

Nitrierstähle Nitrodur

DEUTSCHE EDELSTAHLWERKE

Providing special steel solutions



Nitrierstähle Nitrodur

Nitrodur –
eine Spezialität der Deutschen Edelstahlwerke.

Immer, wenn Maschinen und Bauteile hohen Oberflächenbeanspruchungen und dynamischen Belastungen ausgesetzt sind, ist der Einsatz von speziellen Hochleistungsstählen 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. 500-550°C aufrecht.



Nitrodur heißen die Nitrierstähle der Deutschen Edelstahlwerke, die für den Einsatz bei erhöhter Temperatur optimiert sind. Durch Differenzierung der Nitrierparameter können unterschiedliche Oberflächenhärten und Härteprofile eingestellt werden. Von Vorteil gegenüber anderen Verfahren wie Einsatzhärten ist der geringere Verzug, da es keine Umwandlungsvorgänge beim Abkühlen von der Nitriertemperatur 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-Stähle bieten eine ausgezeichnete Warmumformbarkeit. Kaltumformbarkeit und Span-

barkeit 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.



Unser Know-how in der Stahlerzeugung gibt Ihnen Sicherheit

Die eigene Stahlerzeugung in beiden Stahlwerken mit zusätzlicher Umschmelzmöglichkeit ist die Basis für die Reinheit und Homogenität unserer Nitrierstähle. Durch präzise legierungs- und verfahrenstechnische Vorgaben in Erschmelzung, Formgebung und Wärmebehandlung werden genau definierte Eigenschaften erzielt. Die Stähle werden 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 x 340 mm in zwei Strängen oder eine sechsadrige Kreisbogenanlage in den Formaten 138 und 265 mm vierkant hergestellt. Für die Erzeugung von Nitrierstählen mit Premium-Ansprüchen hinsichtlich der Homogenität ihres Gefüges und Reinheitsgrades, stehen Elektroschlacke-Umschmelzöfen (ESU) und Lichtbogen-Vakuümöfen (LBV) zur Verfügung.

Elektroschlacke-Umschmelzverfahren

Beim Elektroschlacke-Umschmelzverfahren (ESU), das mit Wechselstrom arbeitet, taucht eine gegossene oder geschmiedete, selbstverzehrende Elektrode in eine als elektrischer Widerstand dienende schmelzflüssige Schlacke. Vom Elektrodenende tropft das umzuschmelzende Material durch die Schlacke hindurch und baut in einer wassergekühlten Kokille den neuen Block auf. Die Wärmeabfuhr führt zu einer gerichteten Erstarrung in Richtung Blocklängsachse. Die Umschmelzschlacke erfüllt bei diesem Verfahren mehrere Funktionen. Sie entwickelt die notwendige Prozesswärme,

ist gleichzeitig Träger chemischer Reaktionen wie der Entschwefelung und dient als Oxidationsschutz für den Schmelzsumpf des neu aufzubauenden Blocks. Hinzu kommt die hohe Aufnahmefähigkeit der Schlacke für nichtmetallische Einschlüsse, so dass das umgeschmolzene Material 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.

Lichtbogen-Vakuüm-Umschmelzverfahren

Das Lichtbogen-Vakuüm-Verfahren (LBV) arbeitet mit gegossenen oder geschmiedeten, selbstverzehrenden Elektroden unter Vakuum. In einem Kupfertiegel, der als Gegenpol zur Umschmelzelektrode dient und über Stromkontakte mit einer Gleichstromspannungsquelle verbunden ist, wird ein Schmelzsumpf mittels Lichtbogen unter Vakuum erzeugt. In einem kontinuierlichen Prozess bildet sich aus dem verflüssigten Elektrodenmaterial tropfenweise ein neuer Block. Die Refinement des Stahles erfolgt beim LBV-Verfahren durch Reaktion des im Stahl gelösten Sauerstoffs mit dem Kohlenstoff in der Schmelze, bedingt durch das Vakuum. Hierdurch 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 über einen computergesteuerten Drehherdofen der Block-Grobstraße zugeführt und dort zu Halbzeug, Stabstahl oder Breit-Flach-Abmessungen ausgewalzt. Ein nach dem ersten Umformaggregat angeordneter Zwischenwärmofen ermöglicht die Walzung in sehr engen Temperaturbereichen, wodurch auch kritische hochlegierte Stähle gewalzt werden können. Für die Zurichtung von Halbzeug und Stabstahl stehen moderne Adjustagelinien zur Prüfung der Innen- und Oberflächenbeschaffenheit sowie zur Prüfung der Maße und der Identität zur Verfügung. Zur Warmformgebung durch Schmieden stehen eine 45-MN Presse, eine 33-MN Presse sowie eine der weltweit größten und leistungsfähigsten Präzisionslangschmiedemaschinen (GFM RF 70) zur Verfügung. Auf dieser Maschine können Schmiedeerzeugnisse von Abmessungen bis ca. 550 mm Ø

direkt geschmiedet werden. Für kleinere Abmessungen steht eine Horizontal-Langschmiedemaschine zur Verfügung.

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 Beratungs-Know-how 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 rotationsymmetrische Teile bis zu 20 Tonnen 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 Beanspruchung ausgesetzt. Auch bei erhöhten Arbeitstemperaturen bis ca. 500°C muss eine gleich bleibend hohe Härte erhalten bleiben, um eine gleich bleibende Präzision der zu fertigenden Produkte zu gewährleisten. Nitrodur bietet das.

Getriebebau

In Kraftwerksbetrieben bringen aus Nitrodur gefertigte Walzen, Zahnräder, Getrieberäder mit Außen- und Innenverzahnung höhere Betriebssicherheit und Lebensdauer. Nitrodur-Stähle sind auch dann der perfekte Werkstoff, wenn die Bauteile nach der Wärmebehandlung auf Grund ihrer Geometrie

oder ihrer kleinen Abmessungen nicht nachgearbeitet werden können. Denn das Nitrieren ermöglicht eine verzugsarme Erhöhung der Oberflächehärte.

Motorenbau

Bei Motoren, z.B. Rennsportmotoren, die extremen Beanspruchungen insbesondere hinsichtlich der Temperaturen ausgesetzt sind, empfiehlt sich der Einsatz spezieller Nitrodur-Stähle für die Fertigung von Pleuelstangen, Pleuelstangen, Pleuelbolzen, Pleuelnuten, Pleuelbuchsen und Pleuelketten.



Allgemeiner Maschinenbau

Nitrodur-Stähle empfehlen 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, Ventilverführungen und Ventilsitzen.

Werkzeugbau

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

Werkzeugmaschinenbau

Nitrodur-Stähle sichern lange Lebensdauer, sichere Funktion und gleichbleibende hohe Präzision bei Werkzeugmaschinen. Wie zum Beispiel für Spindeln und Führungsschienen, für Schleif- und Bohrmaschinen sowie für Fräs- und Drehbänke.



Nitrodur – die Nitrierstähle der Deutschen Edelstahlwerke

Randschichtbehandlungen kommen immer dann zum Einsatz, wenn das Bauteil über einem duktilen Kernbereich einen Randbereich höherer Härte mit Druckeigenspannungen zur Erhöhung des Verschleißwiderstandes und der Schwingfestigkeit aufweisen soll. Neben dem chemischen Verfahren des Randschichthärtens und dem thermochemischen Verfahren des Einsatzhärtens kommt dem thermochemischen Verfahren des Nitrierens eine besondere Bedeutung zu. Hierfür werden üblicherweise besondere Nitrierstähle verwendet, die bei den Deutschen Edelstahlwerken die Bezeichnung Nitrodur haben.

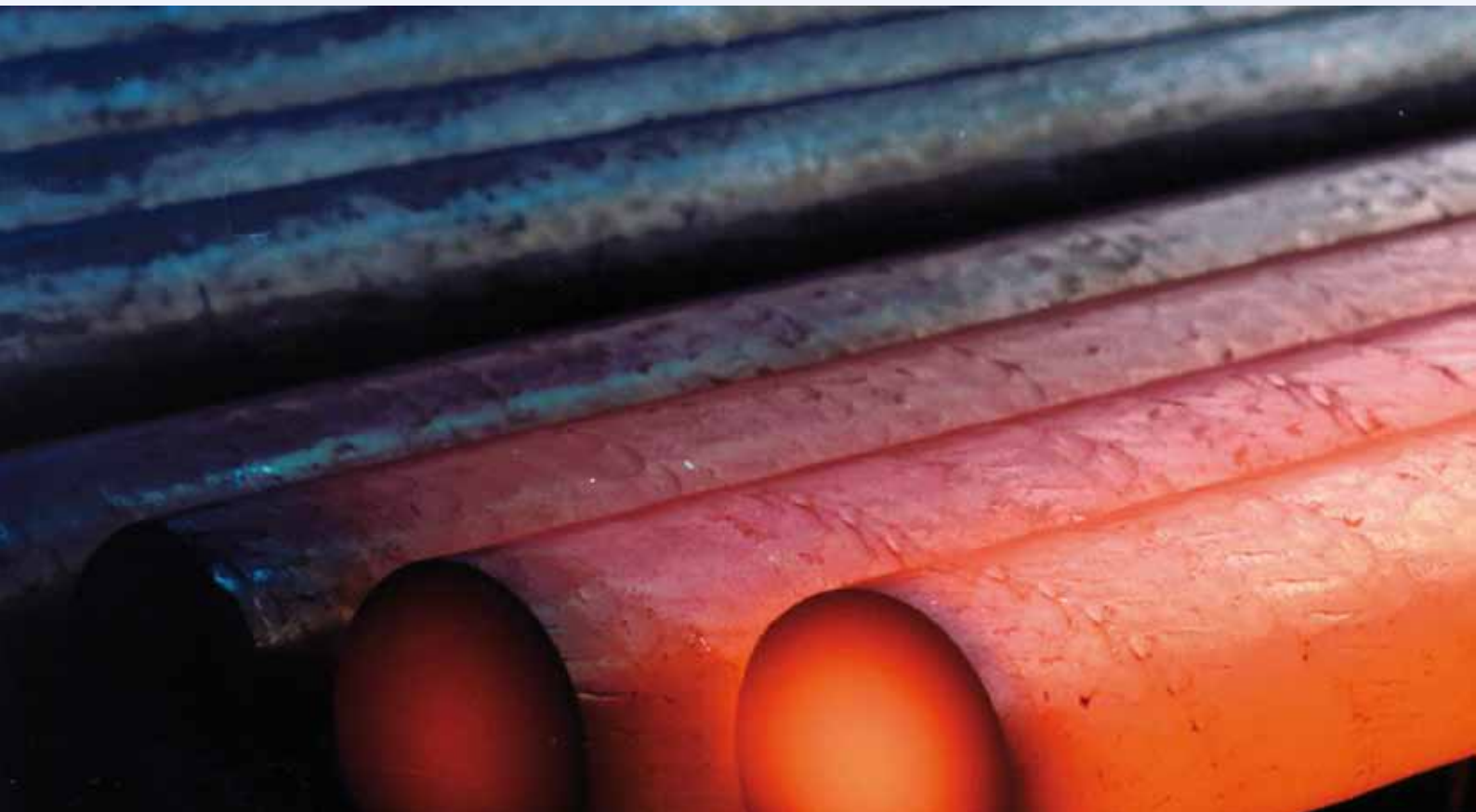
Definition des Nitrierens

Laut DIN EN 10052:1994-01 wird Nitrieren definiert als thermochemisches Behandeln eines Werkstückes zum Anreichern der Randschicht mit Stickstoff. Beim Nitrocarburieren

wird die Randschicht mit Stickstoff und Kohlenstoff angereichert.

Prinzip des Nitrierens

Ziel des Nitrierens ist das Anreichern der Randschicht eines Werkstückes mit Stickstoff zwecks Härte-Steigerung der Oberfläche. 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 geschlossene Nitridschicht (Verbindungszone) gebildet. Es schließt sich eine Diffusionszone an, in der die ausgeschiedenen Nitride nahezu gleichmäßig in der Stahlmatrix vorliegen und vor allem bei legierten Stählen eine Aushärtung bewirken. Da Stickstoff die Gamma/Alpha-Umwandlungstemperatur des Eisens bis auf 590°C senkt, liegen die Nitriertemperaturen in der Regel darunter. Als Untergrenze für die



Nitriertemperatur gilt 350°C, weil darunter keine technisch und wirtschaftlich nutzbare Stickstoffdiffusion stattfindet. Mit fallender Temperatur nehmen die erforderliche Nitrierdauer zum Erreichen einer gegebenen Nitrierhärte zu. Die Nitrierhärte kann 500 µm erreichen mit Höchstwerten der Härte von > 1000 HV. Da langsam erwärmt und abgekühlt wird und das Grundgefüge keine Umwandlung oder Volumenänderung erfährt, ist die Verzugsgefahr gering.

Nitrierstähle

Als Werkstoffe werden meist Nitrierstähle nach DIN EN 10085: 2001/7 verwendet; das sind legierte Stähle, denen nitridbildende Elemente zugegeben sind. Nitrierstähle werden meist im Zustand weichgeglüht (A) oder vergütet (QT) geliefert

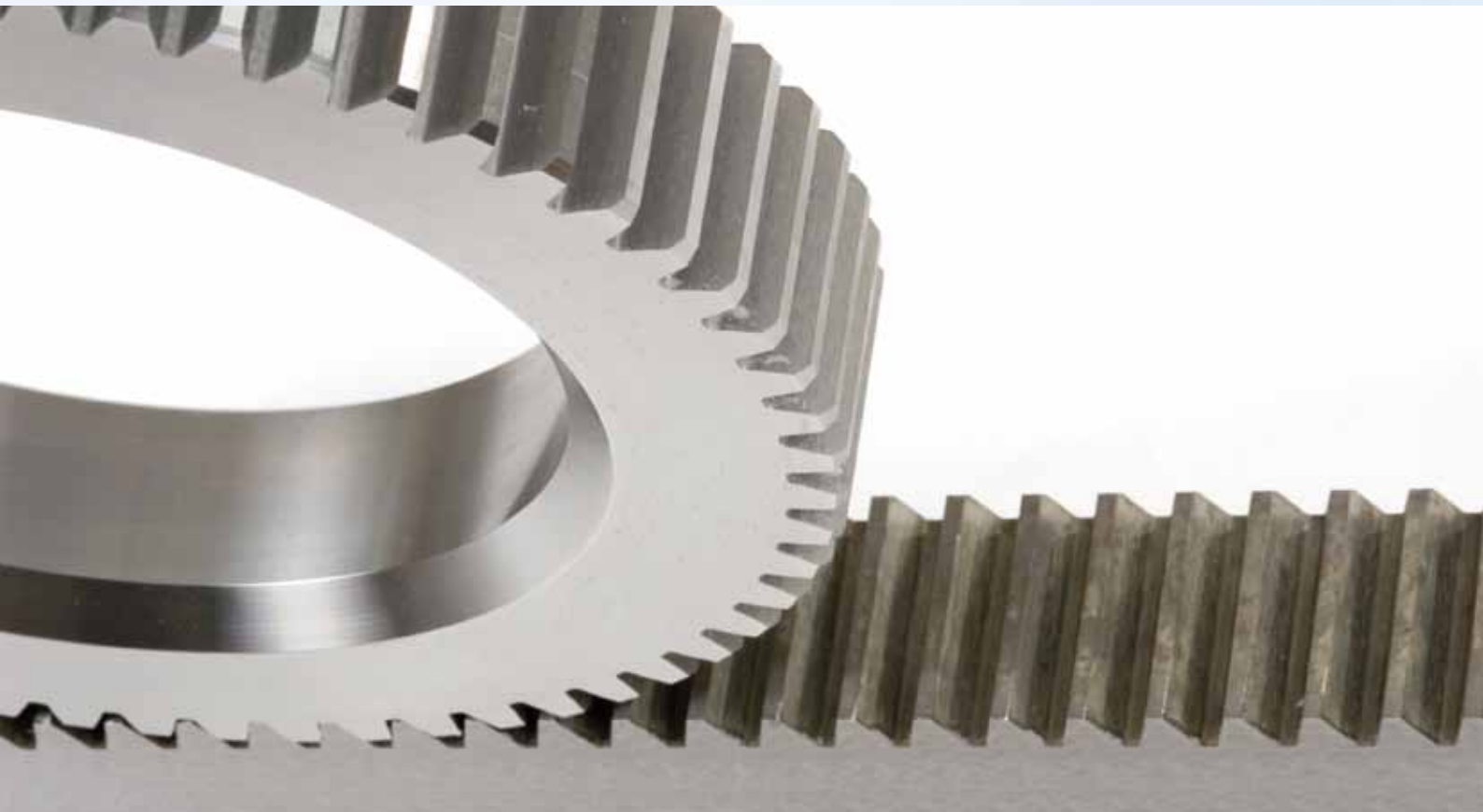
Bildung einer Nitrierschicht

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
- Diffusion der N- Atome entlang der Korngrenzen und durch die Körner

An der Bauteiloberfläche bilden sich an Keimpunkten (Korngrenzen und Knotenpunkten, an denen mehrere Körner zusammentreffen) Nitride, die mit zunehmender N-Konzentration und Nitrierdauer in die Tiefe wachsen und sich lateral ausbreiten, bis eine geschlossene Schicht entstanden ist.

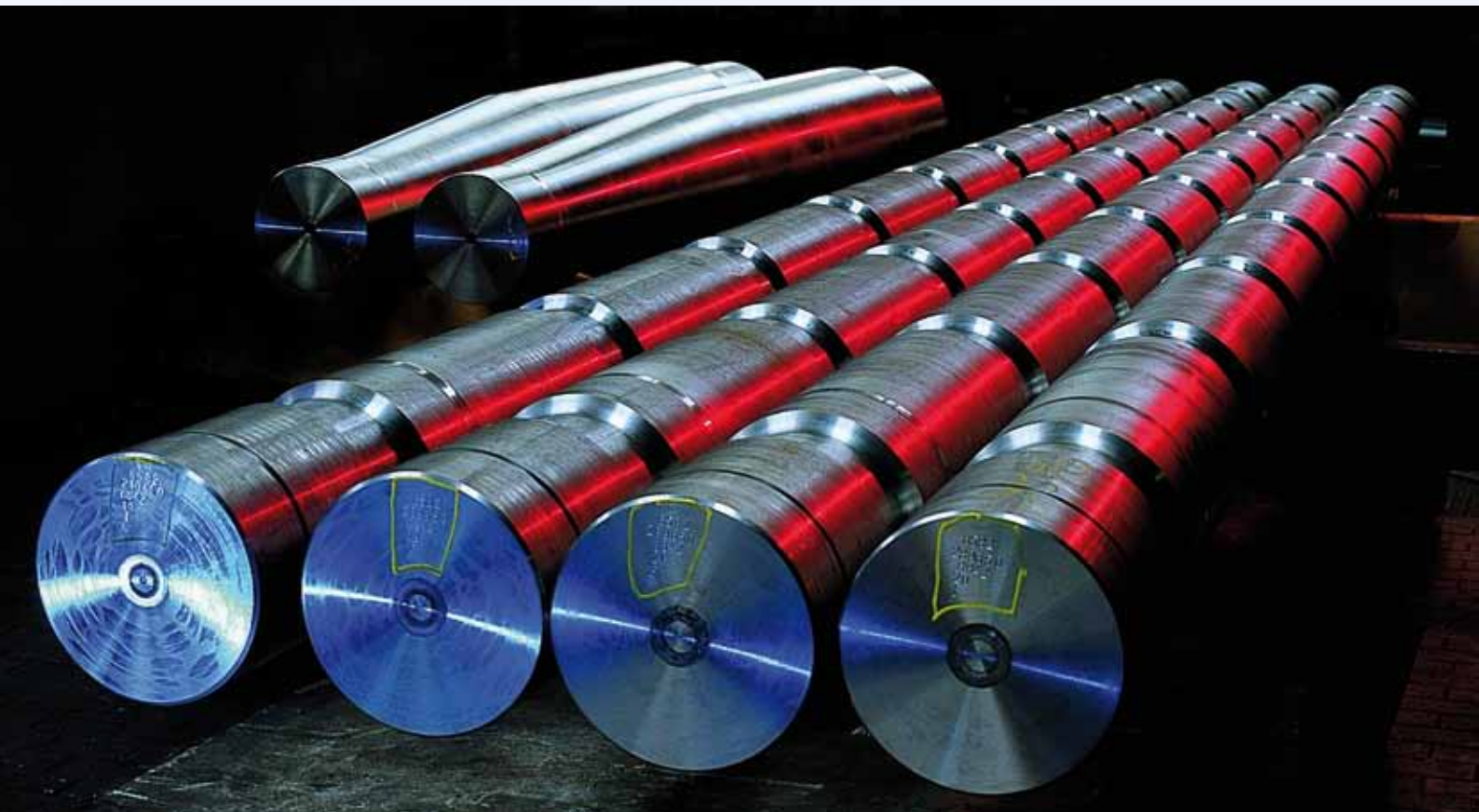
Mit den nitridbildenden Legierungselementen bilden sich Nitride, die in der Matrix submikroskopisch fein verteilt ausgeschieden werden.



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 Nht

Als charakteristischer Kennwert für die Dicke der Nitrierschicht wird die Nitrierhärte tiefe genommen, die in DIN 50190-3:1979-03 definiert ist und den senkrechten Abstand von der Oberfläche bis zu dem Punkt darstellt, an dem die Härte noch 50 HV höher als die Kernhärte ist.

Einfluss der Anlasstemperatur beim Vergüten

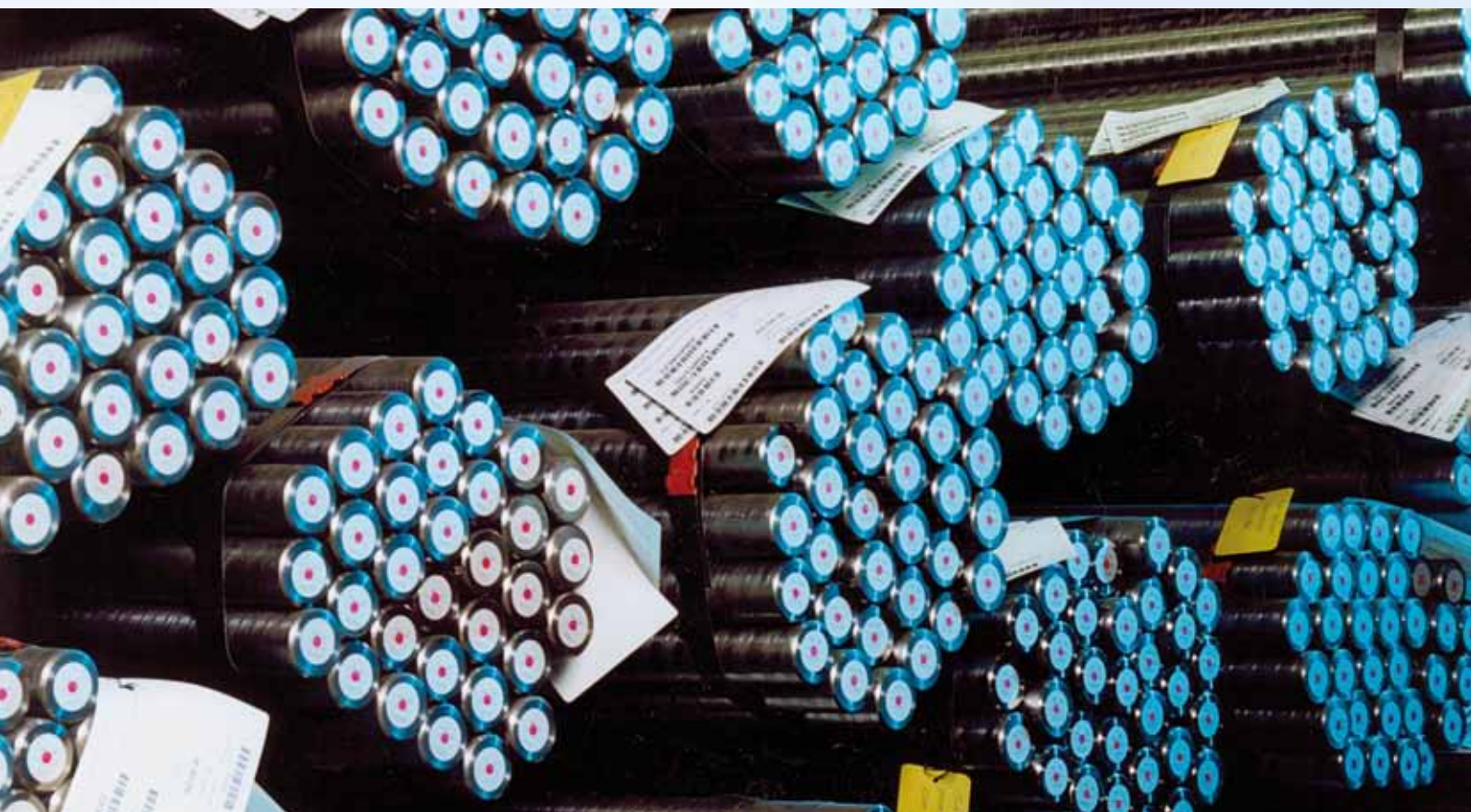
Mit zunehmender Anlasstemperatur erhöht sich die Menge an ausgeschiedenen Cr- und Mo- Karbiden, wodurch die Ausscheidung von Nitriden verringert wird und somit eine geringere Härte steigerung eintritt.

Die Nitriertemperatur sollte unterhalb der Anlasstemperatur liegen, um ein Abfall der Kernfestigkeit zu vermeiden.

Legierungseinfluss

Von den nitridbildenden Elementen Aluminium, Chrom, Vanadium, Molybdän beeinflussen Chrom und Aluminium insbesondere die Randhärte. Dabei ist die Härte steigerung von 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.

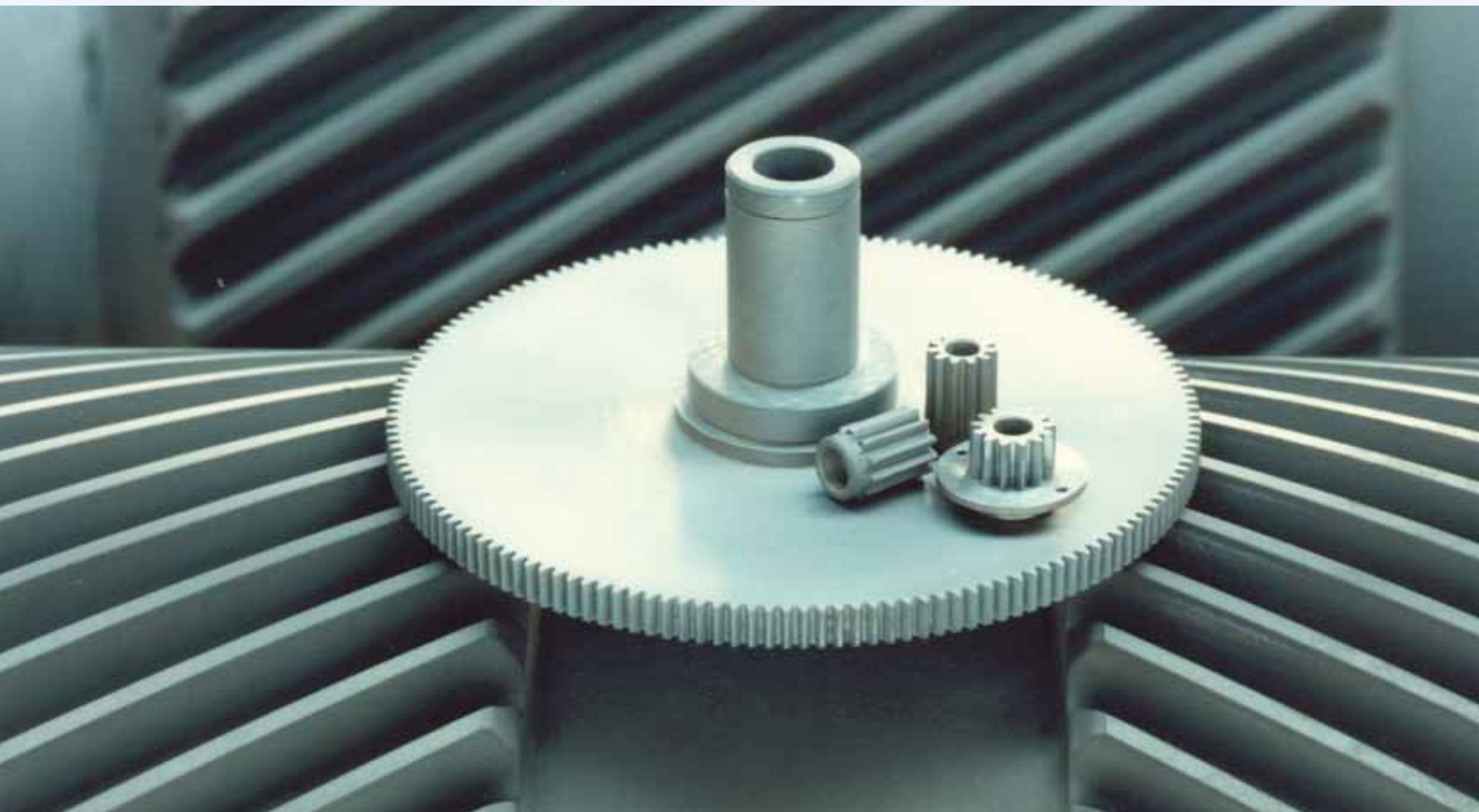
Die durch den Gehalt an zusätzlichen Legierungselementen hervorgerufene höhere Randhärte führt zu einer Absenkung der Neigung zu Adhäsion mit einem Verschleißpartner und einem erhöhten Abrasionswiderstand. Allerdings steigt mit zunehmender Randhärte auch die Gefahr der Anrissbildung bei mechanischer 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 alle Nitrierstähle: Je homogener und feinkörniger das Grundgefüge ausgeprägt ist, desto positiver wird das Nitrierergebnis beeinflusst. 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 Grundwerkstoffes (d.h. des Nitrierstahles) ist, desto höhere Randschichthärten sind in der Regel erzielbar. Zudem erhöhen sich die Druckeigenstressungen, die sich in der nitrierten Randschicht ausbilden, was zu einer Erhöhung der Dauerfestigkeit beiträgt. Es sinkt allerdings die erreichbare Nitrierhärte, da Legierungselemente die Diffusion des Stickstoffs in das Bauteilinnere beeinträchtigen.



Werkstoffübersicht, chemische Zusammensetzung und Eigenschaften gängiger Nitrierstähle

Werkstoff	Kurzbezeichnung	Wst.-Nr.	C	Mn	Cr	Mo	Ni	V	Al
Nitrodur 8515	31CrMo12	1.8515	0,31	0,6	3,0	0,4	-	-	-
Nitrodur 8519	31CrMoC9	1.8519	0,31	0,6	2,5	0,2	-	0,15	-
Nitrodur 8550	34CrAlNi7-10	1.8550	0,34	0,6	1,7	0,2	1,0	-	1,0
Nitrodur 8509	41CrAlMo7-10	1.8509	0,41	0,6	1,7	0,3	-	-	1,0
Nitrodur 8507	34CrAlMo5-10	1.8507	0,34	0,6	1,2	0,2	-	-	1,0
Nitrodur 8522	33CrMoV12-9	1.8522	0,32	0,5	3,0	0,9	-	0,20	-
Nitrodur 8523	40CrMoV13-9	1.8523	0,40	0,6	3,3	1,0	-	0,20	-
Nitrodur 8524*	8CrMo16*	1.8524*	0,08	1,1	3,9	0,5	0,3	-	-

*Werkstoff ist nicht genormt (zu finden in: Bosch Rexroth Werknorm ZF 93008-110:2008-01-28); alle anderen Werkstoffe: EN 10085:Juli 2001.

Wst.-Nr.	Rm* [MPa]	Rp _{0,2} * [MPa]	Av (RT) [J]	Kernhärte	Kernzähigkeit	Erreichbare Randhärte	Polierfähigkeit
1.8515	880 - 1230	min. 675	min. 25	++	+	+	+
1.8519	850 - 1300	min. 650	min. 25	++	+	+	+
1.8550	800 - 1100	min. 600	min. 30	+	++	++	-
1.8509	800 - 1150	min. 600	min. 25	+	+	++	-
1.8507	800 - 1000**	min. 600**	min. 35**	+	+++	++	-
1.8522	900 - 1350	min. 700	min. 30	+++****	++	0****	+
1.8523	800 - 1150	min. 625	min. 25	++****	+	0****	+
1.8524	800 - 1000	min. 700	min. 40***	++****	++++	++****	+

* Werte längs für Abmessungen 16 mm ≤ d ≤ 250 mm; zusagbare Werte sind vom Durchmesser abhängig.

** Nur für Abmessungen 16 mm ≤ d ≤ 70 mm. ***Av(-40°C) = min. 40 J ****Erfahrungswerte



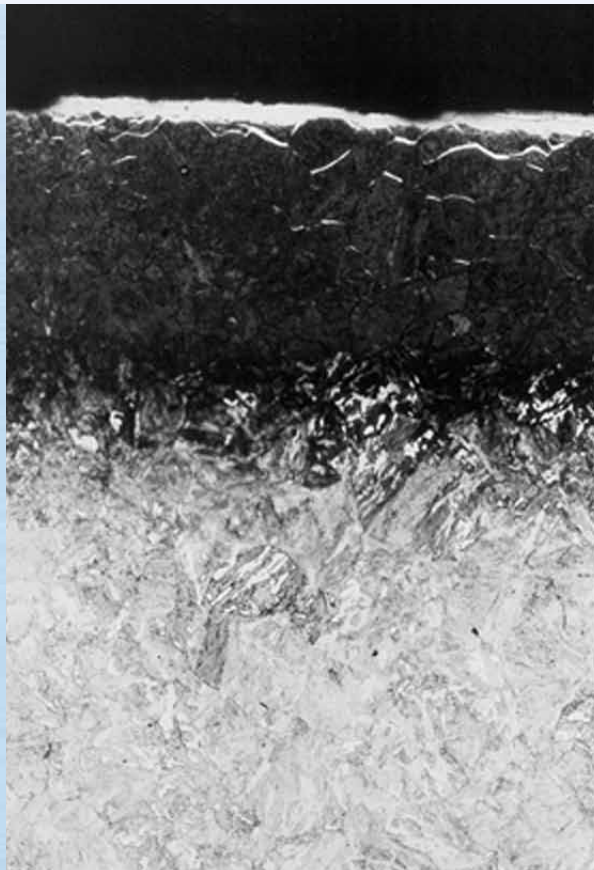
Thermochemische Verfahren des Nitrierens

Gas- Nitrieren und Gas- Nitrocarburieren

Der übliche Temperaturbereich für das Gas-Nitrieren und Gas- Nitrocarburieren liegt bei $450^{\circ}\text{C} \leq T \leq 590^{\circ}\text{C}$. Beim Gasnitrieren 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 NH_3 Stickstoff zudosiert, wodurch es zu einer Verdünnung des NH_3 - Gehaltes kommt. Beim sogenannten Oxi- Nitrieren wird zur Intensivierung des Nitrierprozesses Sauerstoff, meist als Luft, 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 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 in der deutschen Industrie kaum 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 ausgeprägter 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 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 nichtrostender Stähle entfernt werden können. Anschließend wird aufgeheizt und die Bauteiloberfläche aufgestickt. Durch Einsatz einer gepulsten Entladung wird die Gleichmäßigkeit in der Charge erhöht, der Energieeintrag in die Anlage 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 Nht). 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 – 0,8 mm eindringen.



Salzbadnitrocarburieren

Die Behandlungsdauer liegt meist im Bereich von 30 bis 120 Minuten bei $570^{\circ}\text{C} \leq T \leq 590^{\circ}\text{C}$. 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. Schreckt man die Bauteile in einer oxidierenden Salzschnmelze ab oder behandelt sie in einem oxidierenden Medium, 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 $350 - 400^{\circ}\text{C}$ ca. 30 – 120 Minuten – 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 den unlegierten Stählen hat bei den legierten Stählen 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 wenig stör anfälligen Prozess handelt, bei dem nur wenige Parameter zu beachten sind. Es sind praktisch alle Stähle und Gusseisen behandelbar. Der Chargenaufbau hat nur einen geringen Einfluss auf das Behandlungsergebnis, so dass auch eine hohe Chargerdichte möglich ist.

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

Neuere Sonderverfahren

Neben den beschriebenen Verfahren existieren auch Sonderverfahren, denen industriell derzeit allerdings noch keine nennenswerte Bedeutung zukommt und daher hier nicht näher kommentiert werden. Hierzu zählen das Pulvernitrocarburieren, Nitrieren in wässriger NH_3 -Lösung und das Nitrieren/ Nitrocarburieren in Wirbelbetтанlagen.

Neuere Forschungen befassen sich derzeit mit der Mikrozerspanung mit Diamantwerkzeugen von gasnitrocarburierten Stählen, um optische Oberflächenqualitäten darstellen zu können. Bis dato konnte die Mikrozerspanung 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 eingestellte Nitrodur Nitrierstähle her, sondern es besteht auch die Möglichkeit, die gefertigten Bauteile in unserer Härtereitechnik an den Standorten Lüdenscheid und Stuttgart einem thermochemischen Wärmebehandlungsprozess, dem Gasnitrieren und dem Puls- Plasma- Nitrieren auszusetzen.

Das Gasnitrieren, -carbonitrieren und -nitrocarburierten wird an beiden Standorten im Temperaturbereich des Kurz- und Langzeitnitrierens für Chargenabmessungen (L x B x H) 900 x 600 x 600 mm durchgeführt.

Das Plasmanitrieren für die Chargenabmessung rd. 1200 x 1900 mm wird an beiden Standorten angeboten; die Chargenabmessung rd. 800 x 1300 mm kann zusätzlich an unserem Standort Lüdenscheid erfolgen.

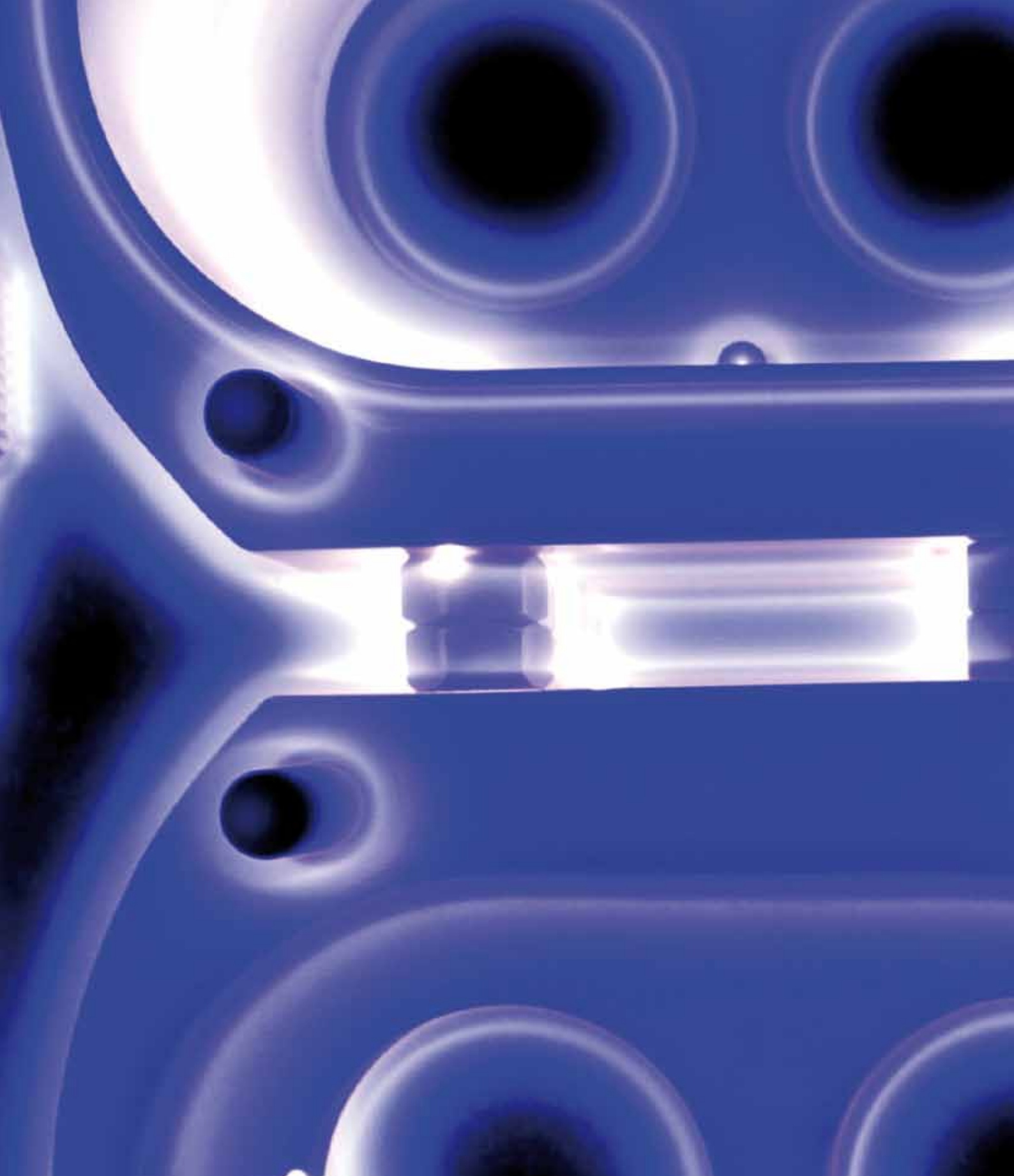
Anlagentechnisch bedingt können bei den Deutschen Edelstahlwerken Stähle im Durchmesserbereich von 5,5 bis 800 mm Ø hergestellt werden. Neben den Edelbaustählen fertigen die Deutschen Edelstahlwerke auch nichtrostende, sogenannte RSH- Stähle und Werkzeugstähle, die sich in Grenzen ebenfalls nitrieren lassen.

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 GMBH

Austraße 4
58452 Witten, Germany
www.dew-stahl.com
nitrodur@dew-stahl.com

Obere Kaiserstraße
57078 Siegen, Germany
www.dew-stahl.com