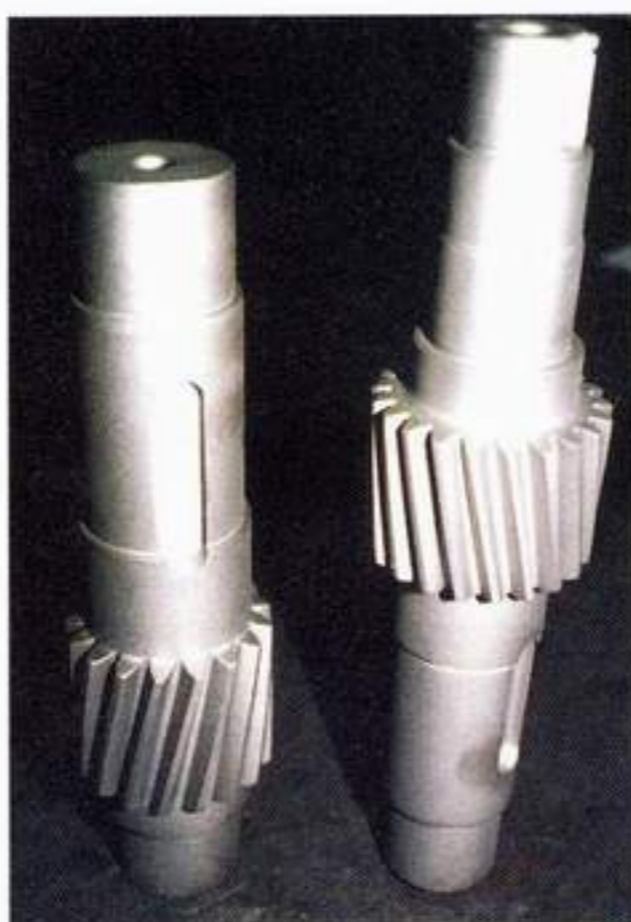


Gasnitrieren gewinnt an Bedeutung



Härterei Bochum

Dr.-Ing. Helmut Reese GmbH
Oberscheidstraße 25
W-4630 Bochum-Riemke
☎ (02 34) 5 47 00-0
FAX (02 34) 5 47 00-96

Härterei Reese

Brackenheim GmbH & Co. KG
Gaswerkstraße 17
W-7129 Brackenheim
☎ (0 71 35) 50 27/28
FAX (0 71 35) 1 28 00

Härterei Reese

Chemnitz GmbH & Co. KG
Otto-Schmerbach-Straße 19
O-9030 Chemnitz
☎ (03 71) 86 34 65 und
86 35 04
FAX (03 71) 86 35 05

Härterei Reese

Weimar GmbH & Co. KG
Kromsdorfer Straße
O-5300 Weimar
☎ (0 36 43) 71 33 16 und
71 25 90
FAX (0 36 43) 71 32 87

Gasnitrieren gewinnt an Bedeutung

Dipl.-Ing. G. Reese, Bochum

Gasnitrieren gewinnt durch den Druck der Produktionskosten zunehmend an Bedeutung. Durch eine geschickte Fertigungsplanung und Werkstoffauswahl kann der Prozeß des Gasnitrierens positiv beeinflusst werden. Das Verfahren eignet sich besonders dann, wenn nur geringe Härtetiefen notwendig sind und das Werkstück direkt nach der Wärmebehandlung eingebaut werden soll.

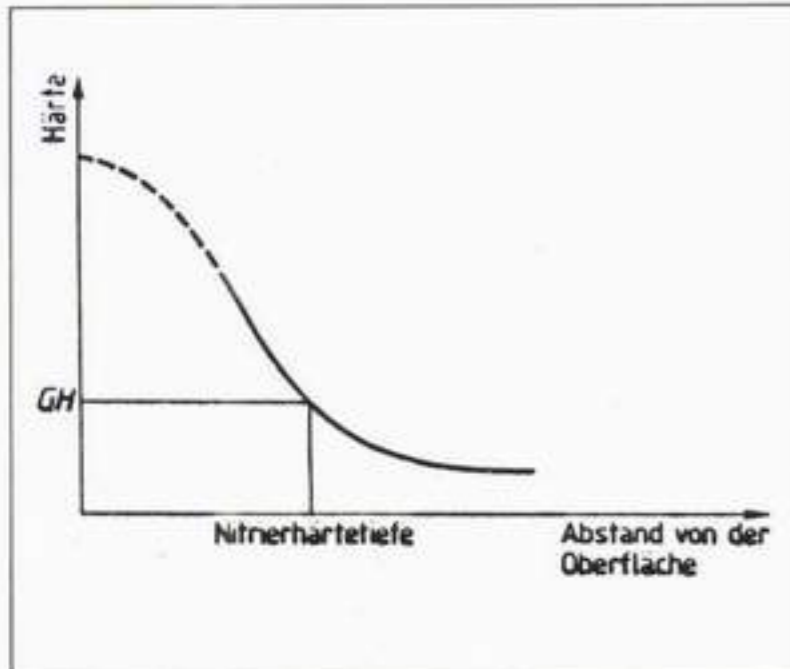


Bild 1 Diagramm zur Ermittlung der Nitrierhärte



Bild 2 Gasnitrierte Stirnräder aus 42 Cr Mo 4

Das Gasnitrieren ist heute die gebräuchlichste Form des Nitrierens. Die Rand-schicht des Nitriergutes wird bei diesem Verfahren über eine kontrollierte Ammoniakgasreaktion im Temperaturbereich von 500 bis 530 °C mit Stickstoff angereichert. Die Härtung erfolgt durch im Metallgitter eingelagerten bzw. in Form von harten Nitriden, bevorzugt mit den Elementen Aluminium, Chrom, Molybdän, Titan und Vanadin, aus-geschiedenem Stickstoff. Bei einer Stan-dardbehandlungszeit von 84 h werden bei den gängigen Stählen Nitriertiefen von 0,5 bis 0,9 mm erreicht. (Bei Mehr-stufenbehandlungen z.B. dem Profun-diervorgang sind auch Härtetiefen von 1,2 mm erreichbar.) Darüber hinausge-

hende Nitriertiefen sind wegen des Auf-wandes und der Versprödungsgefahr in der Regel nicht mehr sinnvoll.

Aufgrund der niedrigen Behandlungs-temperatur ist das Gasnitrieren ein Ver-fahren mit geringerem Verzug. Es findet keine Gefügewandlung im Sinne Aus-tenit - Martensit statt. Deshalb können auch keine Umwandlungsspannungen entstehen. Das Gasnitrieren kommt des-halb dann in Frage, wenn das Bearbeiten der Werkstücke nach der Wärmebehand-lung vermieden werden soll. Beim Ein-satzhärten zum Beispiel ist das Nachar-beiten die Regel, beim Nitrieren die Aus-nahme. Der Verzug an Werkstücken, auch komplizierten Formen, bleibt so ge-ring, daß sie meist gleich eingebaut wer-den können.

Wenn es auf eine Steigerung der Dauerfestigkeit ankommt, ist das Gasnitrieren ebenfalls geeignet, denn ebenso wie beim Einsatzhärten entstehen bei diesem Dif-fusionsverfahren Druckeigenspannungen in der Werkstückoberfläche.

Abgesehen von der Härtesteigerung, die zu einer Verminderung des Abrasions-verschleißes führt, verringert die bei die-sem Verfahren veränderte Metallatom-gitterstruktur die Gefahr der Adhäsion, die zum Fressen und damit zum Versa-gen von Gleit- und Wälzpaarungen füh-ren. Aus diesem Grunde ist das Gasni-trieren bei gleitender Beanspruchung, z.B. bei Hydraulikkolben, Gleitschienen und -führungen, ausgezeichnet geeignet. Wegen der geringeren Härtetiefe emp-fiehlt sich das Gasnitrieren im Getriebe-bau als Alternative zum Einsatzhärten bei kleineren Moduln.

Gasnitrieren - das Verfahren

Die praktische Durchführung des Ver-fahrens geschieht in geschlossenen Re-tortenofenanlagen. Wegen der Verwen-dung von Ammoniakgas muß eine 100%ige Abdichtung der gesamten An-lage gewährleistet sein, da dieses Gas schon in kleinsten Mengen zu Reizungen der Atemwege und Schleimhäute führt. Die Ammoniakgaszugabe wird über die kontinuierliche Analyse der Ofenat-mosphäre geregelt. Die metallisch blanken, rostfreien Werkstücke werden vor dem Gasnitrieren sorgfältig entfettet und ge-reinigt. Durch Abdecken mit einer Ni-trierschutzpaste lassen sich bestimmte Stellen vor dem Nitrieren schützen. So ist auch eine partielle Härtung möglich. Nach dem Einbringen der zu einer Char-ge zusammengestellten Teile in den Ni-

trierofen beginnt das langsame Aufhei-zen auf Nitriertemperatur. Dabei wird der Ofenraum ausgiebig mit Stickstoff gespült, um den Sauerstoff zu entfernen. Ab dann beginnt der eigentliche Nitrier-prozeß, der sich aufgrund der verhältnis-mäßig geringen Temperatur über mehre-re Tage hinzieht. Die langsame Abkühlung der Charge bis unter 100 °C erfolgt ebenfalls unter Stickstoffatmosphäre.

Nach dem vollständigen Abkühlen der Nitrierteile werden zunächst die beigeleg-ten Nitrierproben auf Oberflächenhärte und Nitrierhärte-tiefe (Nht) untersucht. Nach DIN 50133 wird die Oberflächen-härte nach Vickers gemessen. Die Ermitt-lung der Nitrierhärte-tiefe erfolgt nach DIN 50190 Teil 3 (Bild 1). Dabei gilt für die Grenzhärte (GH): $GH = (\text{Ist-Kern-härte} + 50) \text{ HV}$

Nach dem Gasnitrieren haben die Werk-stücke in der Regel ein ansprechendes silbergraues Aussehen. Durch ein zu frü-hes Öffnen der Charge oder bei sehr mas-siven Teilen kann es passieren, daß die Werkstücke eine gelbe bis blaue Anlauf-farbe bekommen. Dies ist jedoch für die Qualität der Nitrierschicht belanglos.

Bei den rost- und säurebeständigen Stäh-len ist vor dem Gasnitrieren die Passiv-schicht zu beseitigen. Dies geschieht zweckmäßigerweise vor dem Gasnitrie-ren durch ein kurzes Eintauchen in ein Nitriersalzbad und anschließende gründ-liche Reinigung der Oberfläche. Da Pas-sivschichten auch schon bei geringem Chromgehalt entstehen können, sollte ab etwa 5% Chrom grundsätzlich entpassi-vert werden.

Für die gesamte Gasnitrierbehandlung ist aufgrund der umfangreichen Vorbe-reitung, der langsamen Aufwärm- und Abkühlphasen sowie der langen Stan-dardhaltezeit von 84 h, mit einer Gesam-dauer von sechs bis sieben Tagen zu rech-nen. Praktisch bietet sich daher für den Anwender ein regelmäßiger wöchentli-cher Anlieferungs- und Abholzyklus an.

Werkstoffe und ihre Härte-eigenschaften

Aufgrund der Eigenschaft des Stickstof-fes, mit den Elementen Aluminium, Chrom, Molybdän, Titan und Vanadin, harte Nitride zu bilden, erreichen beim Gasnitrieren hohe Härten besonders die mit diesen Elementen legierten Stähle. Grundsätzlich sind fast alle Stahlsorten und auch Guß nitrierbar.

Heute werden aus verschiedenen Grün-den mehr Vergütungsstähle als Nitrier-

stähle nitriert. Der meistnitrierte Stahl ist der Vergütungsstahl 42 Cr Mo 4.

Bei den rost- und säurebeständigen Stählen ist zu beachten, daß durch die Beseitigung der Passivschicht ihr Korrosionswiderstand abnimmt. Bei allen anderen Stählen wird eine Erhöhung des Korrosionswiderstandes erreicht.

Bei den niedriglegierten Stählen ist die Härtesteigerung mitunter nur gering. Trotzdem kommt auch hier oft ein Gasnitrieren in Betracht, wenn es darum geht, einen gewissen Korrosionsschutz zu erreichen oder den Adhäsionsverschleiß bei Gleitpaarungen zu vermindern.

Werte für erreichbare Oberflächenhärten und Nitriertiefen bei einigen gängigen Stählen und bei einer Standardbehandlungsdauer von 84 h können der Tabelle 1 entnommen werden. Die Toleranzen ergeben sich aus den Analysetoleranzen und den unterschiedlichen Vergütungsfestigkeiten. Es ist erkennbar, daß mit steigender Kernfestigkeit und steigendem Legierungsgehalt die erreichbare Außenhärte ebenfalls ansteigt.

Durch Profundinieren (eine Mehrstufen-sonderbehandlung) lassen sich die Nitriertiefen noch bis zu 50% steigern. Aufgrund der zunehmenden Versprödung bei ansteigender Nitriertiefe ist eine weitere Steigerung allerdings nur noch in Ausnahmefällen sinnvoll.

Fertigungsplanung vor dem Gasnitrieren

Der Vorbehandlung des Materials kommt eine bedeutende Rolle zu. Eine schlechte Vorbehandlung kann den Erfolg des Nitrierprozesses wesentlich beeinträchtigen. Ein grobes Korn führt wegen Korngrenzenausscheidungen mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Versprödung der Korngrenze beim Nitrierprozeß. Deshalb wird eine Korngröße von ASTM-Nr. 6 bzw. DIN 50601 Korngrößenkennzahl G = 6 und feiner empfohlen - die dem Stahllieferanten vorgegeben werden kann. Es ist weiterhin darauf zu achten, daß die nitridbildenden Elemente nicht in gebundener Form z.B. als Carbide in Weichglühgefügen oder hoch angelegenen Vergütungsgefügen vorliegen. So stehen sie nicht mehr zur Bildung harter Nitride zur Verfügung und die erreichbare Außenhärte und Nht sinken.

Um den Erfolg der Nitrierbehandlung zu sichern, ist schon bei der Planung der Fertigungsabläufe darauf zu achten, daß eine einwandfreie Vorbehandlung des Materials gewährleistet sein muß. Das bedeutet in der Regel eine einwandfreie Vergütungsbehandlung. An die Stelle der Vergütungsbehandlung kann auch eine Normalglühbehandlung treten, wenn die dabei erreichten Kernfestigkeiten ausreichen und Korngrenzausscheidungen bei

der langsamen Abkühlung von der Normalglühtemperatur ausgeschlossen sind. Für die Vorbehandlung gibt es zwei Möglichkeiten: Die erste besteht darin, das Material schon vergütet zu bestellen. Um sicherzustellen, daß die erforderlichen Parameter wie Härtetemperatur, Haltezeiten und Korngröße eingehalten werden, sollte eine Prüfbescheinigung nach DIN 50049 verlangt werden und die Korngröße vorgeschrieben werden.

Die Anlaßtemperatur sollte mit mindestens 550 °C, also rund 50 °C oberhalb der späteren Nitriertemperatur, vorgeschrieben werden. Andernfalls muß mit einem Festigkeitsabfall beim Nitrierprozeß gerechnet werden. Wird das Material einfach vergütet bestellt, so ist z.B. nicht ausgeschlossen, daß das Material aus der

Stelle die Vergütungsbehandlung einzuplanen.

Zweckmäßigerweise sollte diese in der Härterei durchgeführt werden, die später die Nitrierbehandlung durchführt. Bei einer Bestellung „Vorvergüten zum späteren Gasnitrieren“ wird die Härterei von sich aus auf eine optimale Vergütung zum späteren Gasnitrieren achten.

Im Anschluß an diese Wärmebehandlung werden die Werkstücke zum Gasnitrieren fertigbearbeitet. Flächen, die nach dem Gasnitrieren weiterbearbeitet werden sollen oder aus anderen Gründen nicht nitriert werden dürfen, können mit einer Nitrierschutzpaste abgedeckt werden.

Es ist zu beachten, daß durch das Gasnitrieren eine gemittelte Rauigkeit Rz von

Material	Werkst.-Nr.	Außenhärte HV1	Kernhärte HV1	Nht
Nitrierstähle DIN 17211				
31 Cr Mo 12	1.8515	800-900	300-400	0,6-0,8
31 Cr Mo V 9	1.8519	750-900	300-370	0,6-0,8
34 Cr Al Ni 7	1.8550	900-1100	280-330	0,7-1,0
Einsatzstähle DIN 17210				
16 Mn Cr 5	1.7231	630-730	200-300	0,7-0,9
17 Cr Ni Mo 6	1.6587	650-750	290-380	0,8-1,0
Vergütungsstähle DIN 17200				
C35	1.0501	300-350	170-220	0,8-1,0
C45	1.0503	300-400	190-240	0,8-1,0
34 Cr Mo 4	1.7220	600-720	230-280	0,6-0,8
42 Cr Mo 4	1.7225	600-720	250-350	0,6-0,9
30 Cr Ni Mo 8	1.6580	650-750	310-370	0,5-0,7
50 Cr V 4	1.8159	600-720	280-350	0,7-0,9
14 Cr Mo V 6 9	1.7735	800-900	280-350	0,8-1,0
Werkzeugstähle DIN 17350				
X 40 Cr Mo V 51	1.2344	950-1100	400-500	0,35-0,45
56 Ni Cr Mo V 7	1.2714	550-690	330-430	0,4-0,6
X 210 Cr 12	1.2080	700-900	440-540	0,2-0,3
X 165 Cr Mo V 121	1.2601	900-1050	450-550	0,15-0,25
Rost- u. Säurebeständige Stähle DIN 17440				
X 10 Cr 13	1.4006	900-1050	200-300	0,2-0,5
X 40 Cr 13	1.4034	800-1000	200-350	0,3-0,6
Martensitahärtende X 2 Ni Co Mo 1895	1.6358	800-950	550-630	0,1-0,15

Tabelle 1 Härteeigenschaften gängiger Stahlsorten

Schmiedehitze vergütet wird. Dabei jedoch ist eine Einhaltung der für den Nitrierprozeß erforderlichen Gefügeparameter nicht immer gewährleistet.

Die andere Möglichkeit ist, das Material unvergütet zu bestellen. Die Vergütungsbehandlung wird dann nach der Vorbearbeitung des Werkstückes, je nach Größe, bis auf wenige Millimeter Bearbeitungszugabe durchgeführt.

Auf jeden Fall ist nach dem Vorbearbeiten eine Wärmebehandlung vorzusehen. Wenn das Material vergütet bestellt wurde, reicht ein Spannungsglüh bei mindestens 550 °C aus. Sonst ist an dieser

4 bis 6 µm zurückbleibt, wenn sie nicht schon vorher größer war. Diese Rauigkeit kann durch Nachpolieren wieder beseitigt werden.

Die Volumenzunahme der Randschicht führt zu einem Flächenwachstum der Nitrierschicht von 1,5 bis 2,5% der jeweiligen Nht, also z.B. beim 42 Cr Mo 4 etwa 10 bis 15 µm. Bei extrem dünnwandigen Leisten und Ringen kommt noch ein Längen- bzw. Durchmesserwachstum hinzu, das in einem proportionalen Verhältnis des in der Randschicht aufgebauten Druckeigenspannungsquerschnittes im Verhältnis zum Zugspannungsquer-

schnitt des Kerns und zu den jeweiligen Festigkeiten steht.

Weiterhin zu beachten ist, daß es bei unsymmetrischer Nitrierung, z.B. einseitig isolierten Leisten oder bei Zahnstangen, durch das Volumenwachstum zu einseitigen Druckeigenspannungen und damit zu geringen Durchbiegungen kommen kann und an Kanten zu einem gering erhöhten Schichtwachstum durch den Kantendiffusionseffekt. All diese Phänomene lassen sich jedoch bei vorausschauender Beachtung und in einem Gespräch mit der Härtereierie in den Griff bekommen, da sie, wenn nicht berechenbar oder durch geeignete Maßnahmen zu beseitigen, zumindest reproduzierbar sind. Als alternatives Nitrierverfahren bietet sich außerdem noch das Salzbadnitrierverfahren an, wenn eine geringere Nht zulässig ist.

Lange Leisten und Rollen lassen sich im Anschluß an das Gasnitrieren in der Regel noch warm richten. Es ist auch bemerkenswert, daß gasnitrierte Werkstücke im Anschluß an die Nitrierbehandlung noch randschichtgehärtet werden können, z.B. durch Induktionshärtung.



Bild 4

Dies führt zu einer weiteren Steigerung der Außenhärte und zu einem harten, tragfähigen Grund für die Nitrierschicht, ohne daß diese ihre positiven Eigenschaften verliert. Bei dem Vergütungsstahl 42 CrMo 4 sind auf diese Weise schon Aussenhärten von über 800 HV erzielt worden und über 550 HV bis über 4 mm Tiefe.

Bild 3 Gasnitrierte Ritzelwellen aus 31 Cr Mo V9

Bild 4 Partielle gehärtete Steuerschieber und Zahnstangen (Werkbilder: Härtereierie Bochum)

Das Gasnitrieren hat in den letzten Jahren unter dem Druck der Produktionskosten immer mehr an Bedeutung gewonnen. Es ist besonders zu empfehlen, wenn eine Bearbeitung der Werkstücke nach dem Härten aus Kostengründen vermieden werden soll. Beim Nitrieren ist das Nacharbeiten wegen der geringen Maßänderungen im μm -Bereich eher die Ausnahme. Wenn einige wichtige Punkte bei der Fertigungsplanung und Stahlauswahl beachtet worden sind, hat sich das Gasnitrieren in der Praxis als ein problemloses Verfahren zur Erzeugung harter Oberflächen erwiesen. Aufgrund der geringeren erzielbaren Härtetiefen empfiehlt sich das Gasnitrieren gegenüber dem Einsatzhärten überall dort, wo ohnehin keine größeren Härtetiefen erforderlich sind. Da fast alle Stahlsorten nitrierbar sind, können heute praktisch überall, wo der Verschleiß eine Rolle spielt, gasnitrierte Metallbauteile eingesetzt werden.

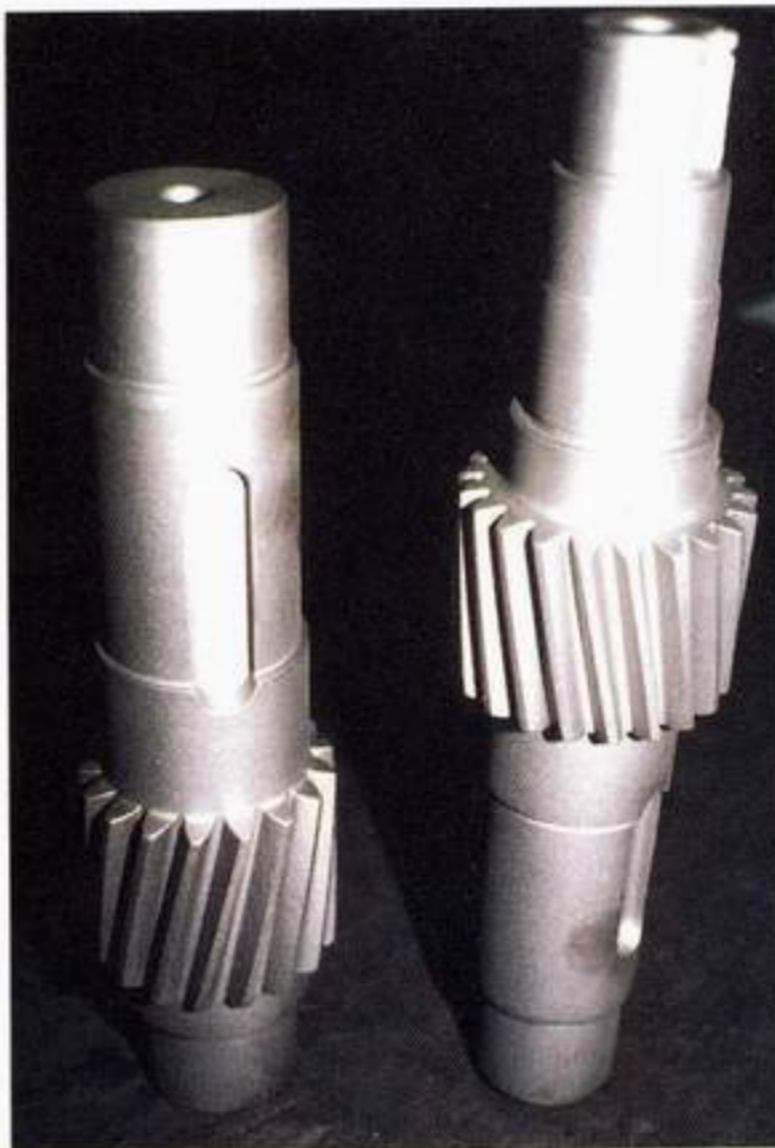


Bild 3

Anwendungsbeispiele

In der Hydraulik liegt meist gleitende Beanspruchung vor. Kolben gleiten zwischen Dichtungen und Führungen. Die verminderte Adhäsionsneigung der Nitrierschicht, verbunden mit der hohen Oberflächenhärte gegen abrasiv wirkende Partikel, führen zu hohen Standzeiten. Der Ermüdungverschleiß durch Oberflächenzerrüttung (Wälzverschleiß), bei dem es auf eine hohe Härtetiefe ankommt, ist bei gleitender Beanspruchung zu vernachlässigen. So reicht die relativ

geringe Nitriertiefe auch bei großen Bauteilen aus, z.B. mehrere Tonnen schwere Hydraulikkolben. Als geeignete Stähle haben sich u.a. 42 Cr Mo 4 und 31 Cr Mo V 9 erwiesen.

Ein anderes Belastungsbild liegt im Getriebebau vor. Dort wirken vor allem die Verschleißmechanismen Ermüdung bzw. Wälzverschleiß sowie Adhäsion und Abrasion. Es sind vor allem Zähigkeit und Härtetiefe gefragt - die Härtetiefe aufgrund der höchsten Hertzschen Vergleichsspannung unterhalb der Oberfläche, die Zähigkeit aufgrund der Wälzbeanspruchung. Zu hohe Oberflächenhärten gehen auf Kosten der Zähigkeit. Stähle, die Oberflächenhärten über 900 HV erreichen, wie z.B. die Al-legierten Nitrierstähle, sind nicht mehr zu empfehlen. Bewährt haben sich die Stähle 25 Cr Mo 4 bis 42 Cr Mo 4, 30 Cr Mo V 9 bzw. 31 Cr Mo V 9, 14 Cr Mo V 6.9, 16 Mn Cr 5, 20 Mn Cr 5, 17 Cr Ni Mo 6, 15 Cr Mo 5, 20 Cr Mo 5. Aufgrund der, im Vergleich zum Einsatzhärten, geringeren erzielbaren Härtetiefe empfiehlt sich das Gasnitrieren im Getriebebau besonders bei kleineren Moduln bis etwa Modul 6. Bei größeren Moduln fällt der Gewinn an Tragfähigkeit gegenüber dem Einsatzhärten ab. Gleichwohl steigt auch beim Gasnitrieren größerer Module immer die Tragfähigkeit gegenüber dem nur vergüteten Zustand an.

Im Werkzeugbau hat sich das Gasnitrieren in vielen Einsatzgebieten bewährt, z.B. bei Werkzeugen für die Blechumformung in der Automobilindustrie, Schnitt- und Stanzwerkzeugen, Ziehwerkzeugen, Kaltfließpreßwerkzeugen, Form- und Kalibrierrollen, Bördel-, Richt- und Sichenrollen, Gewindewerkzeugen, Reißwerkzeugen, Feilen usw. Hier kommt fast das gesamte Spektrum der mit den nitridbildenden Elementen Cr, Mo, V, Al und Ti legierten Stählen zur Anwendung.

Im sonstigen Maschinenbau haben sich als geeignet erwiesen: Für Kurbel- und Nockenwellen sämtliche Stähle, die auch im Getriebebau Anwendung finden, das gleiche gilt für Walzen und Rollen, die anschließend bei Bedarf noch induktionsgehärtet werden können, um eine höhere Grundhärte zu erzielen und auch für Spindeln aller Art. Bei letzteren kommen auch wieder sämtliche Nitrierstähle zur Anwendung. Für Kunststoffextruderschnecken und Zylinder können je nach Beanspruchung Nitrierstähle oder die Stähle 33 Al Cr Mo 4, 14 Cr Mo V 6.9, aber auch X 38 Cr Mo V 51, X 40 Cr 13, X 165 Cr Mo V 12 1 bzw. X 155 Cr V Mo 12 und sonstige Cr Mo-legierten Werkzeugstähle eingesetzt werden.