210 C 15 | 1.0401 | 110-140 | 300-500 | 0,2-0,6 |
| 16 MnCr 5 | 1.1731 | 140-207 | 600-750 | 0,2-0,8 |
| 20 MnCr 5 | 1.7147 | 140-217 | 600-750 | 0,2-0,8 |
| 17 CrNiMo 6 | 1.6587 | 160-230 | 650-750 | 0,2-0,8 |
| Vergütungsstähle | | | | |
| DIN 17204 C 35 | 1.0501 | 170-220 | 300-400 | 0,2-0,8 |
| C 45 | 1.0503 | 190-240 | 300-550 | 0,2-0,8 |
| C 60 | 1.0601 | 230-315 | 400-600 | 0,2-0,8 |
| 25 CrMo 4 | 1.7218 | 200-340 | 450-750 | 0,2-0,8 |
| 34 CrMo 4 | 1.7220 | 250-370 | 450-780 | 0,2-0,8 |
| 42 CrMo 4 | 1.7225 | 280-400 | 500-720 | 0,2-0,8 |
| 51 CrV 4 | 1.8159 | 270-400 | 600-750 | 0,2-0,8 |
| 30 CrNiMo 8 | 1.6580 | 340-450 | 550-750 | 0,2-0,8 |
| 14 CrMoV 6.9 | 1.7735 | 260-400 | 750-900 | 0,2-0,8 |
| Werkzeugstähle | | | | |
| DIN 17350 90 MnCrV 8 | 1.2842 | 340-380 | 350-450 | 0,1-0,4 |
| 102 Cr 6 | 1.2067 | 400-440 | 500-600 | 0,1-0,4 |
| X 210 Cr 12 | 1.2080 | 450-600 | 650-800 | 0,1-0,3 |
| X 155 CrV Mo 12.1 | 1.2379 | 600-700 | 850-1050 | 0,1-0,3 |
| X 45 NiCrMo 4 | 1.2767 | 300-400 | 450-650 | 0,1-0,4 |
| 40 CrNiMo 7 | 1.2311 | 200-240 | 600-800 | 0,1-0,4 |
| X 38 CrMoV 5.1 | 1.2343 | 400-500 | 900-1100 | 0,1-0,4 |
| X 40 CrMoV 5.1 | 1.2344 | 400-500 | 900-1100 | 0,1-0,4 |
| 56 NiCrMoV 7 | 1.2714 | 330-430 | 550-690 | 0,1-0,6 |
| S 6-5-2 | 1.3343 | 800-850 | 1000-1200 | 0,1-0,2 |
| Nitrierstähle | | | | |
| DIN 17211 31 CrMoV 12 | 1.8515 | 300-400 | 800-900 | 0,2-0,8 |
| 31 CrMoV 9 | 1.8519 | 300-370 | 700-850 | 0,2-0,8 |
| 34 CrAl 6 | 1.8504 | 250-330 | 900-1100 | 0,2-0,8 |
| 34 CrAlNi 7 | 1.8550 | 280-330 | 900-1100 | 0,2-0,8 |
| rost- und säurebeständige Stähle | | | | |
| DIN EN 10027-1 X 10 Cr 13 | 1.4006 | 280-310 | 900-1050 | 0,2-0,5 |
| X 39 Cr 13 | 1.4031 | 450-500 | 800-1000 | 0,2-0,6 |
| Kugelgraphitguß | | | | |
| GGG 50, GGG 60 | | 170-250 | 450-700 | 0,1-0,4 |
| Maraging-Stähle | | | | |
| X 2 NiCoMo 18.9.5 | 1.6358 | 550-630 | 800-950 | 0,1-0,15 |

| Stahlgruppe | Beispielwerkstoff | Eigenschaftsänderungen | | | | |
|------------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| | | Verschleißfestigkeit | Ermüdungs-festigkeit | Korrosions-widerstand | Warmhärte | Standzeit |
| unlegierte Kohlenstoffstähle | Ck 15 bis Ck 60 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑↓ |
| legierte Einsatzstähle | 16 MnCr 5 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑↓ |
| legierte Vergütungsstähle | 34 Cr 4, 42 CrMo 4, 30 CrNiMo 8 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| Nitrierstähle | 31 CrMoV 9, 34 CrAlMo 5 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑↓ |
| legierte Kaltarbeitsstähle | X 165 CrMoV 12 | ↑ | ↑↓ | ↑ | ↑ | ↑ |
| Warmarbeitsstähle | X 40 CrMoV 5.1 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| Schnellarbeitsstähle | S 6-5-2 | ↑ | ↑↓ | ↑↓ | ↑ | ↑ |

Tabelle 2

◀ **Tabelle 1: Beispiele für Oberflächenhärten nach dem Gasnitrieren und Gasnitrocarburieren**

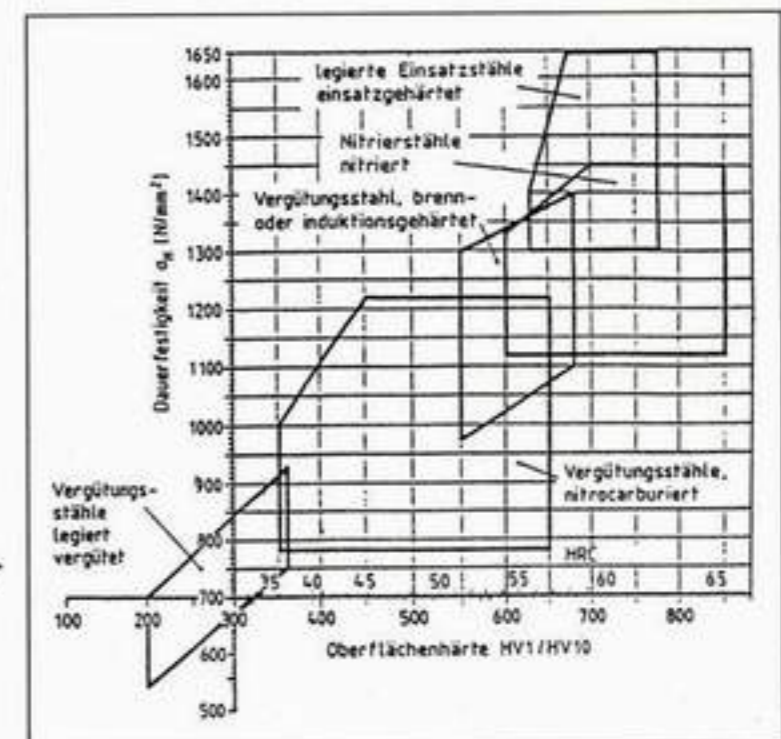
| Modul [mm] | Nitrierhärte-tiefe [mm] |
|------------|-------------------------|
| 1,0-2,25 | 0,2 ± 0,05 |
| 2,5-3,0 | 0,3 ± 0,05 |
| 3,5-4,0 | 0,4 ± 0,05 |
| 4,5-5,0 | 0,5 ± 0,05 |
| 5,5-7,0 | 0,6 ± 0,10 |
| 8,0-10,0 | 0,8 ± 0,10 |

Tabelle 2: Eigenschaftsänderungen von Stählen durch Nitrieren und Nitrocarburieren
↑ = Erhöhung,
↓ = Verringerung

Tabelle 3: Richtwerte für Nitrier- und Nitrocarburierhärte-tiefen Nht für Getriebeteile (Verzahnungen)

4: Grübchendauerfestigkeit verschiedener Werkstoff- und Wärmebehandlungsvariationen nach DIN 3990

Tabelle 3



bindungen entstehen. Phosphate und Silikate bilden thermisch stabile Kontaminationsschichten, die den Ammoniaktransport zur Werkstückoberfläche, die Adsorption und die katalytische Zersetzung beim Gasnitrieren und Gasnitrocarburieren behindern. Abhilfe ist nur durch ausgiebiges Spülen möglich, wobei anhaftende Rest-Silikate immer Schwierigkeiten bereiten können. Umfangreiche Untersuchungen über die Wirkung von Kontaminationsschichten auf das Nitrierergebnis wurden am Institut für Werkstofftechnik in Bremen durchgeführt [3].

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Mit den Verfahren Gasnitrieren und Gasnitrocarburieren werden in der metallverarbeitenden Industrie bereits eine Vielzahl von Verschleiß-, Dauerfestigkeits- und Korrosionsproblemen mit gutem Ergebnis gelöst. In den meisten Fällen konnte eine echte Alternative zur Einsatzhärtung und thermischen Randschichthärtung gefunden werden.

Aus der Sicht der Lohnhärter sind mehr als 95% aller Nitrieraufträge mit den zwei Grundverfahren „Gasnitrieren“ und „Gasnitrocarburieren“ erfolgreich zu lösen. Durch gezielte Variation der Nitrier- und Nitrocarburierparameter (Nitriertemperatur, -dauer und Gaszusammensetzung) läßt sich das Wachstum, der Phasenaufbau und die chemische Zusammensetzung der Verbindungsschicht steuern; und im Zusammenwirken mit der chemischen Zusammensetzung und dem Wärmebehandlungszustand der verwendeten Werkstoffe kann auf die Oberflächenhärte und auf die Härte- und Spannungsverteilung in der Ausscheidungsschicht Einfluß genommen werden.

Beachtliche Fortschritte in der Prozeßsicherheit, die durch kontinuierliche Überwachung des Reaktionszustands des Gases mit z. B. Festelektrolyt-Gassensoren entstanden, lassen für die nächsten Jahre eine progressive Anwendungsentwicklung auch auf Kosten anderer Verfahren prognostizieren. Dabei ist zu erwarten, daß das Gasnitrocarburieren die größeren Wachstumsraten zu verzeichnen haben wird. Zur Behandlung spezieller Werkstoffe und zur Erfüllung

ganz spezifischer Eigenschaftsforderungen von Bauteilen und Werkzeugen werden das Salzbadnitrocarburieren in den Variationen Q, QP und QPQ sowie die plasmagestützten Verfahren ihre Sonderstellung behalten.

Literaturhinweise:

[1] Eckstein, H. J.: *Technologie der Wärmebehandlung von Stahl*. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1987

[2] Huber-Gommann, U.: *Stand der Technik des Gasnitrierens in der Bundesrepublik Deutschland aus der Sicht eines Lohnbetriebes*. Fachtagung Werkstoff- und Wärmebehandlungstechnik. Gera 1984

[3] Irretier, O.; et al.: *Einfluß von reinigerbedingten Rückständen auf das Gasnitrieren*. AWT-VWT-Tagung. Weimar 1996

Sonderdruck aus:

„antriebstechnik“ 36 (1997) Nr. 2

Das universelle Programm der Härtereien Reese



Bochum/Weimar

● Schutzgasbehandlung für Werkstücke bis 2.500 mm ø bzw. 5.500 mm Länge:

- ➔ Aufkohlen, Einsatzhärten und Carbonitrieren
- ➔ Nitrieren, Nitrocarburieren, Plasmanitrieren und Sondernitrierbehandlungen
- ➔ Härten und Vergüten
- ➔ Glühbehandlung

● Randschichthärten von Werkstücken bis 6.500 mm ø bzw. 10.000 mm Länge:


- ➔ Induktionshärten
- ➔ Flammhärten
- ➔ Umlaufhärten


● Sonstige Verfahren:


- ➔ Vakuumhärten, Vakuumanlassen und Vakuumlöten
- ➔ Preß- und Dornhärten
- ➔ Tiefkühlen
- ➔ Volumenstabilisierung
- ➔ Richten, Präzisionsrichten bis max. Druck 800 t und max. Länge 10.000 mm
- ➔ Strahlen, Oberflächenreinigung mit Stahlkugeln 0,7 mm ø
- ➔ Weitere Behandlungen, größere Abmessungen und Gewichte auf Anfrage, spezielle Einzelfall-Lösungen u. a. Härtung im Hause des Kunden


Qualitätssicherung – Beratung – Service

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

 Härerei Bochum
Dr.-Ing. Helmut Reese GmbH
Oberscheidstraße 25
44807 Bochum

 Härerei Reese Brackenheim
GmbH
Gaswerkstraße 17
74336 Brackenheim

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

 Härerei Reese Weimar
GmbH & Co. KG
Kromsdorfer Straße
99403 Weimar

Informations-Service:
Tel. (02 34) 90 36-50
Fax (02 34) 90 36-96

Informations-Service:
Tel. (0 71 35) 97 403-0
Fax (0 71 35) 96 02-66

Informations-Service:
Tel. (03 71) 8 15 83-0
Fax (03 71) 8 15 83-49

Informations-Service:
Tel. (0 36 43) 48 09-0
Fax (0 36 43) 48 09-87