

Technical Bulletin

provided by



Copyright by Henkel 2003. All rights reserved.
Data shown is typical, and should not be construed
as limiting or necessarily suitable for design. Actual
data may vary from those shown herein.

HINWEISE ZUM PASSIVSCHICHTPHÄNOMEN BEI AUSTENITISCHEN EDELSTAHLLEGIERUNGEN

Aufsatz Nr. 45 / Rev. 03

Dr.-Ing. Georg Henkel
Dipl.-Ing. Benedikt Henkel

*The component's
value is assured
by its surface*



HINWEISE ZUM PASSIVSCHICHTPHÄNOMEN BEI AUSTENITISCHEN EDELSTAHLLEGIERUNGEN

1. Einleitung

Austenitische Edelstahllegierungen, wie 1.4404, 1.4571, 1.4435, 1.4539, etc. nach DIN 17440/EN 10088, haben die Eigenschaft, auf der Oberfläche je nach dem vorbereiteten Reinheitszustand eine weitgehend korrosionsresistente Schutzschicht zu bilden. Diese Schutzschicht vor chemischen Angriffen hat den Charakter einer Passivschicht und erlaubt den Einsatz der Bauteile in Anwendungsbereichen, bei denen andere metallische Werkstoffe korrosive Angriffe erleiden, hierdurch Versagen eintritt bzw. Medien durch Korrosionsprodukte entsprechend verunreinigt werden.

In diesem Zusammenhang stellt sich grundsätzlich die Frage nach dem Aufbau und dem Bildungsmechanismus der Passivschicht bei Edelstählen, den entsprechenden Beeinflussungsparametern, den messtechnischen Beurteilungsverfahren, den Grenzen der Schichtbeständigkeit und allfälligen Folgen der (lokalen) Zerstörung der Passivschicht und damit unweigerlich eintretender Korrosionsprozesse.

2. Aufbau und Bildungsmechanismus der Passivschicht

Während austenitische Edelstähle 1.4404/1.4435, 1.4571, 1.4539 metallurgisch als Legierungen mehrheitlich auf der Matrixkomponente Eisen aufgebaut sind und die Legierungsbestandteile Cr, Ni, Mo, etc. als eigenschaftsverbessernde Zulegierungsstoffe gelten, zeigt die Analyse einer gut ausgebildeten passiven Oberflächenschicht eine völlig andere morphologische Struktur:

ca. 65 % Cr + Cr-Oxid und
ca. 35 % Fe + Fe-Oxid

bzw. einer deutlich weniger gut ausgebildeten Passivschicht

ca. 50% Cr + Cr-Oxid und
ca. 50% Fe + Fe-Oxid.

In allen Fällen ist Mo in der Passivschicht eher nur unterrepräsentiert und Ni bzw. Mn überhaupt nicht vorzufinden, wie entsprechenden AUGER und ESCA-Analysenauswertungen verlässlich zu entnehmen ist.

Die optimale Dicke der passiven Schutzschicht liegt bei Normalbedingungen bei ca. 1,5 – 2,5 nm und zeigt einen stetigen Übergang zum Grundmaterial.

In der chromoxidreichen Schutzschicht mit eingelagertem Fe/Fe-Oxid hat sich also durch Diffusionseffekte sowie durch thermodynamisch bedingte bevorzugte Affinitäten von Cr zu O₂ eine entsprechende Phaseninversion ergeben, die zu der messtechnisch eindeutig detektierbaren Passivschicht führt.

Die bevorzugte Bildung von Chromoxid bzw. Chromhydroxid erklärt sich durch die starke Affinität von Chrom zu Sauerstoff. Die dabei entstehenden Chromverbindungen sind energetisch äußerst stabil, sodass Reaktionen mit anderen Elementen (z.B. Korrosionsreaktionen) weitgehend unterdrückt werden. Aus diesem Zusammenhang leitet sich der Begriff der Passivschicht sinngemäß ab.

Die komplette Eindeckung der Oberfläche durch diese chromoxidreiche Schicht ergibt sich aus der Tatsache, dass neben dem gegebenen Legierungsanteil von ca. 18 % Cr infolge lokaler Diffusion ein zusätzlicher Anteil von Chromatomen an die Oberfläche wandert und Chromoxide/-hydroxide bildet.

Der Umstand der legierungsbedingten Chrompräsenz wie auch der ungestörten lokalen Nachdiffusion ist bei sachgerecht elektrochemisch polierten Edelstahloberflächen deutlich ausgeprägter als bei mechanisch gefertigten Oberflächen, weshalb elektrochemisch polierte Oberflächen auch entsprechend dickere und stabilere bzw. ungestörte Chromoxidschichten mit entsprechend hohem Cr/Fe-Verhältnis aufweisen und insohin verbesserte und kalkulierbare Korrosionsresistenzen zeigen.

Die lückenlose Deckung der Oberfläche mit Chromoxiden/-hydroxiden trotz der anteilmäßigen Minorität im Vergleich zum Eisen erklärt sich v.a. auch durch die großmässige Ausbildung der Oxide bzw. Hydroxide im Sinne einer flächigen Überdeckung. Die Fe- bzw. Fe-Oxid/-hydroxidanteile sind dabei in die Cr/Chromoxid-Matrix homogen eingelagert.

Bild 1: AUGER - Verteilung in die Tiefe
 ESCA - Verteilung der Elemente der chromoxidreichen Passivschicht auf der Oberfläche.

- a) mechanisch geschliffen K 240
- b) elektrochemisch poliert, Materialabtrag 20 µm.

Die Passivschicht hat dabei die typische Eigenschaft, Elektronen zu leiten und aber Ionenfluss zu unterbinden, wodurch Korrosionsstromkreise in der Regel nicht entstehen können.

3. Beeinflussungsparameter der chromoxidreichen Passivschicht

Die Dicke wie auch der morphologische Aufbau bzw. die Elementenverteilung in der Passivschicht (Cr/Fe-Verhältnis) wird zunächst durch den Legierungstyp betreffend der Anteile von Cr, Ni und Mo beeinflusst.

Im Weiteren ist auch eine deutliche Abhängigkeit der signifikanten Passivschichtgrößen von der finalen Oberflächenbehandlungsart zu erkennen.

Auch die Methode der Passivierungstechnik bzw. der Oberflächenkonditionierung zeigt einen deutlichen Einfluss auf die Passivschichtgrößen.

Im Betriebseinsatz wirken Medien und Temperaturen auf die Passivschicht ein und verändern diese gegebenenfalls, sodass in diesem Zusammenhang auch Repassivierungsphänomene zu beachten sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die passivschichtbildenden Atome und v.a. Moleküle prinzipiell einem dynamischen Gleichgewichtssystem unterliegen. Sofern Umgebungsbedingungen (Medien/Temperaturen) dabei den Zerfall von Chromoxiden/-hydroxiden bzw. die Bildung von Fe-Oxiden/-hydroxiden deutlich begünstigen, ist eine Schädigung der Passivschicht und damit eine Korrosionswirkung nicht zu vermeiden.

Ein typisches Beispiel für dieses Phänomen sind störende Rougingbildungen in heißen WFI- sowie Reinstdampfsystemen, welche durch den Mechanismus des Passivschichtkollapses an diskreten Stellen erklärt werden kann. In der Praxis ist dabei zu erkennen, dass Systeme mit deutlich schwächer ausgebildeter Passivschicht - z.B. mb-Oberflächen - rascher und nachhaltiger versagen, als Systeme mit optimaler Passivschichtausbildung wie z.B. elektropolierte Edelstahloberflächen.

Unter normalen atmosphärischen Bedingungen ohne Kontamination mit korrosiven Medien liegen die Passivschichtdaten unabhängig von der finalen Oberflächenbehandlung bei ca. Cr/Fe = 1 ... 2 und einer Schichtdicke $s = 1 \dots 2,5$ nm.

Dabei ist die Schicht grundsätzlich transparent und zeigt insofern das typisch metallische Aussehen von Stahl.

Stark oxidierende Wirkungen – etwa anodisch unterstützt – erlauben nun die Züchtung einer wesentlich dickeren chromoxidreichen Schicht, wobei ein von INCO patentiertes Verfahren auch die Stabilisierung und Härtung dieser Schicht erlaubt.

Dabei tritt das Phänomen auf, dass mit zunehmender Passivschichtdicke ab ca. 50 nm plötzlich auch typische Farbwirkungen auf der Edelstahloberfläche erkannt werden, die durch Lichtbrechung in der an sich transparenten Passivschicht verursacht werden. Dieser Umstand stellt das Prinzip des Färbens von Edelstahl ohne Nutzung von Farbstoffen dar und ist ein Hinweis darauf, dass die chromoxidreiche Deckschicht einen typisch amorphen Aufbau besitzt.

Bild 2: Cr/Fe-Verhältnis und Schichtdickenausbildung in Abhängigkeit von Legierungstyp, Oberflächenbehandlung und Medienverhältnissen

4. Darstellung der messtechnischen Beurteilungsverfahren

Infolge der submikroskopischen Verhältnisse in der Passivschicht ist die Messung und die mess-technische Beurteilung auf physikalisch recht komplizierte Verfahren angewiesen, wobei auch die Probenpräparation einen erheblichen Einfluss auf die Messergebnisse und deren Interpretation ausübt.

Als verlässliche Messverfahren zur Beurteilung der chromoxidreichen Passivschicht haben sich die AUGER-Analyse und die ESCA/XPS-Analyse im Laufe der Jahre bewährt.

Die AUGER-Analyse erlaubt dabei die relativ genaue Ermittlung der Tiefenprofile der einzelnen Legierungsbestandteile, wobei v.a. die Aufzeichnung des O₂-Verlaufs von Bedeutung ist. Die halbe Höhe des Sauerstoffpeaks wird dabei als Maß für die relevante Chromoxid-schichtdicke definiert.

Die ESCA/XPS-Analyse wird dazu verwendet, die an der Oberfläche vorliegenden Legierungsbestandteile zu ermitteln und erlaubt durch die quantitative Erfassung dieser Werte eine reproduzierbare Aussage über das morphologisch signifikante Cr/Fe-Verhältnis, wobei betreffend Cr und Fe sowohl metallische wie auch oxidische und hydroxidische Anteile aufsummiert werden.

Für die Zukunft ist davon auszugehen, dass speziell betreffend der ESCA-Analyse weiter entwickelte Verfahren Anwendung finden werden, die die von der Oberfläche beim Messvorgang entfernten Bestandteile exakt messen lassen und dadurch eine zunehmende Aussageverbesserung über die kennzeichnenden Anteile erlauben werden.

5. Grenzen der Passivschichtbeständigkeit und Einsetzen von Korrosionswirkungen

Alle bekannten Formen der Korrosion von austenitischen Edelstählen, wie

- .) Lochfraßkorrosion
- .) Spannungsrisskorrosion
- .) Spaltkorrosion
- .) interkristalline Korrosion
- .) transkristalline Korrosion
- .) flächige Korrosion/Rouging
- .) Fremdkorrosion, etc.

basieren auf der Tatsache, dass die einmal bestandene Passivschicht lokal oder aber auch großflächig zerstört wurde und dadurch korrosive Materialzerstörung Platz greifen kann.

Die einsetzende Wirkung von Korrosionen ist dabei von einer Reihe von Faktoren abhängig, die neben den Wirkmedien und den Wirkbedingungen (z.B. Temperaturen) auch die Oberflächenbedingungen entsprechend Topographie, Morphologie und Energieniveau zu berücksichtigen haben.

Klassische Formen der korrosiven Beeinträchtigung d.h. der Zerstörung sind etwa

- .) Lochfraßkorrosion durch Chloridbelastung
- .) lokale oder flächige Schäden durch Spannungsrisskorrosion infolge der das korrosive Medium unterstützenden mechanischen Betriebsbedingungen
- .) flächige Rougingwirkung bei heißen und hochreinen Wässern und Dämpfen
- .) flächige Korrosionswirkung durch aufgebrauchte Fremdrostbelegungen bzw. im Bereich von unbehandelten Schweißnähten mit verstärkten Fe-Oxidkontaminationen bzw. beim Einsatz stark reduzierender Medien.

In allen genannten Bereichen sind systemtypische Mechanismen zu erkennen, die die (lokale) Zerstörung der dünnen chromoxidreichen Passivschicht notwendigerweise zur Folge haben.

Wenngleich die Edelstahlhersteller i.a. detaillierte Beständigkeitstabellen für die verschiedenen Legierungstypen anbieten, sind diese Empfehlungen nur bedingt hilfreich, da sie von idealen Probenbedingungen ausgehen und keine Berücksichtigung von Bearbeitungsbeanspruchungen, Oberflächenbehandlungen, etc. erfolgt ist.

In diesem Sinne ist es unbedingt zu empfehlen, vor der Werkstoffentscheidung für einen konkreten Anwendungsfall entsprechende Expertenmeinungen beizuziehen, um zu einer technisch/wirtschaftlich optimalen Entscheidung zu kommen.

6. Methoden zum kontrollierten Passivschichtaufbau in der Praxis (Passivierung) und Beurteilung der Parameter

Der Aufbau einer Passivschicht auf der austenitischen Edelstahloberfläche entspricht prinzipiell einer Oxidation der Oberfläche und ist insohin von dem Zustand/der Bereitschaft der Oberfläche zum einen, und den Oxidationsbedingungen (Medium, Konzentration, Temperatur, Zeit) zum anderen abhängig.

Dabei ist grundsätzlich zu beachten, dass jede Passivschicht aus chemischer Sicht ein dynamisches Gleichgewicht darstellt – sich also permanent ab- und aufbaut und insohin in Summe stabile Verhältnisse vorliegen. Das Niveau des chemischen Gleichgewichts hängt dabei von den Umgebungsbedingungen (Temperatur, Medium, etc.) ab. In diesem Sinne lässt sich etwa bei höheren Temperaturen und höheren Sauerstoffanteilen durchaus eine „dickere“ chromoxidreiche Passivschicht bilden, die sich aber (ohne entsprechende Stabilisierung) bei Atmosphärenbedingungen wieder auf ein geringeres Dickenniveau abbaut, um dann auf diesem Level thermodynamisch stabil zu bleiben.

Der Einfluss des Oberflächenzustandes im Sinne der Passivierungsbereitschaft wurde bereits oben beschrieben. Dabei ist einfach einzusehen, dass etwa elektrochemisch vorbehandelte, reine Materialstrukturen effektiver zu passivieren (oxidieren) sind, als mechanisch deformierte und strukturell veränderte Gefügemorphologien. Dies äußert sich bei Prüfmessungen mittels AUGER/ ESCA auch deutlich in der Qualität der Passivschicht.

Die Oxidationsbedingungen sind dabei von weit geringerer Bedeutung für das Passivierungsergebnis als der Oberflächenzustand der Edelstahloberfläche. Leider ist dieses Erkenntnis noch nicht so lange verbreitet, zumal erst seit wenigen Jahren mittels optimierter ESCA/AUGER-Analysen entsprechende einfache messtechnische Nachweise für dieses Erkenntnis in Serienuntersuchungen erbracht werden konnten.

Der Aufbau der chromoxidreichen Passivschicht im Hinblick auf die Qualität der Schicht (Dicke, Morphologie) ist für übliche Betriebsbedingungen (Temperatur, Medium) unabhängig von der Oxidationsart

- .) in reiner Luft
- .) mit reinem Wasser
- .) mit HNO_3 in Konzentrationen von 2-30 %

messtechnisch überprüft prinzipiell nahezu gleich, sofern gleiche Voroberflächenzustände verwendet wurden, wobei allerdings deutlich unterschiedliche Oxidations (Passivierungs-) - Zeiten ermittelt wurden, um zum jeweiligen Schichtgleichgewicht zu kommen

- .) in Luft ca. 48 - 96 h
- .) in Wasser ca. 6 - 15 h
- .) in HNO_3 verschiedener Konzentrationen ca. 30 - 120 min.

Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Edelstahloberflächen während der Oxidation (Passivierung) möglichst sauber zu halten sind und insohin reine Bedingungen (Luft, Wasser) zu fordern sind.

Aus technischen Gründen (Zeitdauer) sind allerdings die Passivierungen mit reiner Luft und Wasser (Deionat) eher selten und spielen in praktischer Sicht vor allem HNO_3 -Passivierungen eine wesentliche Rolle. Dabei ist betreffend der Passivschichtmorphologie zu ergänzen, dass nasssauer erzielte Schichten neben den erwarteten Cr-Oxiden auch deckende Cr-Hydroxide zeigen, wogegen diese Deckschichten bei trockener Passivierung nicht erkannt wurden, aus technischer bzw. korrosionstechnischer Sicht ist dies allerdings nicht relevant.

In diesem Zusammenhang sind folgende „Parameter“ für den Passivierungsprozess von Bedeutung:

Medienart, Konzentration
Temperatur
Zeit
und allenfalls Chelatbeimengungen.

Als Medienart wird aus Kostengründen i.a. die relativ kostengünstige, chemisch optimal sauerstoffabgebende (oxidierende) HNO_3 empfohlen, wobei zu beachten ist, dass HNO_3 – gleich welcher Konzentration – keine chemisch reinigende sondern nur eine oxidierende (Passivschicht bildende) Wirkung hat.

Dies wird in der Literatur oft nicht so eindeutig beschrieben. Kontaminierte Oberflächen (also nicht ideal passivierungsbereite) sind vorher mit anderen Verfahren chemisch und/oder elektrochemisch zu reinigen bzw. zu beizen.

Chelatbeimengungen (z. B. Zitronensäure 3-5%) sind für den Passivierungsprozess als chemischen Oxidationsvorgang nicht von Bedeutung – allerdings erlauben Sie eine parallele Entfernung von Fremdmetallen durch Komplexbildung (Reinigungseffekt) und sind insofern bei marginal verunreinigten Oberflächen (z.B. Fe-Abriebe) eine Hilfe. Optimal vorgereinigte Edelstahloberflächen (chemisch gebeizt/elektro-poliert) erfahren durch Chelatbeimengungen zur Passivierung keine messbare Verbesserung; mechanisch vorgefertigte Oberflächen erfahren dagegen messbare Verbesserungen, da Chelate eine leichte Beizwirkung zeigen.

Die Konzentration der HNO₃-Passivierungslösung von 2-30 % (unabhängig von den Entsorgungsfragen) zeigt im Zusammenhang mit Temperatur (20 - 35° C) und Zeit (10 - 120 min.) des Passivierungsprozesses, keinen Einfluss auf die Qualität der Passivschicht (messbar mit ESCA/AUGER) bei elektropolierten und somit optimal konditionierten Edelstahloberflächen und nur geringe Einflüsse auf sogenannte mb-Oberflächen.

Grundsätzlich lassen sich auf mb-Oberflächen aus morphologischen Gründen nur deutlich schwächere Passivschichten ausbilden, was auch entsprechend reduzierte Korrosionswiderstände bei mb-Oberflächen erklärt. Diese Sachverhalte erklären auch die erkannten deutlich verstärkten Rougingwirkungen bei mb-Oberflächen und darüberhinaus in Verbindung mit deutlich ungünstigeren topographischen und morphologischen Oberflächenbedingungen bei mb-Qualitäten entsprechend deutlich erschwerte Derougingverhältnisse im Vergleich zu elektropolierten Oberflächenbedingungen.

Messreihen zu dieser Problematik an Proben aus 1.4404 (316 L) und Passivschichtbeurteilungen (Schichtdicke, Cr/Fe-Ratio) mittels ESCA und AUGER-Analysen haben die in Abbildungen 3 und 4 dargestellten Ergebnisse erbracht:

Die Auswertung der Resultate zeigt, dass die Konzentration der HNO₃-Lösung keinen wesentlichen Einfluss auf die Ausbildung der für diesen Oberflächenzustand maximal möglichen Passivschichtzustand ausübt, sodass gesichert mit 2 % HNO₃ bei Temperaturen von 20 - 25° C über 60 min. operiert werden kann, um zwar reduzierte und damit weniger widerstandsfähige, aber doch stabile Passivschichtverhältnisse zu erzielen.

Ältere Literaturhinweise bzw. Empfehlungen in der ASTM A 380 mit deutlich höheren HNO₃-Konzentrationen entsprechen dabei offenbar Sicherheitshoffnungen, zumal zum Zeitpunkt dieser Standarderstellung die objektiven Prüfmaßnahmen mittels ESCA/AUGER noch nicht uneingeschränkt zugänglich waren und bei unterschiedlichen mb-Qualitäten mit verfahrenstypischen Oberflächenkontaminationen oft recht unterschiedliche Passivschichtergebnisse zu erwarten waren. Allerdings zeigen die vorliegenden Versuche, dass auch bei erhöhten HNO₃-Konzentrationen keine messbare Verbesserung der Passivschichtqualität zu erzielen ist sofern die Parameter Temperatur und Zeit entsprechend optimal genutzt werden.

Parallele Reinigungsmaßnahmen während des Passivierungsvorgangs werden weit weniger von höheren HNO₃-Konzentrationen geleistet als vielmehr von der Passivierlösung beige-mengten Chelaten, Tensiden und waschaktiven Substanzen, welche im Sinne einer optimalen Endreinigung besonders zu beachten sind. In diesem Zusammenhang sind speziell für notwendige Reinigungsoperationen nach der Installation und vor der Passivierung die erwarteten Verunreinigungsarten/mengen und die entsprechenden Reinigungsoperationen (Parameter) gezielt aufeinander abzustimmen und zu dokumentieren.

Die Invarianz der Passivschichtresultate von den Parametern Konzentration, Temperatur, Zeit erklärt sich aus der Tatsache, dass elektropolierte Edelstahloberflächen infolge der reinen austenitischen Strukturmatrix sich ideal zum Passivierungs-/Oxidationsprozess eignen und keine störenden Verunreinigungen wie bei der mb-Oberfläche Behinderungen verursachen können. Insofern sind diese Ergebnisse v.a. für Repassivierungsprozesse nach CIP-Operationen von Bedeutung sowie auch für allenfalls notwendige Derougingoperationen.

Diese zusammengefasste Ausführung, auf Basis einer Vielzahl von Versuchen, ist dabei im Einklang mit bisher unveröffentlichten Ergebnissen unserer Kollegen in USA (Messebericht Interphex New York 2001) und lassen sich anhand der objektiven morphologischen Zustände mittels AUGER/ESCA Analysen auch glaubhaft nachvollziehen bzw. erklären die überwiegende Vielzahl von praktischen Verhaltensphänomenen von mb-Oberflächen wie auch von elektropolierten Edelstahloberflächen.

Hieraus ergibt sich die praktische Passivierungsempfehlung für standardisierte Verfahrensvorschriften für 1.4404/1.4435 - Legierungen:

elektropolierte Oberflächen:

HNO₃ Konzentration 2-10 % (Cl- < 10 ppm)

T = 20 – 35° C t = 30 – 45 min

wobei längere Zeiten keine materialnachteiligen Folgen - aber auch keine Vorteile - haben.

mb-Oberflächen:

HNO₃-Konzentration 2-10 % (Cl- < 10 ppm)

T = 20 – 35° C t = 90 – 120 min

wobei längere Zeiten keine materialnachteiligen Folgen - aber auch keine Vorteile - haben.

Dabei ist zur Kenntnis zu nehmen, dass die sich ausbildende Passivschicht (bei Erst- wie bei prozesstechnischen Repassivierungen) bei elektropolierten Oberflächen deutlich hochwertiger ist bezüglich Schichtdicke und Schichtaufbau, als bei mb-Oberflächen. Für die erfolgreiche Durchführung werden praxiserprobte Chemikalienmischungen wie etwa HENKEL HC 1100 (HNO₃ + Zitronensäure) für Passivierungen, HENKEL HC500 (Basis NaOH) für Reinigungsspülungen und HENKEL HC 1106 (Basis H₃PO₄) für erfolgreiche Derougingoperationen empfohlen. Die Lokalprüfung für die erfolgreiche Passivierung ermöglicht der Ferroxytest nach ASTM A 380 auf einfachem nass-chemischem Wege.

7. Zusammenfassung

Darstellung des Aufbaumechanismus der Passivschicht bei austenitischen Edelstahllegierungen, deren Beeinflussungsparameter sowie der messtechnischen Beurteilungs- und Prüfungsmethoden. Darüber hinaus werden die Folgen der (lokalen) Passivschichtzerstörung und die relevanten korrosiven Folgewirkungen übersichtlich beschrieben. Praktische Hinweise zu Passivierungsmethoden und Angabe von praxiserprobten Passivierungsparametern.

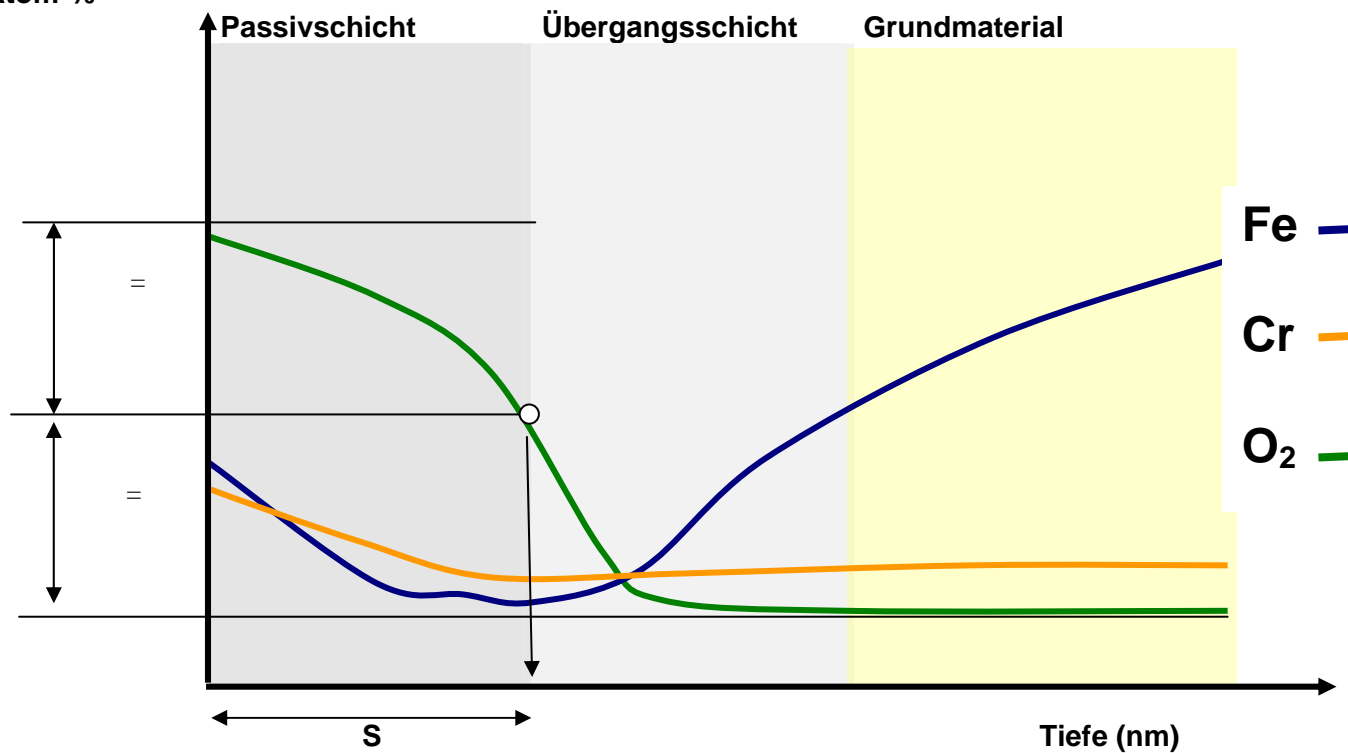
Für weitere Auskünfte stehen wir Ihnen gern zur Verfügung

HINWEISE ZUM PASSIVSCHICHTPHÄNOMEN BEI AUSTENITISCHEN EDELSTAHLLEGIERUNGEN

Bild 1a): mechanisch geschliffen K 240, passiviert

.) AUGER-ANALYSE

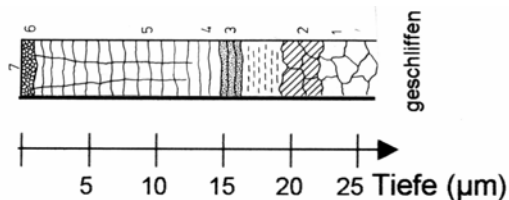
Atom-%



Passivschichtdicke: $s = 1,1 \text{ nm}$

.) ESCA-Ergebnis: $\text{Cr/Fe} = 1,01$

.) Kristallstrukturanalyse



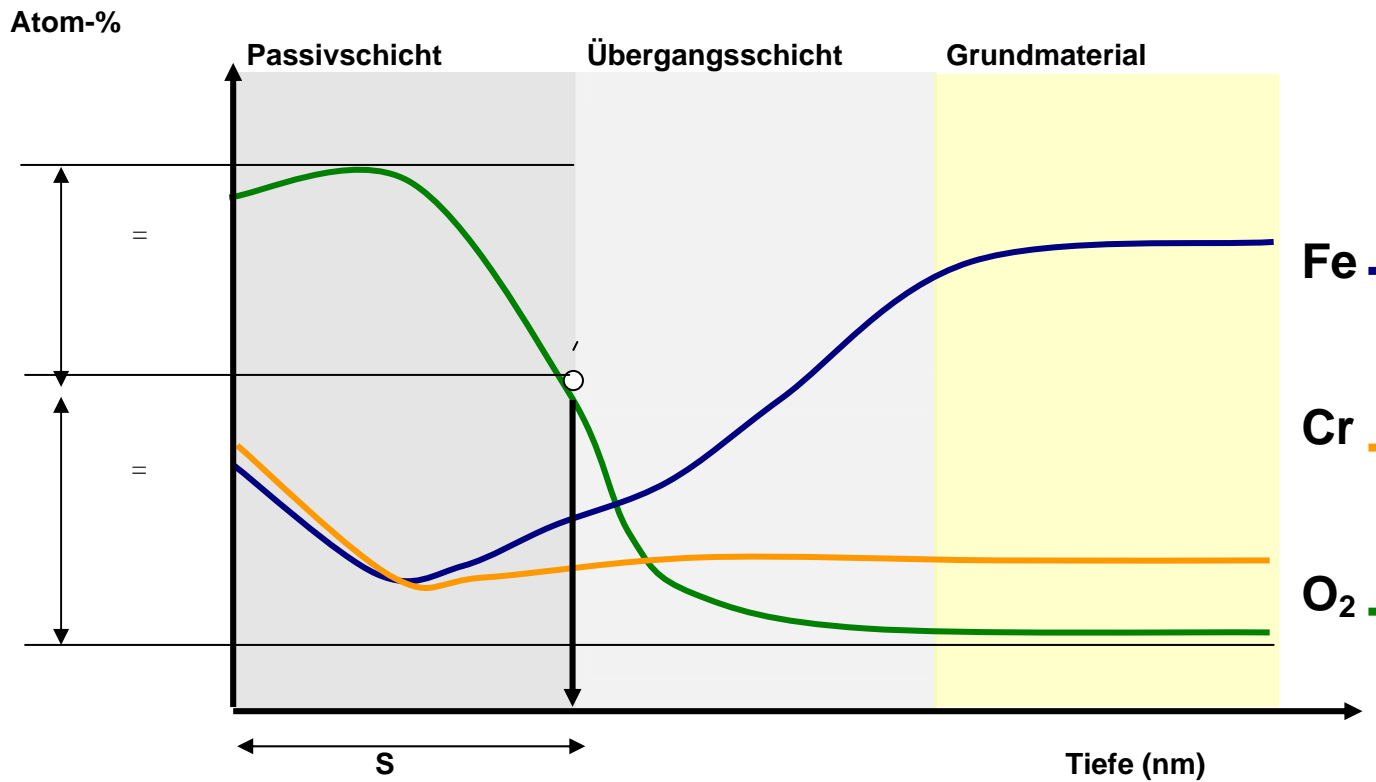
Bezeichnung der Gefügeschichten:

- 1 Austenit
- 2 Austenit und kalt verformter Ferrit
- 3 kaltverformter Ferrit
- 4 kaltverformter Ferrit und verformter Austenit
- 5 verformter Austenit
- 6 stark verformte Körner mit oxidischen Einschlüssen
- 7 verschiedene Oxide

.) Faktor $\frac{\text{wahre Oberfläche}}{\text{projizierende Oberfläche}} = 5,5 \dots 7,5$

Bild 1 b): elektrochemisch poliert, Abtrag 20 m, passiviert

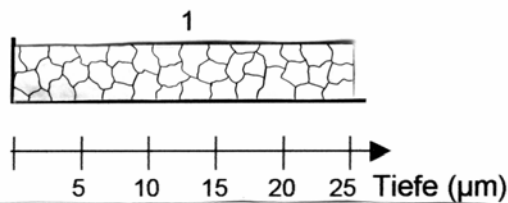
.) AUGER-ANALYSE



Passivschichtdicke: $s = 2,6 \text{ nm}$

.) ESCA-Ergebnis: $\text{Cr/Fe} = 1,72$

.) Kristallstrukturanalyse



Bezeichnung der Gefügeschichten:
1 unverformter Austenit

.) Faktor $\frac{\text{wahre Oberfläche}}{\text{projizierende Oberfläche}} = 2,2 \dots 3,2$

Bild 2

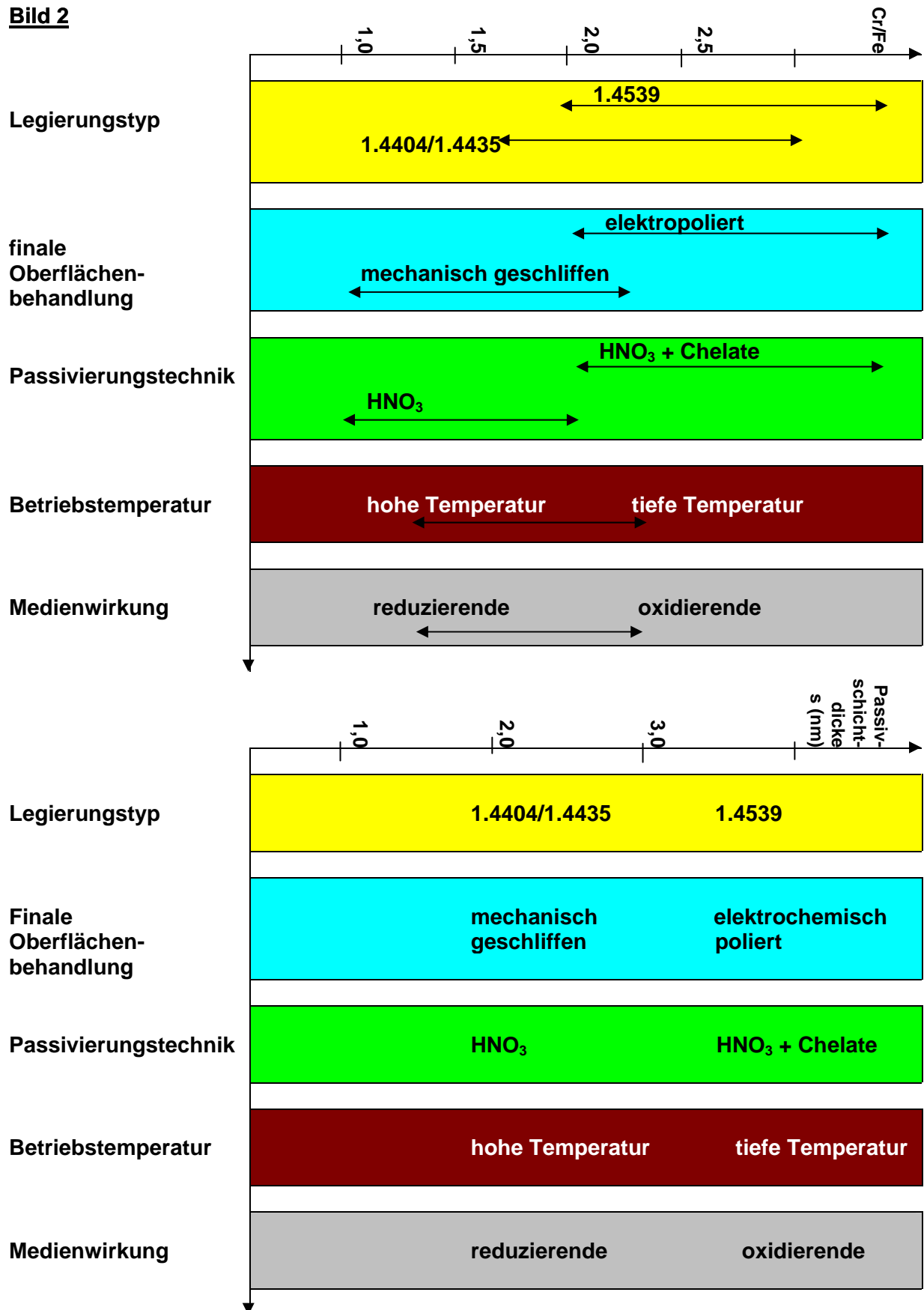


Abb. 3 :

Mb-Oberflächen 1.4404/4435
(kaltgewalzt oder geschliffen K 240 oder kaltgezogen))

Erreichbare Schichtdicke 0,8 – 1,1 nm
Cr/Fe-Ratio : 0,85 – 1,01
Parameter bis zum Erreichen jeweils stabiler Chromoxidschichtbedingungen

HNO₃-Konzentration 2 %:

T = 20 °C	t = 60 min
T = 25 °C	t = 45 min
T = 30 °C	t = 40 min

HNO₃-Konzentration 5 %:

T = 20 °C	t = 60 min
T = 25 °C	t = 45 min
T = 30 °C	t = 40 min

HNO₃-Konzentration 10 %:

T = 20 °C	t = 60 min
T = 25 °C	t = 40 min
T = 30 °C	t = 30 min

HNO₃-Konzentration 20 %:

T = 20 °C	t = 60 min
T = 25 °C	t = 40 min
T = 30 °C	t = 30 min

HNO₃-Konzentration 30 %:

T = 20 °C	t = 60 min
T = 25 °C	t = 40 min
T = 30 °C	t = 30 min

Abb. 4 :

Elektropolierete Oberfläche 1.4404/4435
(Elektropolierabtrag ca. 20 µm)

Erreichbare Schichtdicke 2,4 – 2,6 nm
Cr/Fe Ratio : 1,56 – 1,72
Parameter bis zum Erreichen jeweils stabiler Chromoxidschichtbedingungen

HNO₃-Konzentration 2 %:

T = 20 °C	t = 15 min
T = 25 °C	t = 15 min
T = 30 °C	t = 15 min

HNO₃-Konzentration 5 %:

T = 20 °C	t = 15 min
T = 25 °C	t = 15 min
T = 30 °C	t = 15 min

HNO₃-Konzentration 10 %:

T = 20 °C	t = 15 min
T = 25 °C	t = 15 min
T = 30 °C	t = 15 min

HNO₃-Konzentration 20 %:

T = 20 °C	t = 15 min
T = 25 °C	t = 15 min
T = 30 °C	t = 15 min

HNO₃-Konzentration 30 %:

T = 20 °C	t = 15 min
T = 25 °C	t = 15 min
T = 30 °C	t = 15 min

Technical Bulletin

Procedures for the treatment of metal surfaces

- ▶ Electrochemical polishing
- ▶ Electrochemical and chemical deburring
- ▶ Chemical polishing
- ▶ Chemical pickling
- ▶ Passivation
- ▶ Derouging and professional repassivation

All services can be carried out on the premises of the customer

Development and supply of

- ▶ chemicals for pickling, electropolishing and passivation of metal surfaces
- ▶ chemicals for derouging and repassivation of stainless steel surfaces
- ▶ turnkey constructions/equipments for the chemical and electrochemical surface treatment of metals

Technical consultation

- ▶ for the surface treatment of
 - Stainless steel (i.e. 1.4435 / 1.4404 / 316l, 1.4539 / 904l, etc.)
 - Nickel and Nickel Alloys (i.e. Alloy 59, Hastelloy, Inconel)
 - Aluminium
 - Copper
 - Niobium
 - Titanium
 - Zirkonium
 - C-steel
- ▶ for apparatus, tubes and fittings in the food, beverage, chemical, cosmetic and pharmaceutical industries, bio and medical technology, plant, refrigeration and heat technology
- ▶ for surface treatment specifications for apparatus and tube systems
- ▶ concerning corrosion of stainless steel

Further services

- ▶ Colouring of stainless steel
- ▶ Clean room treatment
- ▶ Waste water technology
- ▶ Research & Development

We are member of VDMA, EHEDG und ISPE

For further information please contact us

info@henkel-epol.com
www.henkel-epol.com



Certified according to EN ISO 9001:2000
Certificate no : A06/0007



HENKEL Beiz- und Elektropolieretechnik
GmbH & Co. KG
Stoissmühle 2
A – 3830 Waidhofen / Thaya
Tel : + 43 (0) 28 42 / 543 31 - 0*
Fax : + 43 (0) 28 42 / 543 31 - 30
info@henkel-epol.at
www.henkel-epol.com

HENKEL Beiz- und Elektropolieretechnik
GmbH & Co. KG
An der Autobahn 12
D – 19306 Neustadt-Glewe
Tel : + 49 (0) 387 57 / 66 - 0*
Fax : + 49 (0) 387 57 / 66 - 122
info@henkel-epol.com
www.henkel-epol.com

HENKEL Kémiai és Elektrokémiai
Felületkezelő Kft
H – 9172 Györzámoly, Központi Major
Tel : + 36 (0) 96 / 352 - 035
Fax : + 36 (0) 96 / 585 - 035
info@henkel-epol.hu
www.henkel-epol.com

*The component's
value is assured
by its surface*

