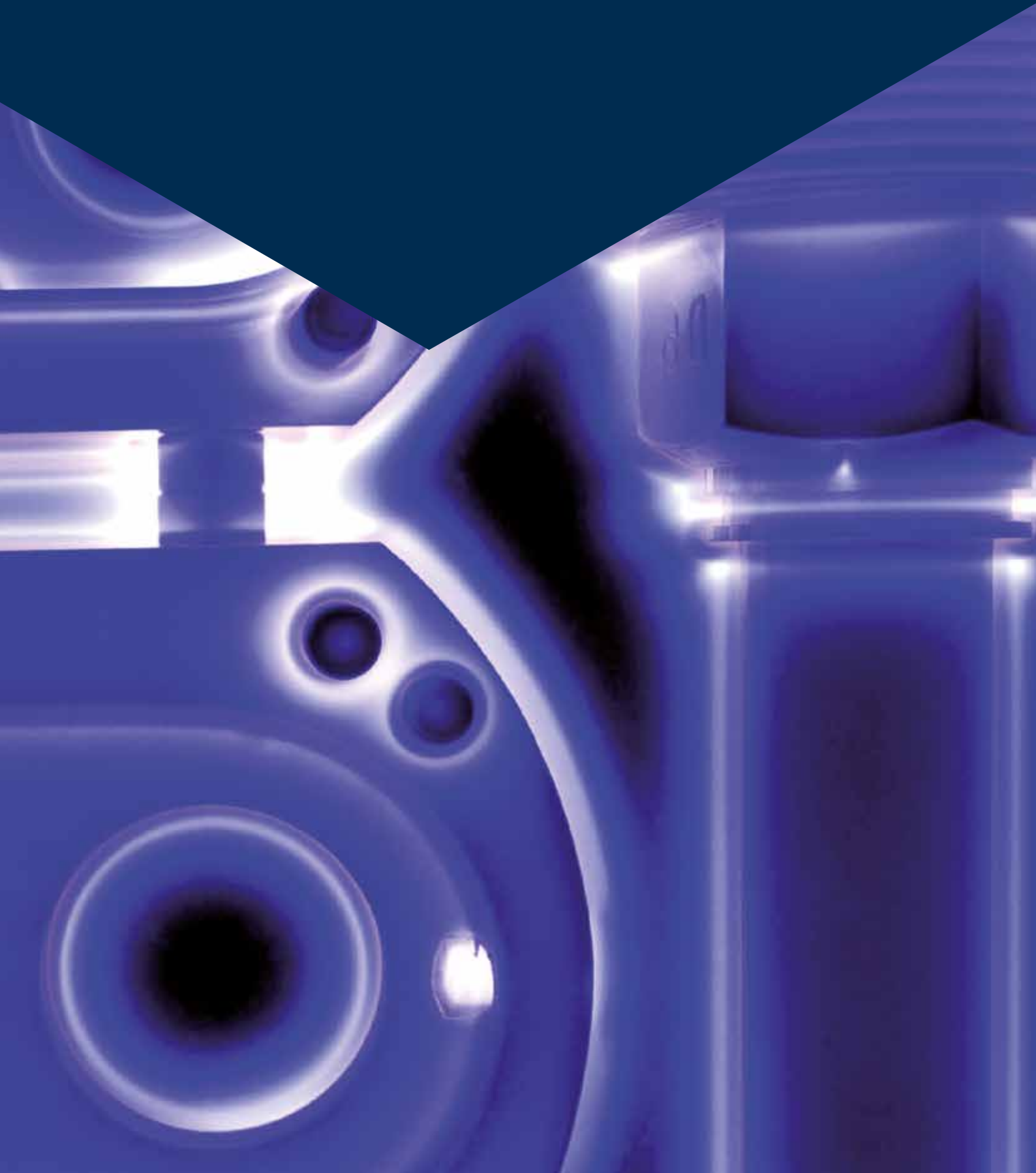


# Nitrierstahl Nitrodur



DEUTSCHE EDELSTAHLWERKE  
Providing special steel solutions





## Nitrierstahl Nitrodur Eine Spezialität der Deutschen Edelstahlwerke

Immer wenn Maschinen und Bauteile hohen Oberflächenbeanspruchungen und dynamischen Belastungen ausgesetzt sind, ist der Einsatz von speziellem Hochleistungsstahl zwingend notwendig. Wenn hohe Oberflächenhärte und Dauerfestigkeit gefordert werden und darüber hinaus höhere Temperaturen im Spiel sind, dann ist ein Werkstoff vom Typ unseres Nitrodur-Stahles erste Wahl. Nitrierte Oberflächen halten ihre Härte und Festigkeit bis zu Betriebstemperaturen von ca. 500 °C - 550 °C aufrecht.



Nitrodur heißt der Nitrierstahl der Deutschen Edelstahlwerke, der für den Einsatz auch bei erhöhter Temperatur optimiert ist. Durch Differenzierung der Nitrierparameter können unterschiedliche Oberflächenhärten und Härteprofile eingestellt werden. Von Vorteil gegenüber anderen Verfahren wie dem Einsatzhärten ist der geringere Verzug, da es keine Umwandlungsvorgänge beim Abkühlen von der Nitrierer Temperatur gibt.

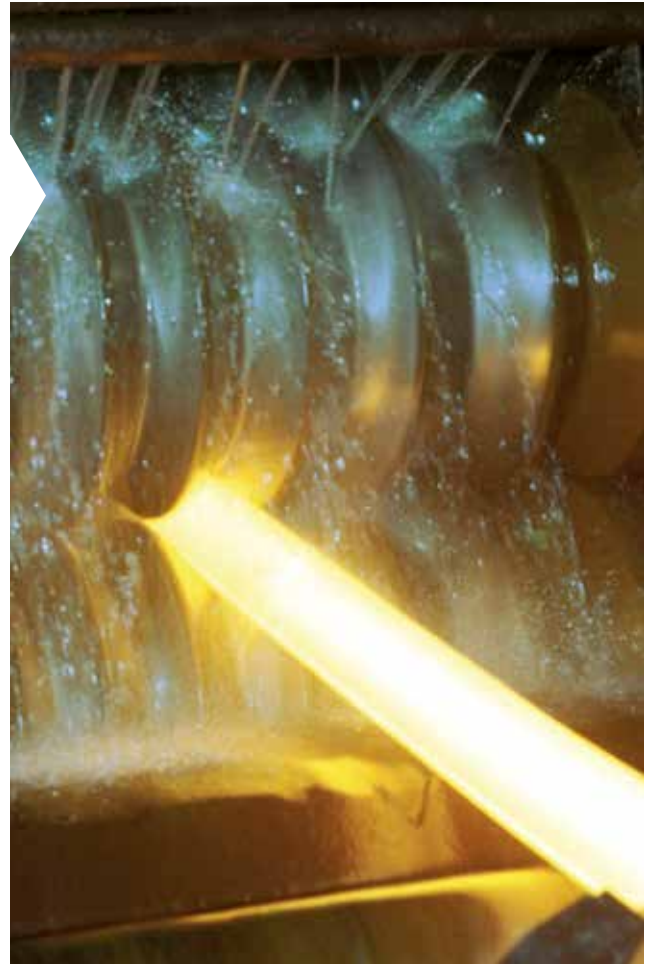
Die besonderen Anforderungen an den Reinheitsgrad und die Homogenität des Gefüges stellen gleichmäßige mechanische Eigenschaften auch bei großen Abmessungen sicher. Festigkeitsbereiche und Zähigkeit können gezielt auf die Anforderungen an das jeweilige Bauteil eingestellt werden. Nitrodur-Stahl bietet eine ausgezeichnete Warmumformbarkeit. Die Kaltumformbarkeit

und Spanbarkeit sind abhängig von der Analyse und der Gefügeausbildung. Durch eine entsprechende Legierung und Wärmebehandlung kann der Werkstoff auf optimale Spanbarkeit eingestellt werden.

Die Nitrodur-Spitzenqualität wird durch hohe Prozesssicherheit und moderne Anlagen für Erschmelzen, Sekundärmetallurgie, Stranggießen, Umschmelzen\*, Warmumformen und Wärmebehandlung sowie durch hoch entwickelte Prüfeinrichtungen erreicht. Die Deutschen Edelstahlwerke sind in der Lage für jedes Anwendungsgebiet und für viele Bauteile einen maßgeschneiderten Nitrierstahl zu liefern.

Lassen Sie sich von unseren Werkstoffspezialisten beraten.

*\* Funktionsweise und Details zu den Umschmelzverfahren finden Sie in unserer Broschüre „Umschmelzen für höchste Ansprüche“ auf unserer Homepage [www.dew-stahl.com](http://www.dew-stahl.com)*



## Unser Know-how in der Stahlerzeugung gibt Ihnen Sicherheit

Die eigene Stahlerzeugung in unseren Stahlwerken mit zusätzlichen Umschmelzmöglichkeiten ist die Basis für die Reinheit und Homogenität unseres Nitrierstahles. Durch präzise legierungs- und verfahrenstechnische Vorgaben in Erschmelzung, Formgebung und Wärmebehandlung werden genau definierte Eigenschaften erzielt. Der Stahl wird in 130 t Elektro-Lichtbogenöfen erschmolzen. In gleich großen nachgeschalteten Pfannenöfen wird die metallurgische Feinarbeit durchgeführt. Je nach Stahlsorte und Abmessung des Endproduktes wird der so erschmolzene Stahl als Blockguss oder Vorblockstrangguss vergossen. Im Blockguss stehen über 50 verschiedene Kokillenformate von 600 kg bis 40 t zur Verfügung.

Der Vorblockstrangguss wird über eine Vertikalstranggießanlage im Format 475 mm x 340 mm in zwei Strängen oder eine sechsadrige Kreisbogenanlage in den Formaten 138 mm, 150 mm und 265 mm vierkant hergestellt. Für die Erzeugung von Nitrierstahl mit Premium-Ansprüchen hinsichtlich der Homogenität seines Gefüges und Reinheitsgrades, stehen Elektroschlack-Umschmelzöfen (ESU) und Lichtbogen-Vakuumöfen (LBV) zur Verfügung.

Beim ESU-Verfahren nimmt die Schlacke nichtmetallische Einschlüsse auf, so dass der umgeschmolzene Nitrodur-Stahl frei von Makroeinschlüssen ist. Die Verbesserung des mikroskopischen Reinheitsgrades ist auf eine Entschwefelung und den

dadurch bedingten hohen sulfidischen Reinheitsgrad sowie auf eine Verringerung der Größe und Menge der oxidischen Einschlüsse zurückzuführen.

Durch das LBV-Umschmelzen werden ein bestmöglicher mikroskopischer oxidischer Reinheitsgrad sowie Freiheit von makroskopischen Einschlüssen erzielt. Da bei diesem Umschmelzprozess keine Entschwefelung stattfindet, müssen vor dem Umschmelzen niedrigste Schwefelgehalte eingestellt werden, um höchste Anforderungen auch an den sulfidischen Reinheitsgrad zu erfüllen. Darüber hinaus gewährleistet dieses Verfahren niedrigste im Stahl gelöste Gasgehalte und ein homogenes, seigerungsfreies Gefüge.

#### **Warmumformung und Adjustage**

Der in den Stahlwerken erzeugte Block- oder Strangguss wird in den verschiedenen Betrieben werkstoffgerecht warmumgeformt. In vollautomatisch programmierten Wärmöfen werden die Blöcke energiesparend zum Walzen vorgewärmt, wobei in unseren Walzwerken Halbzeug, Breit-Flach-Abmessungen und Stabstahl > 22 mm Ø und Draht > 5,5 mm Ø erzeugt werden. Für Querschnitte > 250 mm Ø steht zur Warmumformung durch Schmieden eine 30-MN Presse sowie eine der weltweit größten und leistungsfähigsten Präzisions-

Langschmiedemaschinen (GFM RF 70) zur Verfügung. Für kleinere Abmessungen können wir auf eine Horizontal-Langschmiedemaschine (GFM SX 25) zurückgreifen.

Nach der Wärmebehandlung der warmgewalzten Produkte in Durchlauföfen erfolgt die Zurichtung von Halbzeug und Stabstahl in Adjustagelinien mit integrierten Riss- und Ultraschall-Prüfverfahren nach dem neuesten Stand der Technik. Prüfkriterien sind hier im Einzelfall mit Kunden zu vereinbaren.

#### **Mechanische Bearbeitung**

Die Deutschen Edelstahlwerke bieten nicht nur einen optimalen Werkstoff in verschiedenen Lieferformen, sondern auch vorbearbeitete und einbaufertige Bauteile. Unseren Kunden stehen ein umfassendes Know-how unserer Mitarbeiter und moderne Bearbeitungseinrichtungen zur Verfügung. Gewalzter oder geschmiedeter Stabstahl sowie Röhrenvormaterial bis 300 mm rund können nach dem Richten geschält, druckpoliert und angefast werden. In Krefeld werden rotationssymmetrische Teile bis zu 20 t Stückgewicht auf konventionellen und modernen CNC-gesteuerten Dreh- und Schleifmaschinen hergestellt. Schwerpunkte der Fertigung bilden Wellen, Zylinder und Stranggussführungsrollen.



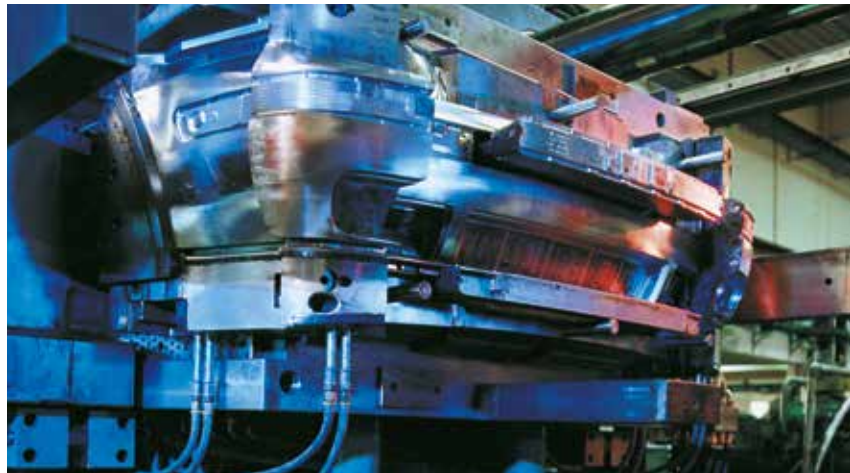
## Nitrodur – Härte und Präzision für erhöhte Sicherheit

### **Kunststoffverarbeitung**

Beim Spritzen, Pressen und Extrudieren sind Zylinder, Kolben, Schnecken, Einspritzdüsen und andere Bauteile einer hohen mechanischen und thermischen (Arbeitstemperatur bis 500 °C) Beanspruchung ausgesetzt. Um eine hohe Präzision der zu fertigenden Produkte zu gewährleisten, ist eine gleich bleibende Härte der dazu verwendeten Bauteile unter diesen Beanspruchungen erforderlich. Nitrodur bietet das.

### **Getriebebau**

In Kraftwerksbetrieben bringen aus Nitrodur gefertigte Wellen, Zahnräder, Getrieberäder mit Außen- und Innenverzahnung höhere Betriebssicherheit und Lebensdauer. Nitrodur-Stahl ist auch dann der perfekte Werkstoff, wenn die Bauteile nach der Wärmebehandlung aufgrund ihrer Geometrie oder ihrer kleinen Abmessungen nicht nachgearbeitet werden können. Denn das Nitrieren ermöglicht eine verzugsarme Erhöhung der Oberflächenhärte.



### **Motorenbau**

Bei Motoren, z. B. Rennsportmotoren, die extremen Beanspruchungen insbesondere hinsichtlich der Temperaturen ausgesetzt sind, empfiehlt sich der Einsatz von speziellem Nitrodur-Stahl für die Fertigung von Kurbelwellen, Pleuelstangen, Kolbenbolzen, Zylindern, Zylinderbüchsen und Antriebsketten.

### **Allgemeiner Maschinenbau**

Nitrodur-Stahl empfiehlt sich überall im Maschinenbau, wo zuverlässiger Betrieb und präzise Funktion bei höheren Temperaturen unerlässlich sind. Zum Beispiel für die Fertigung von Pumpenantriebswellen, Motorsteuerketten, Kolben für Hydrauliksteuerungen, Schneckenwellen und -rädern, Spindeln, Richtwalzen, Heißdampfventilen, Ventilführungen und -sitzen.

### **Werkzeugbau**

Bei feinmechanischen Präzisionsteilen und Werkzeugen, die unter erhöhten Betriebstemperaturen arbeiten, ist Nitrodur eine Garantie für gleichbleibende Geometrie der Bauteile wie z. B. Kalibrierwalzen und -ringe, Gewindelehren, Grenzlehrdorne, Zahnräder und Kolbenstangen.

### **Werkzeugmaschinenbau**

Nitrodur-Stahl sichert lange Lebensdauer, sichere Funktion und gleichbleibende hohe Präzision bei Werkzeugmaschinen, wie z. B. Spindeln, Führungsschienen, Schleif- und Bohrmaschinen, sowie Fräs- und Drehbänke.

# Nitrodur – der Nitrierstahl der Deutschen Edelstahlwerke

Randschichtbehandlungen kommen immer dann zum Einsatz, wenn das Bauteil über einem duktilen Kernbereich einen Randbereich höherer Härte mit Druckeigen- spannungen zur Erhöhung des Verschleiß- widerstandes und der Schwingfestigkeit aufweisen soll. Neben dem chemischen Verfahren des Randschichthärtens und dem thermochemischen Verfahren des Einsatz- härtens kommt dem thermochemischen Verfahren des Nitrierens eine besondere Bedeutung zu.

## Definition des Nitrierens

Laut DIN EN 10052:1994-01 wird Nitrieren definiert als thermochemisches Behandeln eines Werkstückes zum Anreichern der Randschicht mit Stickstoff. Beim Nitrocar- burieren wird die Randschicht mit Stickstoff und Kohlenstoff angereichert.

## Prinzip des Nitrierens

Das Ziel des Nitrierens ist eine Steigerung der Oberflächenhärte. Beim Nitrieren wird die geringe Löslichkeit des Stickstoffs im ferritischen Mischkristall zur Ausscheidung von Eisen- oder Legierungsnitriden genutzt. Bei Gehalten von einigen Prozent Stickstoff wird im äußeren Rand eine weitgehend ge- schlossene Nitridschicht (Verbindungszone) gebildet. Es schließt sich eine Diffusions- zone an, in der die ausgeschiedenen Nitride nahezu gleichmäßig in der Stahlmatrix vorliegen und vor allem bei legiertem Stahl eine Aushärtung bewirken. Da Stickstoff die Gamma-/Alpha-Umwandlungstem- peratur des Eisens bis auf 590 °C senkt, liegen die Nitriertemperaturen in der Regel darunter. Als Untergrenze für die Nitrier- temperatur gilt 350 °C, weil darunter keine

technisch und wirtschaftlich nutzbare Stickstoffdiffusion stattfindet. Mit fallender Temperatur nimmt die erforderliche Nitrier- dauer zum Erreichen einer gegebenen Nitrierhärte tiefe zu. Die Nitrierhärte tiefe kann 500 µm erreichen mit Härte werten von > 1000 HV. Da langsam erwärmt und abgekühlt wird und das Grundgefüge keine Umwandlung oder Volumenänderung erfährt, ist die Verzugsgefahr gering.

## Nitrierstahl

Als Werkstoff wird meistens Nitrierstahl nach DIN EN 10085: 2001-07 verwendet. Das ist legierter Stahl, dem nitridbildende Elemente zugegeben sind. Nitrierstahl wird meist entweder im Zustand weich- geglüht (A) oder vergütet (QT) geliefert.

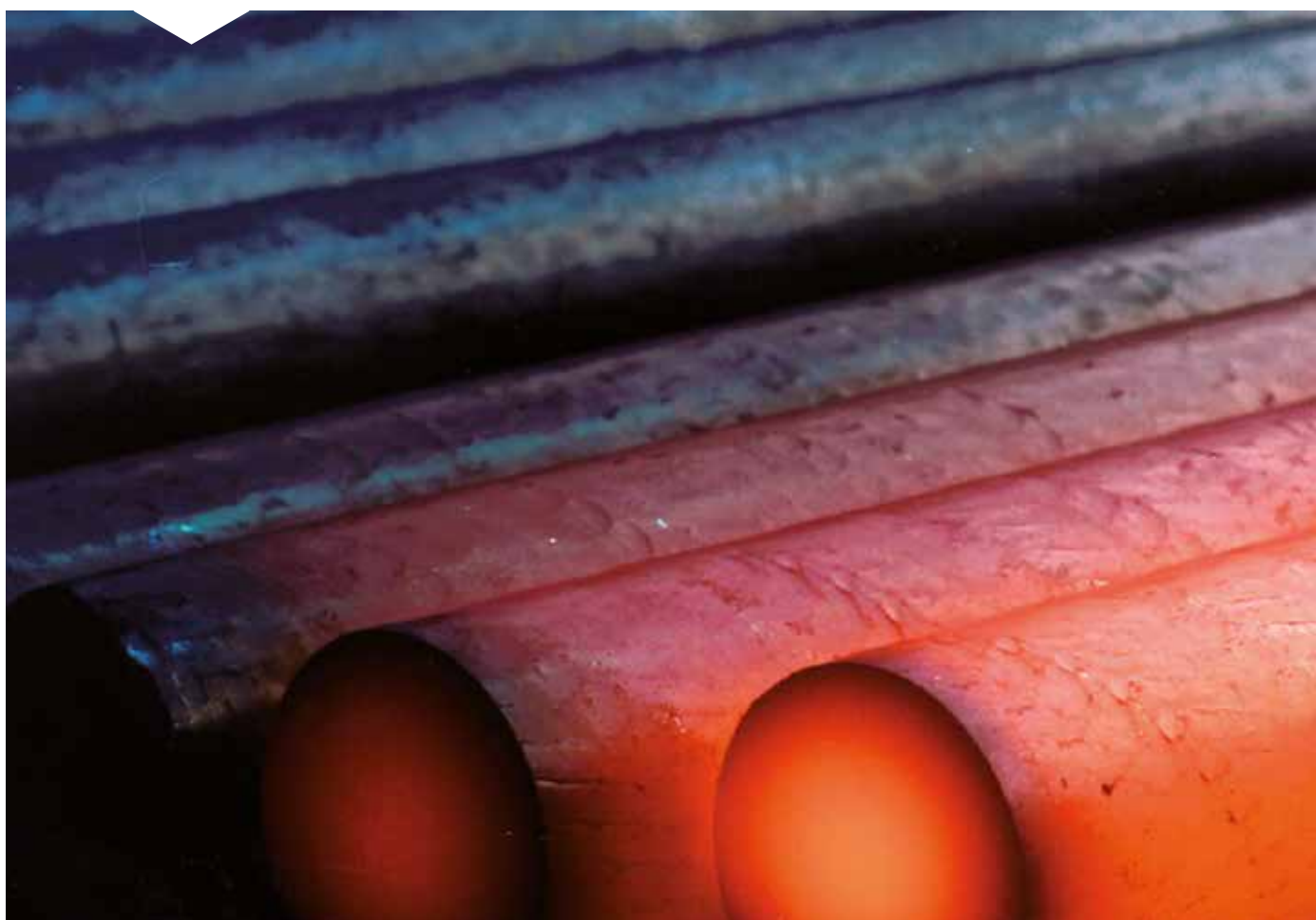
## Bildung einer Nitrierschicht

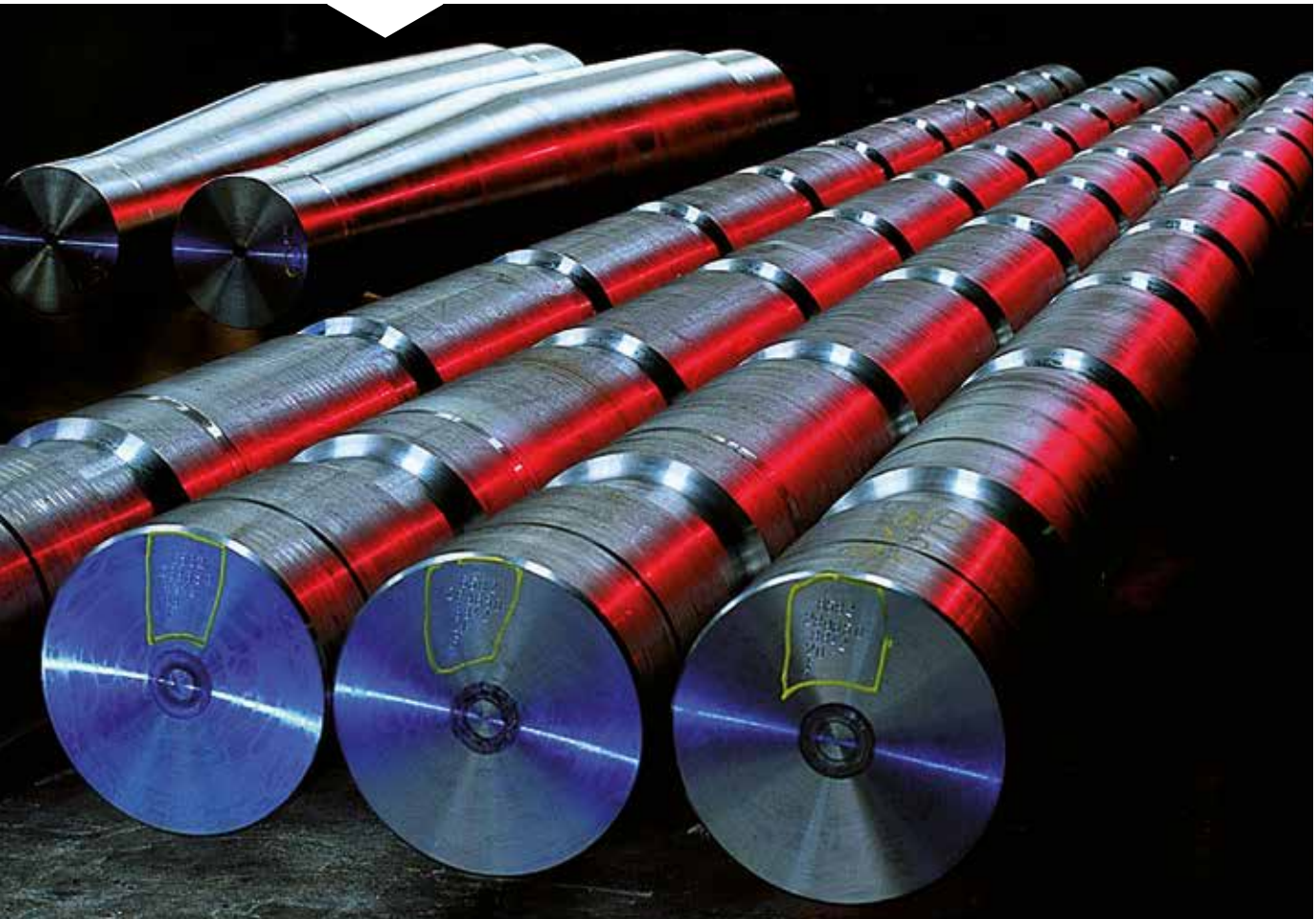
Die Übertragung des Stickstoffs aus dem umgebenden Medium erfolgt in folgenden Schritten:

- » Adsorption von N-Atomen an der Bauteiloberfläche,
- » Absorption der Bauteiloberfläche durch N-Atome und
- » Diffusion der N-Atome entlang der Korngrenzen und durch die Körner.

An der Bauteiloberfläche bilden sich an Keimpunkten (Korngrenzen und Knoten- punkte, an denen mehrere Körner zusam- mentreffen) Nitride, die mit zunehmender N-Konzentration und Nitrierdauer in die Tiefe wachsen und sich lateral ausbreiten, bis eine geschlossene Schicht entstanden ist. Die entstandenen Nitride scheiden sich in der Matrix submikroskopisch fein verteilt aus.







### **Aufbau einer Nitrierschicht**

Die äußere Verbindungsschicht beeinflusst das Korrosions- und Verschleißverhalten. Diese Schicht weist eine fast unvermeidbare Porosität auf, die auf eine Rekombination zu molekularem Stickstoff an energetisch günstigen Stellen (z. B. Korngrenzen) in der Verbindungsschicht zurückzuführen ist. Die Verbindungsschicht kann spröde sein und zum Abplatzen neigen, so dass sie in einigen Fällen durch Schleifen abgetragen wird. Die anschließende Diffusionsschicht hat Einfluss auf das Festigkeitsverhalten (Schwingfestigkeit) und erhöht den Widerstand gegen Wälzverschleiß und Abrasion. Der Aufbau von Nitrierschichten kann durch Variation der Nitrierbedingungen und eine gezielte Werkstoffauswahl in weiten Grenzen verändert werden. Der Übergang von der Härte der Diffusionsschicht bis zur Kernhärte des Grundwerkstoffes erfolgt fließend, was im Vergleich zu den Auflageschichten, die Gefahr des Abplatzens der Schicht bei mechanischer Beanspruchung verringert. Nitrierschichten verfügen zudem über eine gute Warmbeständigkeit bis ca. 550 °C.

### **Nitrierhärte tiefe**

Als charakteristischer Kennwert für die Dicke der Nitrierschicht ist die Nitrierhärte tiefe (Nht) nach DIN 50190-3:1979-03 definiert. Sie stellt den senkrechten Abstand von der Oberfläche bis zu dem Punkt dar, an dem die Härte noch 50 HV höher als die Kernhärte ist.

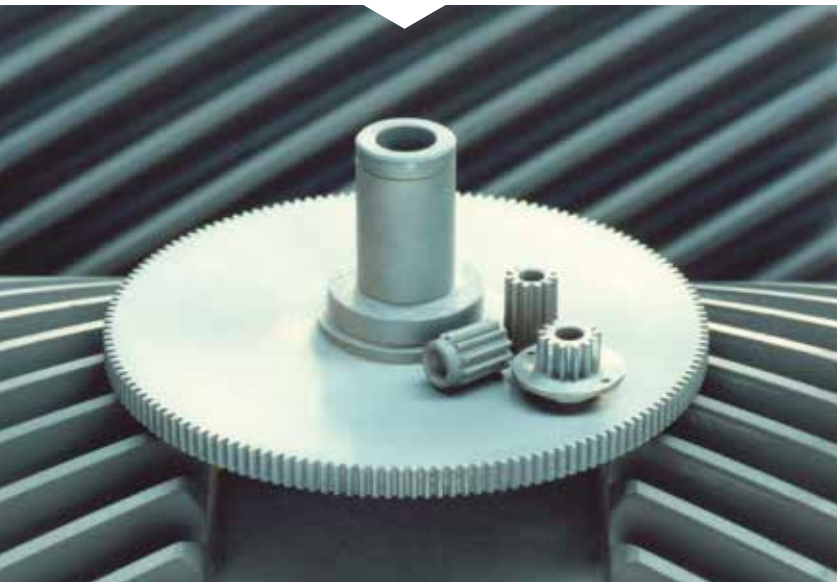
### **Einfluss der Anlasstemperatur beim Vergüten**

Mit zunehmender Anlasstemperatur erhöht sich die Menge an ausgeschiedenen Cr- und Mo-Karbiden, wodurch die Ausscheidung von Nitriden verringert wird und somit eine geringere Härtesteigerung eintritt. Die Nitriertemperatur sollte unterhalb der Anlasstemperatur liegen, um einen Abfall der Kernfestigkeit zu vermeiden.

### **Legierungseinfluss**

Von den nitridbildenden Elementen Aluminium, Chrom, Vanadium, Molybdän beeinflussen Chrom und Aluminium insbesondere die Randhärte. Dabei ist die Härtesteigerung durch 1% Aluminium größer als die durch 3% Chrom und vom Kohlenstoffgehalt des Stahles unabhängig, da Aluminium keine Karbide bildet und damit vollständig zur Nitridbildung zur Verfügung steht. Geringere Gehalte an Molybdän und Vanadium verbessern die Anlassbeständigkeit und verringern die Empfindlichkeit gegenüber Anlassversprödung.

Die durch den Gehalt an zusätzlichen Legierungselementen hervorgerufene höhere Randhärte führt zu einer Absenkung der Neigung zur Adhäsion mit einem Verschleißpartner und einem erhöhten Abrasionswiderstand. Allerdings steigt mit zunehmender Randhärte auch die Gefahr der Anrissbildung bei mechanischer Beanspruchung.



Da das Formänderungsvermögen des nitrierten Bauteils nicht nur von der dünnen, harten Nitrierschicht, sondern auch von der chemischen Zusammensetzung und dem Gefüge des Grundwerkstoffes abhängt, gilt für den Nitrierstahl: Je homogener und feinkörniger das Grundgefüge, umso besser ist das Nitrierergebnis. Im Allgemeinen ist daher der vergütete Ausgangszustand (QT) dem geglähten Zustand (A) vorzuziehen.

Bei den aluminiumhaltigen Stahlsorten bilden sich allerdings vermehrt Aluminiumoxide aus, die den mikroskopischen, oxidischen Reinheitsgrad verschlechtern und sofern sich diese Ausscheidungen an der Bauteiloberfläche befinden, die Eindiffusion von Stickstoff in die Bauteiloberfläche behindern können.

Je höher der Legierungsgehalt des Nitrierstahles, umso höhere Randschichthärten sind in der Regel erzielbar. Zudem steigen die Druckeigenspannungen, die sich in der nitrierten Randschicht ausbilden, was zu einer Erhöhung der Dauerfestigkeit beiträgt. Es sinkt allerdings die erreichbare Nitrierhärte tiefe, da Legierungselemente die Diffusion des Stickstoffs in das Bauteilinnere beeinträchtigen.

## CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG VON GÄNGIGEM NITRIERSTAHL NACH DIN EN 10085:2001-07

Werkstoff	Kurzbezeichnung	Wst.-Nr.		C	Mn	Cr	Mo	Ni	V	Al
Nitrodur 8515	31CrMo12	1.8515	min.	0,28	0,4	2,8	0,3	-	-	-
			max.	0,35	0,7	3,3	0,5	-	-	-
Nitrodur 8519	31CrMoV9	1.8519	min.	0,27	0,4	2,3	0,15	-	0,1	-
			max.	0,34	0,7	2,7	0,25	-	0,2	-
Nitrodur 8550	34CrAlNi7-10	1.8550	min.	0,30	0,4	1,5	0,15	0,85	-	0,8
			max.	0,37	0,7	1,8	0,25	1,15	-	1,2
Nitrodur 8509	41CrAlMo7-10	1.8509	min.	0,38	0,4	1,5	0,2	-	-	0,8
			max.	0,45	0,7	1,8	0,35	-	-	1,2
Nitrodur 8507	34CrAlMo5-10	1.8507	min.	0,30	0,4	1,0	0,15	-	-	0,8
			max.	0,37	0,7	1,3	0,25	-	-	1,2
Nitrodur 8522	33CrMoV12-9	1.8522	min.	0,29	0,4	2,8	0,7	-	0,15	-
			max.	0,36	0,7	3,3	1,0	-	0,25	-
Nitrodur 8523	40CrMoV13-9	1.8523	min.	0,36	0,4	3,0	0,8	-	0,15	-
			max.	0,43	0,7	3,5	1,1	-	0,25	-
Nitrodur 8524*	8CrMo16	1.8524*	min.	0,06	0,9	3,7	0,4	-	-	-
			max.	0,12	1,2	4,1	0,6	-	-	-

\* Werkstoff ist nicht genormt (zu finden in: Bosch Rexroth Werk-norm ZN 93008-110: 2013-03-28)

## MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN VON GÄNGIGEM NITRIERSTAHL IM VERGÜTETEN ZUSTAND

Werkstoff	16 ≤ d ≤ 40 mm			40 < d ≤ 100 mm		
	R <sub>m</sub> in MPa	R <sub>p0,2</sub> in MPa	Av bei RT in J	R <sub>m</sub> in MPa	R <sub>p0,2</sub> in MPa	Av bei RT in J
Nitrodur 8515	1030 - 1230	min. 835	min. 25	980 - 1180	min. 785	min. 30
Nitrodur 8519	1100 - 1300	min. 900	min. 25	1000 - 1200	min. 800	min. 30
Nitrodur 8550	900 - 1100	min. 680	min. 30	850 - 1050	min. 650	min. 30
Nitrodur 8509	950 - 1150	min. 750	min. 25	900 - 1100	min. 720	min. 25
Nitrodur 8507**	800 - 1000	min. 600	min. 35	800 - 1000	min. 600	min. 35
Nitrodur 8522	1150 - 1350	min. 950	min. 30	1050 - 1250	min. 850	min. 35
Nitrodur 8523	950 - 1150	min. 750	min. 25	900 - 1100	min. 720	min. 25
	R <sub>m</sub> in MPa	R <sub>p0,2</sub> in MPa	Av bei -40°C in J			
Nitrodur 8524*	800 - 1000	min. 700	min. 40			

\*\* nur für Abmessungen d ≤ 70 mm verfügbar

Werkstoff	100 < d ≤ 160 mm			160 < d ≤ 250 mm		
	R <sub>m</sub> in MPa	R <sub>p0,2</sub> in MPa	Av bei RT in J	R <sub>m</sub> in MPa	R <sub>p0,2</sub> in MPa	Av bei RT in J
Nitrodur 8515	930 - 1130	min. 735	min. 30	880 - 1080	min. 675	min. 30
Nitrodur 8519	900 - 1100	min. 700	min. 35	850 - 1050	min. 650	min. 40
Nitrodur 8550	800 - 1000	min. 600	min. 35	800 - 1000	min. 600	min. 35
Nitrodur 8509	850 - 1050	min. 670	min. 30	800 - 1000	min. 625	min. 30
Nitrodur 8507**	-	-	-	-	-	-
Nitrodur 8522	950 - 1150	min. 750	min. 40	900 - 1100	min. 700	min. 45
Nitrodur 8523	870 - 1070	min. 700	min. 30	800 - 1000	min. 625	min. 30

## ALLGEMEINE EIGENSCHAFTEN VON GÄNGIGEM NITRIERSTAHL

Werkstoff	Kernhärte	Kernzähigkeit	Erreichbare Randhärte	Polierfähigkeit
Nitrodur 8515	++	+	+	+
Nitrodur 8519	++	+	+	+
Nitrodur 8550	+	++	++	-
Nitrodur 8509	+	+	++	-
Nitrodur 8507	+	+++	++	-
Nitrodur 8522	+++***	++	0***	+
Nitrodur 8523	++***	+	0***	+
Nitrodur 8524	++***	++++	++***	+

\*\*\* Erfahrungswerte

# Thermochemische Verfahren des Nitrierens

## Gas-Nitrieren und Gas-Nitrocarburieren

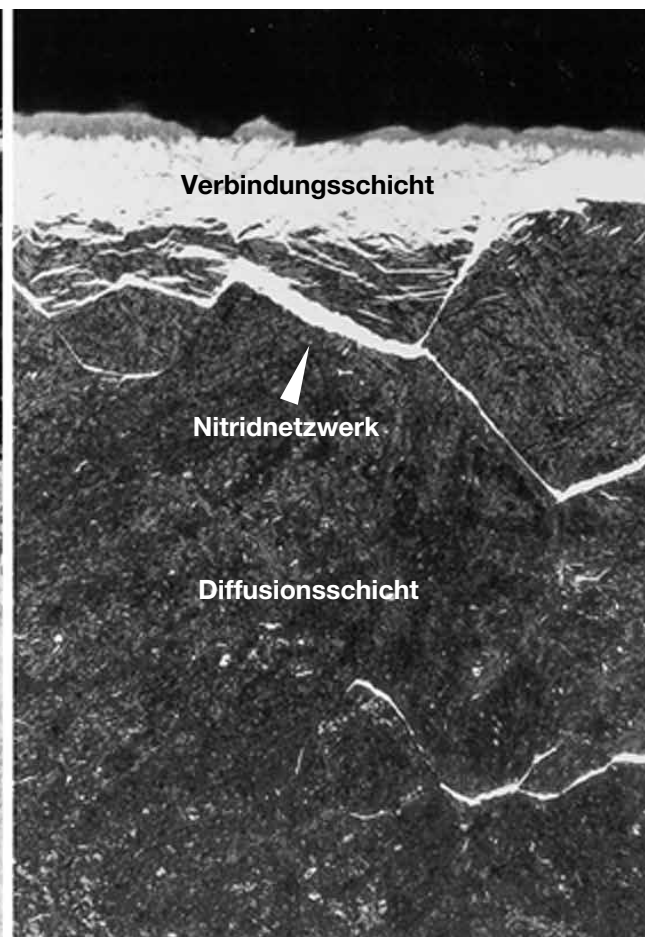
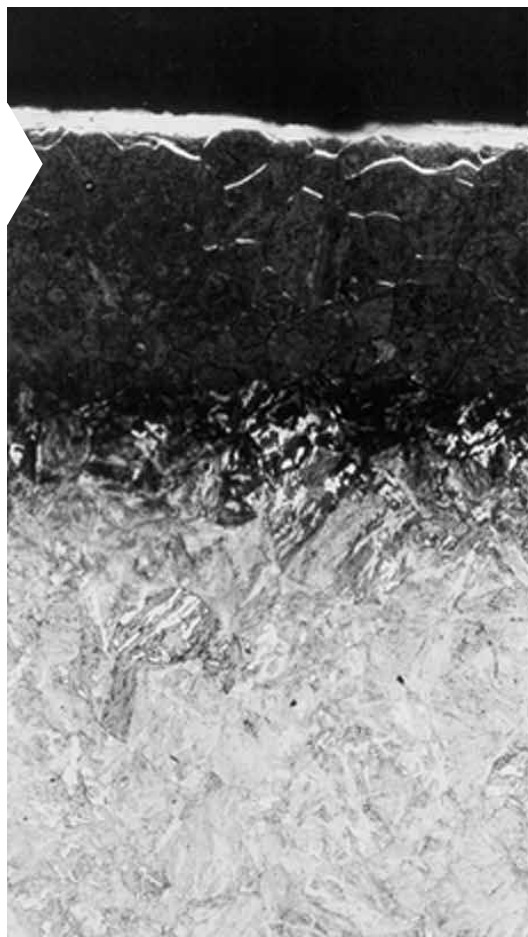
Der übliche Temperaturbereich für das Gas-Nitrieren und Gas-Nitrocarburieren liegt bei  $450\text{ °C} \leq T \leq 590\text{ °C}$ . Beim Gas-nitrieren ist der entscheidende Vorgang an der aufzustickenden Randschicht des Bauteils die Freisetzung von diffusionsfähigem N durch einen stufenweise stattfindenden Abbau des Ammoniaks und seiner Aufnahme in der Bauteilrandzone.

In einigen Fällen wird zum Frischgas  $\text{NH}_3$  Stickstoff zudotiert, wodurch es zu einer Verdünnung des  $\text{NH}_3$ -Gehaltes kommt. Beim sogenannten Oxi-Nitrieren wird zur Intensivierung des Nitrierprozesses Sauerstoff verwendet. Das Oxi-Nitrocarburieren kann zur Behandlung passivierter Oberflächen verwendet werden.

Der Gas-Nitrocarburierprozess zeichnet sich dadurch aus, dass zusätzlich diffusionsfähiger Kohlenstoff zugeführt wird.

Dies erfolgt meist in Form von CO und  $\text{CO}_2$  in reiner Form oder als Bestandteil von Gasgemischen (z. B. Endogas oder Exogas). Das Gassulfonitrieren, bei dem Schwefel oder Schwefelwasserstoff dem Ammoniak zugesetzt wird, führt durch Einlagerung von Schwefel in der Verbindungsschicht zwar zu einem verbesserten Verschleißverhalten, wird aber heute kaum noch angewandt. Gegenüber anderen Verfahren können beim Gas-Nitrieren und Gas-Nitrocarburieren eine Vielzahl unterschiedlicher Strukturen und Dicken der Verbindungsschicht und Nitrierhärteiefen erzeugt werden. Der Chargenaufbau des Nitriergutes kann an die Bauteilform angepasst werden. Die Verfahren eignen sich für Groß- und Kleinteile. Wegen der Verwendung brennbarer Gase sind allerdings besondere Sicherheitsmaßnahmen einzuhalten.

*Übernitrierungen führen zu einer ausgeprägten Verbindungsschicht und Ausbildung eines Nitridnetzwerkes an den Korngrenzen. Hierdurch erhöht sich die Sprödigkeit und damit die Gefahr von Abplatzungen.*



**Plasmanitrieren und -nitrocarburieren**

Das Plasmanitrieren und -nitrocarburieren erfolgt im Temperaturbereich von 350 °C bis 590 °C. Positiv geladene Ionen treffen vor der Ofenwand (Anode) mit hoher Aufprallgeschwindigkeit auf die als Kathode geschalteten Bauteile. Anfangs bewirkt dieser Ionenbeschuss eine Reinigung der Bauteiloberfläche (Sputtern), so dass auch Passivschichten von nichtrostendem Stahl entfernt werden können. Anschließend wird aufgeheizt und die Bauteiloberfläche aufgestickt. Durch Einsatz einer gepulsten Entladung wird die Gleichmäßigkeit in der Charge erhöht und der Energieeintrag gesenkt. Wird zwischen positiv gepolter Ofenwand und den negativ gepolten Bauteilen ein negativ gepoltes Aktivgitter eingebracht, so entsteht die Glimmentladung an diesem Gitter. Bei hochlegierten Werkstoffen kommt es zu einer gleichmäßigen

Aufstickung und passivierende Schichten lassen sich auch ohne Sputtern entfernen. Diese Methode wird auch ASPN (active screen plasma nitriding) genannt.

Die Behandlung im Plasma hat den Vorteil, dass der Schichtaufbau sehr gut optimiert werden kann (z. B. dünne Verbindungsschichten bei hoher Nitrierhärte). Es führt im Behandlungsergebnis zu geringer Maßänderung und einer guten Reproduzierbarkeit. Im Gegensatz zum Nitrieren im Gas oder Salzbad führt es zu der geringsten Rauigkeit. Das Chargieren der Bauteile muss aber genau definiert werden und das Plasma kann nicht in Spalten kleiner 0,6 mm – 0,8 mm eindringen.



**Salzbadnitrocarburieren**

Die Behandlungsdauer liegt meist im Bereich von 30 min bis 120 min bei  $570\text{ °C} \leq T \leq 590\text{ °C}$ . Die Bauteile werden in Salzschnmelzen getaucht und abschließend in Wasser abgeschreckt. Die entstehenden Schichten haben eine gute Beständigkeit gegen adhäsiven und abrasiven Verschleiß und verbessern die Dauerfestigkeit. Werden die Bauteile in einer oxidierenden Salzschnmelze abgeschreckt oder in einem oxidierenden Medium behandelt, verbessert sich die Korrosionsbeständigkeit signifikant. In der Salzschnmelze muss ein N-haltiges Salz vorliegen, außerdem sollte das Salz gut wasserlöslich sein, um es durch Waschen leicht entfernen zu können. Das Salzbadnitrocarburieren verläuft in folgenden Behandlungsschritten:

» **Vorreinigen**

Spritzwaschmaschine mit alkalischem Reinigungsmittel und „Klarspülen“

» **Vorwärmen**

Bauteile im Luftumwälzofen bei  $350\text{ °C} - 400\text{ °C}$  ca. 30 min – 120 min (abhängig von der Bauteildicke) vorwärmen

» **Nitrocarburieren**

Prozess beginnt sofort nach Eintauchen in die Salzschnmelze. Eine geschlossene Verbindungsschicht wird bereits nach wenigen Minuten erreicht (sehr hohes Stickstoff-Angebot).

» **Abkühlen bzw. Oxidieren**

Im Gegensatz zu dem unlegierten Stahl hat bei dem legierten Stahl die Abkühlgeschwindigkeit keinen Einfluss auf den Lösungszustand des Stickstoffs, da sich bereits während des Nitrocarburierens mit den nitridbildenden Legierungselementen harte submikroskopisch feine Nitride ausscheiden. Die Auswahl der Abkühlart ist abhängig von der Riss- und Verzugsneigung des Bauteils, der chemischen Zusammensetzung und den gewünschten Schichteigenschaften.

» **Waschen**

Aufwändig bei tiefen Sacklochbohrungen

Der entscheidende Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass es sich um einen störunanfälligen Prozess handelt, bei dem nur wenige Parameter zu beachten sind. Der Chargenaufbau hat nur einen geringen Einfluss auf das Behandlungsergebnis, so dass auch eine hohe Chargierdichte möglich ist.

Zum reinen Nitrieren ohne C-Diffusion ist das Verfahren allerdings nicht einsetzbar. Darüber hinaus ist eine partielle Behandlung mangels geeigneter Isoliermittel gegen die N-Aufnahme in den Salzschnmelzen nur begrenzt möglich. Das Verhältnis von Verbindungsschichtdicke zur Diffusionstiefe lässt sich nur eingeschränkt variieren.



**Neuere Sonderverfahren**

Neben den beschriebenen Verfahren existieren auch Sonderverfahren, denen industriell derzeit allerdings noch keine nennenswerte Bedeutung zukommt. Hierzu zählen das Pulvernitrocarburieren, Nitrieren in wässriger  $\text{NH}_3$ -Lösung und das Nitrieren/Nitrocarburieren in Wirbelbetтанlagen.

Die Forschung befasst sich u. a. mit der Mikroerspannung durch Diamantwerkzeuge von gasnitrocarburisiertem Stahl, um optische Oberflächenqualitäten darzustellen. Bis dato konnte die Mikroerspannung wegen extremen Verschleißes an Diamantwerkzeugen wirtschaftlich nicht genutzt werden. Als Ansatzpunkt wurde die Erzeugung dicker, porenarmer Verbindungsschichten herangezogen.



**Gasnitrieren und Puls-Plasma-Nitrieren**

Die Deutschen Edelstahlwerke stellen nicht nur auf die Anforderungen gezielt eingestellten Nitrodur-Stahl her, sondern es besteht auch die Möglichkeit, die gefertigten Bauteile in unseren eigenen Härterei-betrieben einer thermochemischen Wärmebehandlung, dem Gasnitrieren oder dem Puls-Plasma-Nitrieren auszusetzen. Das Gasnitrieren, -carbonitrieren und -nitrocarburieren wird im Temperaturbereich des Kurz- und Langzeitnitrierens für Chargenabmessungen (L x B x H) 900 x 600 x 600 mm durchgeführt.

Das Plasmanitrieren wird für die Chargenabmessungen rd. 1200 x 1900 mm und rd. 800 x 1300 mm angeboten. Anlagentechnisch bedingt kann bei den Deutschen Edelstahlwerken Stahl im Durchmesserbereich von 5,5 mm bis 900 mm Ø hergestellt werden.

Neben dem Edelbaustahl fertigen die Deutschen Edelstahlwerke auch nichtrostenden Stahl und Werkzeugstahl, der sich in Grenzen ebenfalls nitrieren lässt.

**Für weitere Informationen stehen Ihnen unsere Fachabteilungen jederzeit zur Verfügung.**



**Allgemeiner Hinweis (Haftung)**

Angaben über die Beschaffenheit oder Verwendbarkeit von Materialien bzw. Erzeugnissen dienen der Beschreibung. Zusagen in Bezug auf das Vorhandensein bestimmter Eigenschaften oder einen bestimmten Verwendungszweck bedürfen stets besonderer schriftlicher Vereinbarung.

Druckfehler, Irrtümer und Änderungen vorbehalten.



**Deutsche Edelstahlwerke  
Specialty Steel GmbH & Co. KG**

Austr. 4  
58452 Witten

Telefon: +49 (0)2302 29 - 0  
Fax: +49 (0)2302 29 - 4000

info@dew-stahl.com  
www.dew-stahl.com