

Prozesssicherheit beim Nitrieren und Nitrocarburieren

Process reliability at nitriding and nitrocarburizing



Dr.-Ing. Uwe Huchel



Dr.-Ing. Alfred Spengler



Dr.-Ing. Peter Sommer



Dr.-Ing. Heinrich
Klümper-Westkamp

1. Einleitung

Die lebhafte Diskussion zu Fragen der Prozessfähigkeit in der Wärmebehandlung führte im Jahr 2005 beim AWT-Fachausschuss 3, „Nitrieren und Nitrocarburieren“ zur Bildung einer eigenen Arbeitsgruppe, die einen Vorschlag zur Festlegung der Prozessfähigkeit für die thermochemischen Wärmebehandlungsverfahren Nitrieren und Nitrocarburieren erarbeitet hat. Bei der Formulierung des Vorschlags waren sich alle Mitglieder der Arbeitsgruppe darüber im Klaren, dass Bedenken über die Erfüllung der formalen Voraussetzungen des statistischen Modells einer Normalverteilung bestehen. Weiterhin handelt es sich bei Nitrierprozessen in der Regel nicht um „single flow“ Prozesse wie bei der mechanischen Fertigung, an denen Nitrierprozesse aber gemessen werden. Es wurde vorgeschlagen, zwischen einer Prozessfähigkeit der Anlage und einer Prozessfähigkeit der Bauteile zu unterscheiden /1/ und zur Diskussion aufgerufen. Die Arbeiten zum Thema wurden innerhalb des Arbeitskreises weitergeführt. Das Ergebnis wird nachstehend vorgestellt. Wenn im Weiteren nur vom Nitrieren gesprochen wird, gilt das gleichermaßen für das Nitrocarburieren.

2. Prozessfähigkeit der Bauteile

2. 1. Wechselwirkungen zwischen Herstellungsprozess und Nitrierergebnis

Unter „Nitrierbarkeit“ wird „das Ansprechen eines Eisenwerkstoffes auf das Nitrieren, gekennzeichnet durch die Veränderung des stofflichen und strukturellen Aufbaus der Randschicht in Abhängigkeit von den Nitrierbedingungen“ verstanden. /2/

Der Begriff Nitrierbedingungen bezieht sich auf das angewendete Verfahren (in den Medien Gas, Plasma, Salz), Temperatur und Dauer der Behandlung sowie auf verfahrensspezifische Prozessparameter.

Auf mögliche Streuungen im Nitrierergebnis nimmt der Begriff Nitrierbarkeit keinen Bezug. Die Nitrierbarkeit ist eine Werkstoffeigenschaft. Die Streuungen im Nitrierergebnis gehören zum Nitrierverhalten, das in /2/ und /3/ als Systemeigenschaft mit Eingangs- und Ausgangsgrößen dargestellt ist.

Umfassende Informationen über den gegenwärtigen technischen Stand zum Nitrieren und

1. Introduction

The lively discussion on questions of process capability in the heat treatment in the year 2005 at the AWT technical committee 3 "Nitriding and nitrocarburizing" led to the formation of an own work group which developed a suggestion for the determination of the process capability for the thermochemical heat treatment process nitriding and nitrocarburizing. With the formulation of the suggestion, all members of the working group were aware that there were misgivings about the fulfillment of the formal prerequisites of the statistic model of a normal distribution. Furthermore, nitride processes generally are not "single flow" processes like with the mechanical production on which nitride processes however are measured. It has been suggested to make the distinction between a process capability of the facility and a process capability of the components /1/ and to make a call for a discussion. The work on the topic has been carried out within the working group. The result is presented in the following. If in the following we only speak of nitriding, the same is true for nitrocarburizing.

2. Process capability of the components

2. 1. Interaction between production process and nitriding result

"Nitriding capability" is understood as the "response of an iron material to the nitriding, characterized through the change of the material and structural composition of the surface layer depending on the nitriding conditions". /2/

The term nitriding conditions refer to the applied process (in the media gas, plasma, salt), temperature and duration of the treatment as well as the process parameter specific for the procedure.

The term nitriding capability does not refer to possible variations in the nitriding result. The nitriding capability is a material characteristic. The variations in the nitriding result are part of the nitriding behavior, which is shown in /2/ and /3/ as a system characteristic with input values and output values.

Comprehensive information on the present technical state for nitriding and nitrocarburizing and the ongoing processes are summarized in. /4/

Nitrocarburieren und die dabei ablaufenden Vorgänge sind in /4/ zusammengestellt.

Ein (Produktions-) Prozess ist dann stabil oder beherrscht, wenn die Qualitätsmerkmalausprägungen, hier wird von einem stetigen Merkmal ausgegangen, nur zufällig streuen und wenn die Ausprägung (Prozesslage) sich nur innerhalb der Eingriffsgrenzen, oder einfach nur Grenzwerte (Toleranzen), einer Qualitätsregelkarte oder Forderungen bewegen. In diesem Fall wird von einem fähigen Prozess gesprochen. /5/

Noch heute gehen viele Anwender davon aus, dass die Fähigkeit von Nitrierprozessen nur durch das Verfahren und die dabei verwendeten Parameter (→Prozessfähigkeit der Anlage) bestimmt werden. Der verwendete Bauteilwerkstoff und fertigungsbedingte Einflüsse, die das Bauteil verändern, werden nicht berücksichtigt. Aus der täglichen Praxis ist bekannt, dass während der Herstellung Bauteilzustände erzeugt werden können, welche die Stickstoffdiffusion mehr oder weniger stark beeinflussen.

Unerwartete Abweichungen in der Härte, der Härtetiefe, der Verbindungsschichtdicke oder im Maß- und Formänderungsverhalten sind die Folge. Einen wesentlichen Einfluss auf das Nitrierergebnis haben ebenfalls die chemische Zusammensetzung und der Gefügestand der Bauteile.

Das Bauteil, welches behandelt werden soll, muss sich in einem dafür geeigneten Zustand befinden. Ist das Bauteil nicht in dem notwendigen nitrierfähigen Zustand, dann werden die Ergebnisse, die man nach dem Nitrierprozess misst, nicht mehr zufällig streuen. Unterschreitungen in den Schichtdicken oder in der Härte können die Folge sein, obwohl die Nitrieranlage völlig einwandfrei gearbeitet hat.

Die Wechselwirkungen, die das Nitrierergebnis bestimmen, sind äußerst komplex und wechselseitig. Eine grobe Übersicht von Fertigungsschritten, die ein Bauteil durchlaufen kann, zeigt Tabelle 1. Sie zeigt außerdem wie die Fertigung ein Bauteil beeinflussen kann und in wessen Verantwortungsbereich der jeweilige Fertigungsschritt liegt. Die Prozessschritte Nitrieren und das Prüfen der Bauteile sind mit in die Fertigungsfolge aufgenommen worden.

Die aufgeführten Fertigungsschritte gehören zum Gesamtsystem des Nitrierens mit seinen Eingangs-, Einfluss- und Ausgangsgrößen. /3/ Damit ist auch eine Analogie zum Verzug als Systemeigenschaft gegeben. /6/

2.1.1. Erläuterung der Begriffe Grenzschicht, Eigenspannungen, Gefüge und chemische Zusammensetzung

Grenzschicht : Die Oberfläche oder die äußere Randschicht eines Bauteils kann sich mehr oder weniger in ihrer Beschaffenheit vom Rest des Bauteils unterscheiden. Dieser äußere Randbereich wird im Folgenden durch den Begriff Grenzschicht charakterisiert. Im Handbuch „Tech-

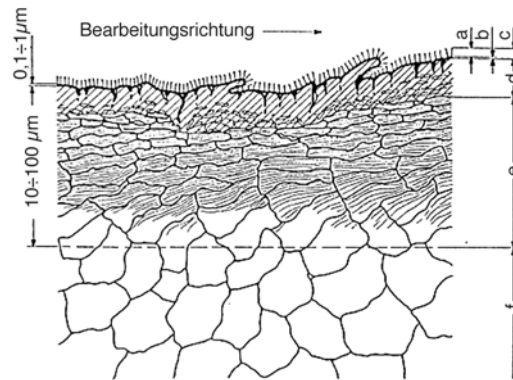


Bild 1: Grenzschicht eines bearbeiteten Werkstücks aus Stahl

Die Grenzschicht besteht aus

- a) Fett- oder Ölfilm,
- b) Adsorptions- und Reaktionsschicht,
- c) äußere Grenzschicht,
- d) Übergangszone,
- e) innere Grenzschicht,
- f) ungestörtes Metallgefüge.

A (production) process is stable or controlled if the quality characteristic specifications, here we assume a continuous characteristic, is only coincidentally dispersed and if the specification (process circumstances) only move within the intervention limits or simply only limit values (tolerances) of a quality control card or demand in which case the process is called a capable process. /5/

Still today many users assume that the capability of nitriding processes are only determined through the process and the thus used parameters (→process capability of the facility). The used component material and the production related influences which change the component are not taken into consideration. From daily practice it is known that during the production component conditions can be produced which more or less strongly influence the nitrogen diffusion.

Unexpected deviations in the hardness, the case depth, the white layer density or in the behavior of measurement and form change are the results. The chemical composition and the structure status of the components also have an essential influence on the nitriding result.

The component which should be treated must be in a condition which is suitable for this. If the component is not in the necessary nitriding capable condition, then the results which are measured after the nitriding process are no longer coincidentally dispersed. Unexpected deviations in the nitriding case depth or in the hardness can be the result although the nitriding process has been done fully faultlessly.

The interactions which determine the nitriding result are extremely complex and alternating. Table 1 shows a rough overview of production steps which a component can go through. Additionally it shows also how the production can influence a component and in whose area of responsibility the respective production step lies. The process steps nitriding and the checking of the components are recorded in the production sequence.

The listed production steps belong to the overall system of nitriding with its input-, influence- and output parameters. /3/ There is thus also an analogy for the distortion as a system characteristic. /6/

Fig. 1: Boundary layer of a processed piece made of steel

The boundary layer consists of

- a) grease or oil film,
- b) adsorption and reaction layer,
- c) outer boundary layer,
- d) transition zone,
- e) inner boundary layer,
- f) undisturbed metal structure.

Tabelle 1: Gegenüberstellung von Fertigungsschritten und möglichen Auswirkungen auf die Prozessfähigkeit von Bauteilen.

Table 1: Comparison of production steps and possible effects on the process capability of components.

Fertigungsschritte Production step	Fertigungsschritt beeinflusst Production step influenced	Verantwortlichkeit Responsibility
-Stahlerzeugung - Halbzeug - Wärmebehandlung - Steel production - Semifinished parts - Heat treatment	→ chem. Zusammensetzung des Werkstoffes, Gefüge /Eigenspannung → chem. composition of the material, structures / residual stress	Hersteller Producer
- mech. Bearbeitung - mech. processing	→ Eigenspannung / Grenzschiicht → Residual stress / boundary layer	Hersteller Producer
(- Wärmebehandlung (- Heat treatment	→ Gefüge/Eigenspannung/Grenzschiicht → Structures / residual stress/ boundary layer	Hersteller) Producer)
- Reinigung / Konservierung - Cleaning / conserving	→ Grenzschiicht → Boundary layer	Hersteller Producer
- Reinigung vor dem Nitrieren / Nitrocarburieren - Cleaning before nitriding / nitrocarburizing	→ Grenzschiicht → Boundary layer	Wärmebehandler / Hersteller Heat treater / producer
- Nitrieren / Nitrocarburieren (→ Prozessfähigkeit der Anlage) - Nitriding / nitrocarburizing (→ Process capability of facilities)	→ Nitrierergebnis → Nitriding result	Wärmebehandler Heat treater
- Prüfen (→ Prozessfähigkeit der Messmittel und Methoden) - Checking (→ Process capability of the measurement means and methods)	→ Beurteilung des Nitrierergebnisses → Assessment of the nitriding result	Wärmebehandler Heat treater

nische Oberflächen" /7/ ist die Grenzschiicht eines bearbeiteten Werkstücks aus Stahl dargestellt.

Eigenspannungen: Eigenspannungen sind mechanische Spannungen, die in einem Körper herrschen, an dem keine äußeren Kräfte angreifen und kein Temperaturgradient vorliegt.

Gefüge: Der Begriff Gefüge umfasst auftretende Phasen und Defekte mit darin enthaltenen Eigenspannungen. In diesem Zusammenhang sind eine mögliche Entkohlung, der Bindungszustand der Nitridbildner, Carbide, Nitride und eine Kaltverfestigung zu betrachten.

Die chemische Zusammensetzung ist identisch mit der Werkstoffanalyse. Abweichungen können z.B. durch eine Randentkohlung auftreten. Innerhalb des Werkstoffs sind seigerungsbedingte Konzentrationsunterschiede möglich.

2.1.2. Mögliche Auswirkungen von Grenzschiichtzuständen, Eigenspannungen, Gefügeänderungen und chemischer Zusammensetzung auf das Nitrierergebnis

Grenzschiicht: Die Grenzschiicht ist geprägt durch eine mechanisch-thermische Veränderung während der Bearbeitung. Die „Durchlässigkeit“

2.1.1. Explanation of the terms border layer, residual stress, structures and chemical composition

Boundary layer: The surface layer of a component can more or less be distinguished through its composition from the rest of the component. This surface area is characterized in the following with the term boundary layer. In the handbook "Technical Surfaces" /7/, the boundary layer of a processed part made of steel is shown.

Residual stresses: Residual stresses are mechanical stresses which are predominant in a body on which there are no external forces and no temperature gradients.

Structure: The term structure includes occurring phases and faults with the contained residual stresses. In this connection a possible decarburizing, the binding condition of the nitriding elements, carbides, nitrides and a strain hardening are to be observed.

The chemical composition is identical to the materials analysis. Deviations can e.g. occur through a decarburization. Within the material, concentration differences caused by segregation are possible.

der Grenzschicht beeinflusst den Stoffübergang des Stickstoffs vom Nitriermedium in das Bauteil und damit:

- Nitrierhärte tiefe,
- Verbindungsschichtdicke,
- Härte.

Eigenspannungszustand: Mögliche Wirkung auf das Maß- und Formänderungsverhalten.

Gefügezustand: Auswirkungen auf Härte-, Festigkeits- und Eigenspannungsprofil.

2.2. Praxisbeispiele für Abweichungen vom Nitrierergebnis

2.2.1. Fehlende Nitrierschichtausbildung

Der Oberflächenaktivität kommt beim Gasnitrieren und den plasmagestützten Verfahren eine sehr große Bedeutung zu. Ist die Oberfläche gesamtheitlich oder stellenweise durch passive Schichten (→Grenzschicht) belegt, wird die Stickstoffaufnahme behindert bzw. völlig verhindert. Weichfleckigkeit oder eine fehlende Nitrierschicht sind dann die Folgen. Im Bild 2 ist die Unterschiedlichkeit der Nitrierschichtausbildung an einem Backenträger zu sehen, der aus dem Nitrierstahl 31CrMoV9, Werkstoff-Nr. 1.8519, hergestellt war. Einige Stellen wiesen sowohl eine vollständig ausgebildete Nitrierschicht als auch ein korrektes Härteprofil auf.

An anderen Stellen fehlte die Nitrierschicht dagegen vollständig und es war zu keinem Härteanstieg gekommen. Der Grund für die fehlende Stickstoffaufnahme wurde durch eine EDX-Untersuchung am Rasterelektronenmikroskop ermittelt. An den Stellen ohne Nitrierschicht wurde Siliziumoxid als hemmende Passivschicht nachgewiesen.

Damit konnte zwar erklärt werden, warum es nicht zu einer Nitrierung gekommen war, die Ursache für diese Passivschichtbildung war damit aber noch nicht erkannt. Eine sehr häufige Fehlerquelle ist z.B. die Verwendung ungeeigneter Kühlschmierstoffe bei der mechanischen Bearbeitung. Können diese Oberflächen durch ein Waschen nicht vollständig von diesen Stoffen befreit werden, kann es zu der inaktiven Oberfläche kommen.

2.2.2. Unterschreitung der Oberflächenhärte

Nach einer Nitrierbehandlung eines Federstahls wurde die geforderte Oberflächenhärte nicht erreicht. Im Nitrierprozess selbst wurden keine Abweichungen festgestellt. Als Ursache für das Nichterreichen der Sollhärte konnte eine nicht vollständig beseitigte Oxidschicht aus vorgeschalteten Wärmebehandlungen ermittelt werden. (→ Grenzschicht)

2.2.3. Ungleichmäßige Ausbildung der Diffusionsschicht

Infolge nicht beseitigter Fertigungsrückstände kam es zu partiellen Schichtdickenunterschreitungen. Die Ursache war eine fehlende Ab-

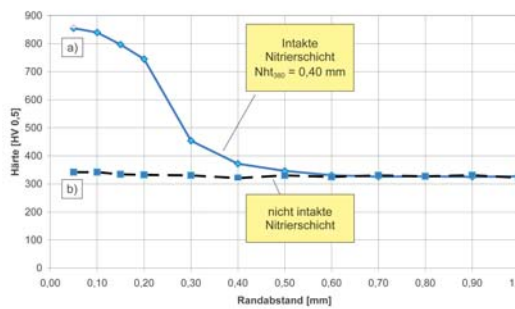
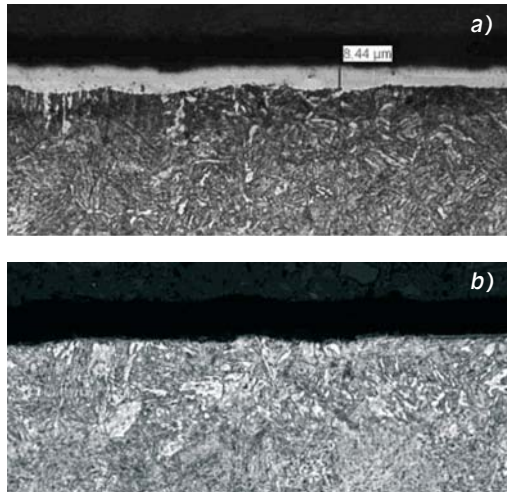


Bild 2:
a) Nitrierung i.O.,
b) passivierte Oberfläche

Fig. 2:
a) Nitriding correct,
b) passivated surface



Element	Gewichts%	Element	Gewichts%
Element	Weight %	Element	Weight %
N	1.35	N	< Nwg.
O	2.22	O	18.58
Si	0.71	Si	3.27
Cr	2.27	Cr	3.17
Mn	0.76	Mn	< Nwg.
Fe	89.45	Fe	56.86

at 20 kV bei 20kV at 10 kV bei 10kV
Beschleunigungsspannung
Measurement results

Tabelle 2: Ergebnisse der EDX-Untersuchung an der nicht nitrierten Position

Table 2: Results of the EDX examination on the not nitrided position

2.1.2. Possible effects of boundary layer conditions, residual stresses, structure changes and chemical composition on the nitriding result

Boundary layer: The boundary layer is characterized through a mechanical-thermal change during the processing. The "permeability" of the border layer influences the mass transfer of the nitrogen from the nitriding medium in the component and thus:

- Nitriding case depth,
- White layer thickness,
- Hardness.

Residual stresses condition: Possible effect on the measurement and distortion behavior.

Structure condition: Effects on hardness, strength and residual stress profile.

Bild 3: Reste einer Oxidschicht auf einem Federstahl.

Fig. 3: Remains of an oxide layer on spring steel.



Bild 4: Ungleichmäßig ausgebildete Diffusionsschicht

Fig. 4: Irregularly formed diffusion layer



2.2. Examples for deviations from the nitriding result

2.2.1. Missing nitriding layer development

The surface activity is given a great deal of importance with the gas nitriding and all plasma supported processes. If the surface is completely or partially covered with passive layers (→Boundary layers), the nitrogen absorption is prevented or completely blocked. Soft spots or a missing nitriding case depth are then the result. In figure 2 the differences in the nitriding case depth formation on a flange beam can be seen which was produced from the nitriding steel 31CrMoV9, material no. 1.8519. Some places show both a completely developed nitriding layer as well as a correct hardness profile.

In other places, the nitriding layer in contrast was completely missing and there was no rise in the hardness. The reason for the missing nitrogen absorption was determined through an EDX examination on the scanning electron microscope. In the places without a nitriding layer, silicon oxide was proven as a preventing passive layer.

It could thus be explained why there was no nitriding, the cause for this formation of a passive layer was thus not yet recognized. A very common source of error is e.g. the use of unsuitable cooling lubrication with the mechanical processing. If these surfaces cannot be completely freed of these materials through washing, there can be an inactive surface.

2.2.2. Insufficient surface hardness

After a nitriding treatment of a spring steel, the specified surface hardness was not reached. In the nitriding process itself, no deviation was determined. As a cause for not reaching the target hardness, an incompletely removed oxide layer from the previous heat treatment could be determined. (→ Boundary layer)

2.2.3. Irregular development of a diffusion layer

As a result of production remains which were not removed, there was a partial incomplete layer thickness. The cause was a lacking coordination of the cleaner on the used production auxiliary materials. (→ Boundary layer)

2.2.4. Hardness deviations

After a nitriding process, with differing components from the same material always deviating hardness values were measured. As a cause, differences in the delivery condition of the semi-finished products could be determined. For the proof, from the respective bar stock samples were taken, prepared in a unified manner and nitrided in a batch under the same conditions. The result is summarized in table 3. Possible causes for the deviations are differing heat treatment conditions and dif-

Tabelle 3: Oberflächenhärten-Proben aus einem 42CrMo4 mit unterschiedlichen Anlieferzuständen (Durchmesser, Zugfestigkeit) bei gleichen Nitrierbedingungen.

Table 3: Surface hardness samples from a 42CrMo4 with differing delivery conditions (diameter, tensile strength) with the same nitriding conditions.

Proben-durchmesser Sample diameter (mm)	Zug-festigkeit Tensile strength (N/mm ²)	Oberflächen-härte Surface hardness HV1
20	1010	675
25	720	660
40	1060	730
55	1010	715
60	1060	770
70	710	625
75	680	665
80	1095	715
85	720	670
90	595	635
100	930	700

stimmung des Reinigers auf die verwendeten Fertigungshilfsstoffe. (→ Grenzschicht)

2.2.4. Härteschwankungen

Nach einem Nitrierprozess wurden bei verschiedenen Bauteilen aus dem gleichen Werkstoff stets abweichende Härtewerte gemessen. Als Ursache konnten Unterschiede im Anlieferzustand des Halbzeugs ermittelt werden. Für den Nachweis wurden aus dem jeweiligen Stangenmaterial Proben entnommen, einheitlich präpariert und in einer Charge unter gleichen Bedingungen nitriert. Das Ergebnis ist in Tabelle 3 zusammengefasst. Mögliche Ursachen für die Schwankungen sind unterschiedliche Wärmebehandlungszustände und Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung. (→ Gefüge, chem. Zusammensetzung)

2.3. Notwendige Anforderungen an Bauteile zur Sicherung der Prozessfähigkeit

Um die gewünschten Eigenschaften nach dem Nitrieren / Nitrocarburieren prozesssicher darzustellen, sind einerseits geeignete Nitrierbedingungen zu schaffen und andererseits müssen Grundvoraussetzungen bzgl. der Beschaffenheit des Bauteils erfüllt sein.

1. Saubere, rückstandsfreie, metallisch blanke Oberflächen.

- Keine Sperrschichten, die den Diffusionsprozess behindern. (→ Grenzschicht)

2. Geeigneter Werkstoff mit den notwendigen Gehalten an ungebundenen Sondernitridbildnern.

- Die Werkstoffauswahl, die chemische Zusammensetzung und der Wärmebehandlungszustand (Gefüge) beeinflussen das Nitrierergebnis.
- Nitrierte Stähle werden oft im vergüteten Zustand eingesetzt. Eine weitgehende Auflösung von Sondercarbiden während des Austenitisierens und die Wahl der Anlass-Temperatur sind von besonderem Interesse für das gewünschte Nitrierergebnis. (→ Gefüge, chem. Zusammensetzung)

3. Thermisch stabiler Zustand des Werkstoffs.

- Beim Nitrieren dürfen keine unerwünschten Anlass-, Aushärtungs- und Entfestigungsvorgänge ablaufen.
- Es sind sonst Auswirkungen auf das Maß- und Formänderungsverhalten und auf die mechanischen Eigenschaften zu erwarten.
- Die sicherste Methode, ein verzugsarmes Bauteil herzustellen, ist das Vergüten nach der weitgehenden Zerspanung mit anschließender "vorsichtiger" Verzugskorrektur durch Zerspanen. Das gilt auch sinngemäß für das Spannungsarmglühen. Richten ist „verboten“. (→ Eigenspannungen, Gefüge)

4. Eine auf das Nitrieren abgestimmte Bearbeitung.

- In diesem Zusammenhang wichtig ist die Abstimmung der verwendeten Fertigungshilfsstoffe und Reinigungsmittel in der Weise, dass die Fertigungshilfsstoffe rückstandsfrei entfernt werden können und dass die Konservierungsmittel der Reiniger den Nitrierprozess nicht stören.
- Eine Kaltverfestigung der Oberfläche durch die mechanische Bearbeitung ist unvermeidbar. Zu vermeiden sind unbeabsichtigte Phasenumwandlungen durch Schleifprozesse. (→ Grenzschicht, Eigenspannungen)

ferences in the chemical composition. (→ Structures, chemical composition)

2.3. Necessary specifications for components for securing the process capability

In order to show the desired characteristics after nitriding / nitrocarburizing in a process safe manner, on the one hand suitable nitriding conditions are to be created and on the other hand basic requirements of the component must be fulfilled.

1. Clean, residual free, metallic blank surfaces.

- No barrier layers which could prevent the diffusion process. (→ Boundary layer)

2. Suitable material with the necessary contents of unbound nitriding elements.

- The selection of the materials, the chemical composition and the heat treatment conditions (structures) influence the nitriding result.
- Nitrided steels are often used in the tempered conditions. An extensive dissolution of special carbides during the austenitizing and the selection of tempering temperature are of special interest for the desired nitriding result. (→ Structures, chem. composition)

3. Thermally stable condition of the material.

- When nitriding no undesired tempering, hardening and softening processes should occur.
- Otherwise effects on the measurement and distortion and on the mechanical characteristics can be expected.
- The safest method to produce a low distortion component is the hardening after the extensive mechanical processing with a consecutive "careful" distortion correction through processing. The same is also valid for stress-relief. Straightening is "forbidden". (→ Residual stress, structures)

4. A processing which is adjusted to the nitriding.

- Important in this connection is the adjustment of the used production accessory materials and cleaning agents in a way that the production accessory materials can be removed without leaving residues and that the conservation agents of the cleaners do not disturb the nitriding process.
- A strain hardening of the surface through the mechanical processing is unavoidable. To be avoided are unintended phase conversions through grinding processes. (→ Boundary layer, residual stress)

3. Prozessfähigkeit von Anlagen

„Es ist sinnvoll, relevante anlagenspezifische Prozesskenngrößen zu definieren und hierfür objektiv messbare Toleranzgrenzen festzulegen. Diese Prozesskenngrößen können nur vom Anlagenbetreiber in Verbindung mit dem Anlagenhersteller spezifiziert und mit Spannweiten versehen werden. Diese Anlagenfähigkeit würde sich als Abnahme- und Bewertungskriterium der Anlage und der Prozessführung eignen, sie garantiert aber kein Fähigkeitskriterium für das Nitrierergebnis an Bauteilen bzw. an Chargen. Zur Messung der Prozessfähigkeit der Anlage sind Standards mit festgelegten und konstanten Randbedingungen erforderlich.“ /1/

4. Zusammenfassung

Um eine Prozessfähigkeit beim Nitrieren und Nitrocarburieren zu garantieren, sind ganz bestimmte Anforderungen an das Bauteil selbst, den Herstellungsprozess und an die Wärmebehandlungsanlage zu stellen. Es ist zwischen einer Prozessfähigkeit der Bauteile und einer Prozessfähigkeit der Anlage zu unterscheiden. Mit diesem Beitrag wird dem Hersteller und dem Wärmebehandler eine Art Richtlinie in die Hand gegeben, was bei der Betrachtung zur Prozesssicherheit zu beachten ist. Die Zusammenhänge zur Prozesssicherheit der Bauteile werden im Detail betrachtet und an konkreten Beispielen belegt.

Literatur:

- /1/ Der Wärmebehandlungsmarkt; Heft 2, 2005
- /2/ Spies, H.-J. und S. Böhmer: Beitrag zum kontrollierten Gasnitrieren von Eisenwerkstoffen. Härtereitechn. Mitt. 39(1984)1, S.1-6
- /3/ Eckstein, Technologie der Wärmebehandlung von Stahl, 2.Auflage 1987, S.90 ff.
- /4/ "Nitrieren und Nitrocarburieren"
3. Neuauflage des Buches Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen, "Nitrieren und Nitrocarburieren" von Liedtke, Dieter unter Mitarbeit von H.J. Spies, W.Lerche, U.Huchel, H. Klümper-Westkamp, J.BoBlet und U.Baudis, Expertverlag 2006.
- /5/<http://www.faes.de/Basis/Basis-Lexikon/Basis-Lexikon-Prozessfaehigkeit/basis-lexikon-prozessfaehigkeit.html>
- /6/ Maß- und Formänderungen infolge Wärmebehandlung - eine Systembetrachtung
Lübben, Th. u.a.; AWT-ATT-Tagung, Maßänderungen und Deformationen bei Wärmebehandlungen, Belfort, April 1997
- /7/ Handbuch Technische Oberflächen, Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig / Wiesbaden 1989, S.18

3. Process capability of facilities

"It makes sense to define relevant facility specific process parameters and determine objectively measurable tolerance borders. These process parameters can only be specified by the operator of the facility in connection with the manufacturer of the facility and provided ranges. This facility capability would be suitable as an acceptance and assessment criteria for the facility and the processing. It however does not guarantee a capability criteria for the nitriding result on components or batches. For the measurement of the process capability of the facility, standards with determined and constant limiting conditions are necessary." /1/

4. Summary

In order to guarantee a process capability during nitriding and nitrocarburizing, very specific specifications for the component itself, the production process and the heat treatment facilities must be set. One must distinguish between a process capability of the components and the process capability of the facility. With this contribution the producers and the heat treaters are given a type of guideline which is to be observed with the observation of the process reliability. The connections to process reliability of the components is observed in detail and proven with concrete examples.

Literature:

- /1/ The Heat Treatment Market; Issue 2, 2005
- /2/ Spies, H.-J. and S. Böhmer: Beitrag zum kontrollierten Gasnitrieren von Eisenwerkstoffen. Härtereitechn. Mitt. 39(1984)1, pp.1-6
- /3/ Eckstein, Technologie der Wärmebehandlung von Stahl, 2nd edition 1987, p.90 ff.
- /4/ "Nitrieren und Nitrocarburieren"
3. Neuauflage des Buches Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen, "Nitrieren und Nitrocarburieren" by Liedtke, Dieter with the cooperation of H.J. Spies, W.Lerche, U.Huchel, H. Klümper-Westkamp, J.BoBlet and U.Baudis, Expertverlag 2006.
- /5/<http://www.faes.de/Basis/Basis-Lexikon/Basis-Lexikon-Prozessfaehigkeit/basis-lexikon-prozessfaehigkeit.html>
- /6/ Maß- und Formänderungen infolge Wärmebehandlung - eine Systembetrachtung
Lübben, Th. u.a.; AWT-ATT-conference, Maßänderungen und Deformationen bei Wärmebehandlungen, Belfort, April 1997
- /7/ Handbuch Technische Oberflächen, Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig / Wiesbaden 1989, p.18