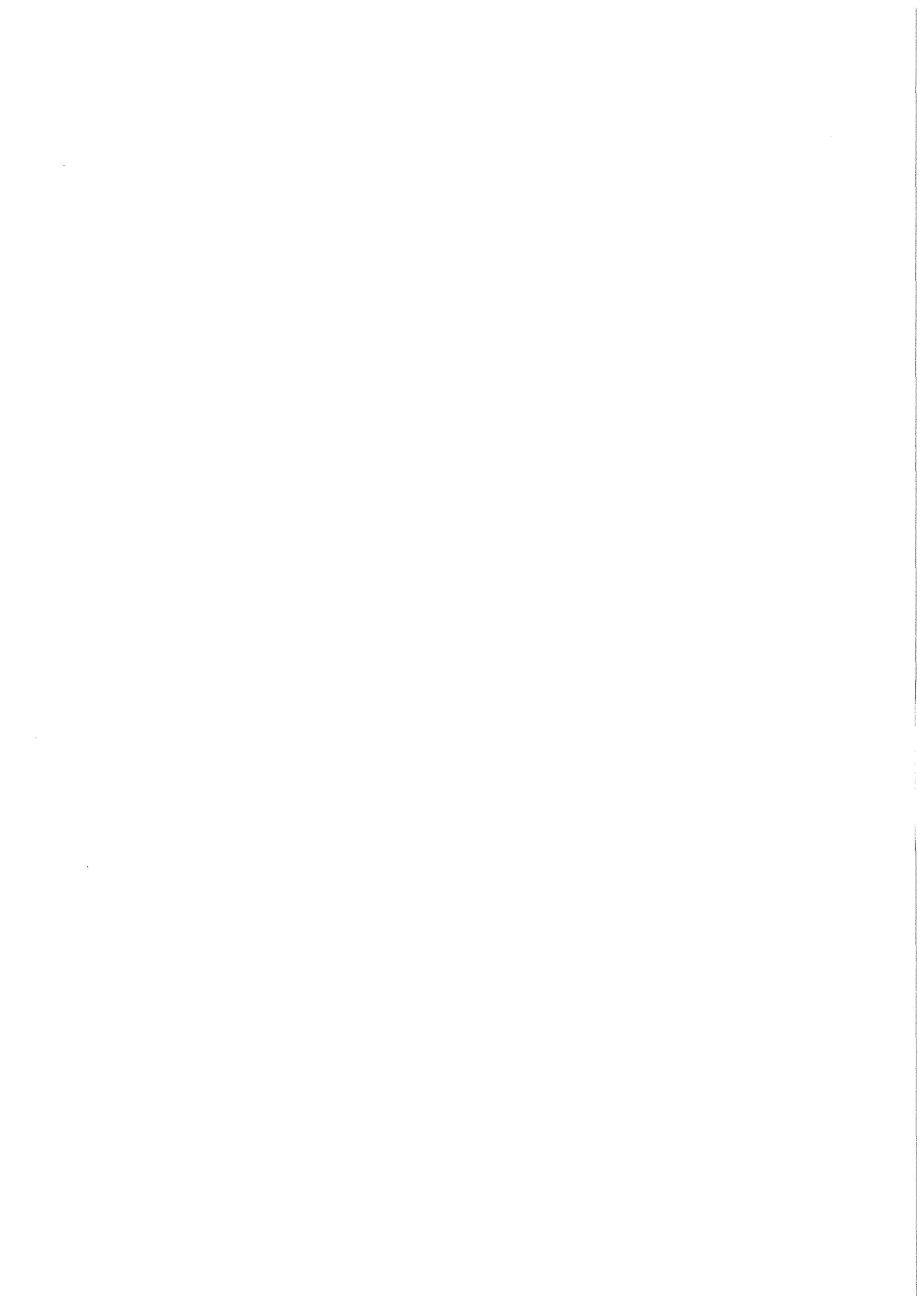


KfK 3609
November 1983

**Untersuchungen zur
Korrosion des austenitischen
25Cr20Ni-Stahls UHB 25 L
in Salpetersäure und
salpetersauren Lösungen
oxidierender Metallionen**

R. Kraft, S. Leistikow, E. Pott
Institut für Material- und Festkörperforschung
Projekt Wiederaufarbeitung und Abfallbehandlung

Kernforschungszentrum Karlsruhe



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE
Institut für Material- und Festkörperforschung
Projekt Wiederaufarbeitung und Abfallbehandlung

KfK 3609

Untersuchungen zur Korrosion des austenitischen 25Cr20Ni-Stahls
UHB 25 L in Salpetersäure und salpetersauren Lösungen
oxidierender Metallionen

R. Kraft, S. Leistikow, E. Pott

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

Als Manuskript vervielfältigt
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
ISSN 0303-4003

Untersuchungen zur Korrosion des austenitischen 25Cr20Ni-Stahls UHB 25 L
in Salpetersäure und salpetersauren Lösungen oxidierender Metallionen

Der austenitische 25Cr20Ni-Stahl UHB Stainless 25 L der Firma Nyby Uddeholm AB wurde als Blechmaterial im lösungsgeglühten und sensibilisierten Zustand der Korrosionsprüfung in Salpetersäure und salpetersauren Lösungen unterworfen. Versuchsparameter waren - außer den genannten Werkstoffzuständen - die Konzentration und Temperatur der Salpetersäure sowie deren Zusätze an Cr(VI)- und U(VI)-Ionen:

Das Materialverhalten unter den Standard-Bedingungen des Huey-Tests (65% HNO₃, 120°C) war für die angelieferte, lösungsgeglühte Version gekennzeichnet durch eine über die Oberfläche gleichmäßige und über die verlängerte Reaktionszeit von 15 x 48 = 720 Std. konstante Abtragsgeschwindigkeit von < 100 µm/J. Dieses Ergebnis kennzeichnet ein hervorragendes Materialverhalten in konzentrierter Salpetersäure.

Die Prüfung des Materials in Prüfzeiten von 5 x 48 = 240 Std. unter Variation verschiedener Versuchsparameter zeigte die Abhängigkeit der Korrosion von der/dem

- Sensibilisierung des Werkstoffgefüges
- Erhöhung der Säurekonzentration
- Steigerung der Reaktionstemperatur
- Zusatz oxidierender Metall-Ionen,

die alle eine Steigerung der Abtragsgeschwindigkeit unterhalb und über den obengenannten Standardwert hinaus zur Folge hatten.

Der seinerzeit empfohlene Schweißzusatzwerkstoff Nr. 1.4842 zeigte ein tendenziell ähnliches, jedoch im sensibilisierten Zustand schlechteres Korrosionsverhalten.

Corrosion Testing of Austenitic 25Cr20Ni Steel UHB Stainless 25 L in Nitric
Acid and Oxidizing Metal Ions Containing Nitric Acid Solutions

The austenitic 25Cr20Ni Steel Stainless 25 L, produced by Nyby Uddeholm AB, was exposed as sheat material to nitric acid and oxidizing metal ions containing nitric acid solutions of various concentrations and reaction temperatures.

During the prolonged exposure to Huey-test conditions (65% HNO₃, 120°C) the solution annealed material was corroded superficially at a constant rate of < 100 µm/year. This behaviour signalizes in principle excellent material properties under severe testing conditions.

Testing under variation of different parameters showed the dependency of corrosion upon

- the degree of sensitization of the material
- the acid concentration
- the reaction temperature
- the oxidizing metal ions addition ,

which all together caused an increase of corrosion rate below and over the above given standard value of metal loss.

The earlier recommended welding material No. 1.4842 showed a similar corrosion behaviour; however, it became worse in its sensitized condition.

Gliederung

1. Einleitung
2. Experimenteller Teil
 - 2.1 Praktische Durchführung
 - 2.1.1 Werkstoffzusammensetzung und Probenvorbereitung
 - 2.1.2 Korrosionsprüfung von elektropolierten Proben in 13.4 m (65%) Salpetersäure auf interkristalline Korrosion (Huey-Test)
 - 2.1.3 Korrosionsprüfung in Salpetersäure unter Zugabe von Cr (VI)- und U (VI)-Ionen
 - 2.1.4 Korrosionsprüfung bei Salpetersäurekonzentrationen < 13.4 m und verschiedenen Temperaturen
3. Korrosionsprüfung von angelieferten und zum Teil sensibilisierten Proben in Salpetersäure unter verschiedenen Bedingungen (Säurekonzentration, Temperatur und Gehalt an oxidierenden Ionen)
 - 3.1 13.4 m, 120⁰C (Huey-Test)
 - 3.1.1 13.4 m, 120⁰C, Cr (VI)
 - 3.2 13.4 m, 70⁰C
 - 3.2.1 13.4 m, 70⁰C, Cr (VI)
 - 3.3 8.7 m, 115⁰C
 - 3.3.1 8.7 m, 109⁰C, Uranylнитрат
 - 3.4 7 m, 108⁰C
 - 3.4.1 7 m, 108⁰C, Cr (VI)
 - 3.5 7 m, 70⁰C
 - 3.5.1 7 m, 70⁰C, Cr (VI)
 - 3.6 5.5 m, siedend, Uranylнитрат
4. Diskussion
5. Zusammenfassung
6. Danksagung
7. Literatur

1. Einleitung

Als Werkstoff erhöhter Beständigkeit gegen den Korrosionsangriff konzentrierter Salpetersäure wird von der Firma Nyby Uddeholm für die Anwendung bei der Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen der austenitische CrNi-Stahl UHB Stainless 25L angeboten. Es wird der Nachweis - gegenüber den Werkstoffen Nr. 1.4541 und 1.4306 - erhöhter Beständigkeit in einem breiten Konzentrations-Temperatur-Band der Salpetersäure und das vor allem in sensibilisierten Zuständen des Materials geführt. Das günstige Verhalten wird durch den hohen Chrom- und den streng kontrollierten niedrigen Verunreinigungs-Gehalt an Si, P, S erklärt /1/.

Ziel der im folgenden wiedergegebenen Untersuchungen war es,

- an zwei verschiedenen Chargen des Werkstoffs im lösungsgeglühten und sensibilisierten Zustand die grundlegende Verhaltensweise in Salpetersäure unterschiedlicher Temperatur und Konzentration zu bestimmen und damit die Firmenangaben zu überprüfen,
- einen Vergleich zu ziehen mit den zwischenzeitlich erheblich verbesserten Qualitäten des Werkstoffs Nr. 1.4306, die in der speziellen salpetersäurebeständigen Version - vor allem nach Anwendung des Elektroschlackeschmelzverfahrens - höchste Reinheit und eine entsprechend niedrige Anfälligkeit gegenüber Salpetersäure-Korrosion zeigen,
- den durch Zusatz oxidierender Ionen im Transpassivbereich zu erwartenden Anstieg der Abtragsgeschwindigkeit zu messen, sowie
- den von der Firma seinerzeit empfohlenen Schweißzusatzwerkstoff ähnlicher Zusammensetzung Nr. 1.4842 im unverarbeiteten Zustand mitzuprüfen.

2. Experimenteller Teil

2.1 Praktische Durchführung

2.1.1 Werkstoffzusammensetzung und Probenform

Die experimentellen Untersuchungen erfolgten an 2 verschiedenen Chargen des Werkstoffs UHB Stainless 25L (ähnlich Werkstoff Nr. 1.4845 resp. AISI 310S) und an dem damals für die Verarbeitung empfohlenen Schweißzusatzwerkstoff Nr. 1.4842 der Firma Nyby Uddeholm AB in Schweden. Für die Experimente wurden Proben der in Tab. 1 wiedergegebenen Abmessungen und der in Tab. 2 angegebenen chemischen Zusammensetzung eingesetzt.

Tab. 1: Art und Form der geprüften Materialien

Werkstoff	Chargen Nr.	Materialform	Probenabmessung [mm]	Bemerkungen
UHB 25 L	LK 7474	Blechprobe	50x50x3/50x24x3	Muster
UHB 25 L	LK 7474	Blech	30x30x3	
UHB 25 L	LU 9367	Blech	30x30x10	
1.4842	LK 8709	Draht	1000x1,6 ϕ	Zur Prüfung zu einer Spirale aufgewickelt.

Die Charge LU 9367 wurde als 33 mm starkes Blech angeliefert, sodann horizontal durchtrennt. Die resultierende Blechstärke betrug 10 mm. Die Korngröße der Blechmaterialien betrug 50-70 μm (LK 7474), 70-100 μm (LU 9367), die des Schweißdrahts (LK 8709) 10-15 μm .

Die Blechproben wurden zur Aufhängung mit einer Bohrung versehen. Ein Teil der Proben wurde einer typischen sensibilisierenden Wärmebehandlung während 30 Minuten bei 700 $^{\circ}\text{C}$ unterworfen. Sämtliche Proben wurden elektropoliert, danach gespült, getrocknet und gewogen.

Tab. 2: Chemische Zusammensetzung der untersuchten Werkstoffe (Massen %)

Werkstoff- Lieferform	Charge Nr.	Analyse durch	Massen %									
			C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	V
Blechproben	LK 7474	Hersteller	0.016	0.45	1.63	0.012	0.009	24.9	20.8	0.08	0.03	0.16
Blech	LK 7474	Hersteller	0.014	0.34	1.62	0.014	0.008	24.7	20.8	-	-	-
		KfK/IMF	≤0.01	0.48	1.80	0.011	<0.01	24.3	20.5	<0.2	-	-
Blech	LU 9367	Hersteller	0.016	0.30	1.51	0.017	0.009	24.5	20.0	-	-	-
Schweißdraht	LK 8709	Hersteller	0.09	<1.5	1.0-2.5	0.025	0.020	25	20	-	-	-

2.1.2 Korrosionsprüfung von elektropolierten Proben in 13.4 m (65%) Salpetersäure auf interkristalline Korrosion (Huey-Test).

Der Huey-Test /2/ ist ein zuerst in den USA nach ASTM /3/ und später auch in Europa nach Euronorm /4/ genormtes Verfahren, das zur Untersuchung der Korrosionsbeständigkeit nichtrostender Stähle in siedender 65%iger Salpetersäure eingesetzt wird. Im folgenden wird aus dem Buch "Prüfung und Untersuchung der Korrosionsbeständigkeit von Stählen" /5/ zitiert:

"Vor allem in den USA wird zur Prüfung auf Kornzerfallsbeständigkeit häufig die Huey-Prüfung angewendet. Hierbei wird der Werkstoff in azeotrop siedender 65 %iger HNO_3 über 5 Zeitabschnitte zu je 48 h behandelt. Als Meßwert wird der Mittelwert der Abtragungsgeschwindigkeiten in diesen 5 Zeitabschnitten erhalten. Die Prüfung kann sowohl in einem Erlenmeyerkolben mit Rückflußkühler (Einprobenapparatur) als auch in einer Apparatur mit destillativem Umlauf der Säure (Mehrprobenapparatur) durchgeführt werden, wobei in letzterer eine korrosionsbeschleunigende Wirkung von Korrosionsprodukten, insbesondere von sechswertigem Chrom, vermieden werden kann. Das Prüfpotential liegt im Bereich von $U_H = 800$ bis 1300 mV und ist damit sowohl der Passiv/Passiv- als auch der Transpassivart der interkristallinen Korrosion zuzuordnen. Kornzerfallsbeständige Proben nehmen ein unedleres, kornzerfallsanfällige Proben ein edleres Potential an. Bei kornzerfallsanfälligen Proben wird neben der anodischen Metallauflösung vor allem die kathodische Salpetersäurereduktion beschleunigt. Durch Zugabe von sechswertigem Chrom (CrO_3) oder Kontakt der Proben mit Platin kann das Potential auch kornzerfallsbeständiger Proben in den Transpassivbereich um $U_H = 1300$ mV verschoben werden. Die Huey-Prüfung ist in Deutschland nicht genormt, wohl aber in zahlreichen europäischen und außereuropäischen Ländern, eine Euronorm wurde 1973 fertiggestellt.

Bei der Huey-Prüfung kann ein Korngrenzenangriff nicht nur durch längs der Korngrenzen ausgeschiedene Chromkarbide, sondern auch durch Titankarbide sowie intermetallische Phasen, wie zum Beispiel σ -Phase, erfolgen. Darüber hinaus erfahren auch lösungsgeglühte, handelsübliche Chrom-Nickel-Stähle in der Huey-Prüfung einen Korngrenzenangriff. Diese Besonderheiten lassen ihren Wert als Verfahren zur Prüfung auf Beständigkeit gegen durch Ausscheidungen chromreicher Karbide hervorgerufenen Kornzerfall zweifelhaft erscheinen. Weiter ist zu berücksichtigen, daß die Huey-Prüfung bei Verwendung von Mehrprobenapparaturen aufwendig, in jedem Fall aber zeitraubend ist. Ihre Anwendung sollte daher auf die Nachprüfung der Beständigkeit gegen Korngrenzen-

angriff von solchen Werkstoffen beschränkt werden, die in oxydierenden sauren Medien eingesetzt werden sollen. Bei nichtsensibilisierten und auch sonst hinsichtlich ihres metallurgischen Gefüges einwandfreien Proben bleibt die Korrosionsgeschwindigkeit während der 5 Prüfabschnitte näherungsweise konstant, andernfalls steigt sie deutlich an.

Außer durch Ausscheidung von Karbiden und Nitriden kann eine Verarmung an Legierungselementen, die für die Aufrechterhaltung der chemischen Beständigkeit von Bedeutung sind, auch durch Ausscheidung intermetallischer Verbindungen auf den Korngrenzen erfolgen. Bei nichtrostenden ferritischen Chrom- und austenitischen Chrom-Nickel-Stählen kommen hierfür vor allem die chromhaltige σ - und χ -Phase in Frage, da deren Umgebung bei Bildung dieser Phasen an Chrom verarmt."

Der Huey-Test eignet sich also für den Nachweis der Anfälligkeit nichtrostender Stähle gegen interkristalline Korrosion und damit für die erste Auswahl dieser Werkstoffe zum Einsatz in der Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen /6/.

Bei unseren Untersuchungen wurde das Huey-Verfahren hinsichtlich des anfänglichen Probenzustandes abgeändert. Die Proben wurden an Stelle einer mechanischen Überarbeitung einer reproduzierbar abtragenden, glättenden Elektropolitur unterworfen. Die so vorbehandelten Proben wurden nach dem Reinigen und Wiegen unter Einhaltung des geforderten Oberflächen — Volumen-Verhältnisses (pro 1 cm^2 Probenoberfläche 20 ml Salpetersäure 65%) in Salpetersäure der Korrosion ausgesetzt. Diese Proben wurden an Glashaken aufgehängt und während 5-15 Zeitabschnitten zu je 48 Stunden in Salpetersäure 65% unter Rückfluß der Korrosionsuntersuchung unterworfen. Nach jeweils 48 Stunden (1 Periode) wurden die Proben mit Wasser gewaschen, getrocknet, gewogen und dann erneut in reine Testlösung eingesetzt. Nach ASTM wird eine Versuchszeit von 5 Perioden zu einer längerfristigen Extrapolation als geeignet angesehen resp. erforderlich gehalten. Es kann jedoch vorkommen, daß ein Werkstoff, der in den ersten 5 Perioden ein recht gutes Verhalten hatte, plötzlich einen Anstieg der Abtragsgeschwindigkeit zeigt. Deshalb würde die Zahl der Prüfperioden gelegentlich von 5 (nach ASTM) auf 15 Perioden erhöht.

Der Korrosionsangriff wird im allgemeinen als Abtragsgeschwindigkeit in $\text{mg/dm}^2 \cdot \text{d}$ oder in mm/Jahr angegeben. Abweichend von der oben wiedergegebenen Norm wird die Abtragsgeschwindigkeit nicht über die Gesamtheit der Prüfperioden gemittelt sondern nur für die letzte wiedergegeben. Diese Werte sind

aber nur dann sinnvoll, wenn der Oberflächenabtrag annähernd gleichmäßig erfolgt. Im Falle von lokaler, d.h. selektiver inter- resp. innerkristalliner Korrosion wird das Materialverhalten nicht nur auf der Grundlage von Massenverlusten alleine, sondern mittels Auswertung metallografischer Schlifffbilder auf lokale Schädigungstiefe beurteilt.

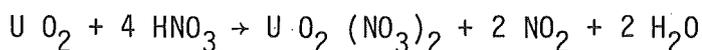
Die hier wiedergegebenen Abtragungsgeschwindigkeiten beziehen sich also nur auf die 5. resp. 15. Periode, die lokale Schädigungstiefe jedoch auf den genannten Zeitraum von 5 resp. 15 Prüfperioden.

2.1.3 Korrosionsprüfung in Salpetersäure unter Zugabe von Cr (VI)- und U (VI)-Ionen.

Durch laufende Anreicherung von löslichen Korrosionsprodukten im Medium wie Cr (VI), Fe (III) etc. tritt normalerweise ein korrosionsverstärkender Effekt auf. Ein darüberhinausgehender Einfluß dieser Art wird an Stellen, die nicht vom Medium durchspült werden, jedoch der Korrosion unterliegen, ausgeübt.

Zur Anwendung solchermaßen modifizierter Bedingungen wurde der Huey-Test durch Zugabe von 50 bzw. 100 mg/l Cr (VI)-Ionen in Form von gelöstem Cr O₃ verschärft. Diese Lösung wurde, wie bei dem normalen Huey-Test, ebenfalls nach jeweils 48 Stunden erneuert. Für Korrosionsuntersuchungen des Werkstoffs in salpetersauren U (VI)-Lösungen wurde durch Zugabe von Uranylнитrat zu Salpetersäure einerseits der für den Auflöser übliche maximale U (VI)-Gehalt von 400 g U (VI)/l, andererseits eine 0.5 molare U (VI)-Lösung (119 g U/l) hergestellt.

Für diesen Vorgang werden nach folgender Gleichung:



2 Mol HNO₃ benötigt. Eine anfängliche Konzentration der Salpetersäure von 7 molar fällt dabei, d.h. bei Auflösung von 0.5 Mol UO₂/l (119 g U (VI)/l), theoretisch auf eine Säurekonzentration von 5 molar ab (siehe 2.1.4).

2.1.4 Korrosionsprüfung bei Salpetersäurekonzentrationen < 13.4 m und verschiedenen Temperaturen.

Neben den Untersuchungen in konzentrierter, 65 %iger Salpetersäure (13.4 m), kamen noch folgende verdünntere Säurekonzentrationen zur Anwendung:

- Durch Mischen von $UO_2(NO_3)_2$ mit 65 %iger Salpetersäure (13.4 m) zu einer Urankonzentration von 400 g U (VI)/l stellte sich eine Salpetersäurekonzentration von 8.7 molar ein. Im Auflöser einer Wiederaufarbeitungsanlage liegt die höchste Säurekonzentration bei 7 m, während sich nach erfolgter UO_2 -Auflösung (400 g U/l) eine Säurekonzentration von ca. 2.5 m einstellt. Es wurde daher die sich bei der höchstmöglichen Urankonzentration (400 g U/l) unter Zugabe von konzentrierter Salpetersäure einstellende Säuremolarität von 8.7 m für Untersuchungen mit- und ohne Uran (VI)-Zugabe gewählt.
- Eine weitere Säurekonzentration, bei der Untersuchungen durchgeführt wurden, lag bei 7 m. Diese Konzentration ergab sich, wie oben beschrieben, aus der im Auflöser einer Wiederaufarbeitungsanlage eingesetzten höchsten Säurekonzentration.
- Werden 0.5 Mol UO_2 (119 g) in 1 l 7 m Salpetersäure gelöst, so fällt die Säurekonzentration theoretisch auf 5 m ab (siehe 2.1.3). Für einen Teil der durchgeführten Untersuchungen wurde diese Konzentration um 10% auf 5.5 m erhöht.

3. Korrosionsprüfung von angelieferten und zum Teil sensibilisierten Proben in Salpetersäure unter verschiedenen Bedingungen (Säurekonzentration, Temperatur und Gehalt an oxidierenden Ionen).

In Tab. 3 ist die Gesamtheit der angewandten Prüfbedingungen unter Hinweis auf die entsprechenden Berichtsteile wiedergegeben.

Tab. 3: Probenmaterial, Probenvorbehandlung und Korrosionsmilieu

Chargen-Nr.	Probenvorbehandlung		Korrosionsmilieu	Berichtsteil
	lösungsgeglüht (wie angelief.)	sensibilis.		
LK 7474, Lu9367	+	+	13.4 m HNO ₃ , 120°C	3.1
LK 7474	+		13.4 m HNO ₃ , 120°C, Cr(VI)	3.1.1
LK 7474	+		13.4 m HNO ₃ , 70°C	3.2
LK 7474	+		13.4 m HNO ₃ , 70°C, Cr(VI)	3.2.1
LK 7474	+	+	8.7 m HNO ₃ , 115°C	3.3
LK 7474	+	+	8.7 m HNO ₃ , 109°C, 400 g U/l	3.3.1
LK 7474	+		7 m HNO ₃ , 108°C	3.4
LK 7474	+		7 m HNO ₃ , 108°C, Cr(VI)	3.4.1
LK 7474	+		7 m HNO ₃ , 70°C	3.5
LK 7474	+		7 m HNO ₃ , 70°C, Cr(VI)	3.5.1
LK 7474	+	+	5.5 m HNO ₃ , siedend, 119g U/l	3.6

Tab. 4 und Abb. 23 fassen die erzielten Ergebnisse der Korrosionsprüfung zusammen, die im einzelnen wie folgt wiedergegeben werden.

3.1 13.4 m, 120°C (Huey-Test)

Die Proben des Werkstoffs UHB 25 L und des Schweißdrahts (Werkstoff Nr. 1.4842) wurden durch Anwendung des Huey-Tests untersucht. Der Gewichtsverlust sowohl der Blechproben (Abb. 1) wie des Schweißdrahts (Abb. 2) im Anlieferungszustand beläuft sich während 15 Perioden auf max. 13-15 mg/dm²·d (0.06-0.07 mm/J).

Die metallografischen Gefügaufnahmen beider Materialarten (Abb. 3,4,5) zeigen nach 15 Perioden nur einen geringen Korngrenzenangriff bis max. 13 μm (0.16 mm/J) Tiefe. Die zugehörigen lichtmikroskopischen Oberflächen-aufnahmen der korrodierten Blechproben lassen bereits nach 5 Perioden einen leichten Korngrenzenangriff erkennen, der nach 15 Perioden sehr deutlich zunimmt (Abb. 6). Auch wird die Bildung von kleinen Löchern im Korninneren erkennbar. Dieser Kornangriff kann an den Stirnseiten der Bleche in einem gegenüber der Oberfläche verstärktem Maße auftreten (Abb. 7).

Nach einer, dem Korrosionstest vorausgehenden sensibilisierenden Wärmebehandlung (30 min, $700^{\circ}\text{C}/\text{H}_2\text{O}$) verstärkt sich die Abtragungsgeschwindigkeit von Periode zu Periode, so daß sich am Blechmaterial während der 15. Periode ein Abtrag von 26-58 $\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{d}$ (0.12-0.27 mm/J) (Abb. 1) und bei dem Schweißzusatz - Werkstoff von 80 $\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{d}$ (0.37 mm/J) einstellte (Abb. 2). Betrachtet man daneben metallografisch die Schädigung der Korngrenzen des Werkstoffs, so erkennt man bei den untersuchten Chargen des Blechmaterials im sensibilisierten Zustand nach einer Prüfzeit von 15 Perioden Schädigungstiefen bis ca. 65 μm (Abb. 3,4). Oberflächenaufnahmen (Abb. 8) geben Hinweise zur Morphologie des flächigen Angriffs, bei dem unter den o.g. Sensibilisierungsbedingungen bereits ganze Körner ausbrechen. Die metallografische Darstellung des Korrosionsangriffs auf das sensibilisierte Schweißdrahtgefüge (Abb. 5) läßt nach 15 Perioden eine lokale Schädigungstiefe bis etwa 30 μm erkennen. Da es sich bei dem Schweißdraht um ein sehr feinkörniges Material Korngröße 10-15 μm handelt, brechen die Körner sehr viel früher aus, und der Kornangriff eilt dem allgemeinen Abtrag nicht wesentlich voraus. Diese Ergebnisse sind jedoch nicht direkt mit dem Verhalten von Schweißzusatzwerkstoff nach Verarbeitung zu vergleichen, da dieser dann als grobkörniges Erstarrungsgefüge vorliegt und eine andere Schädigungsart auftritt.

3.1.1 13.4 m, 120°C , Cr (VI)-Zusätze

An der Charge LK 7474 des Werkstoffs UHB 25 L wurden im angelieferten Zustand unter - durch Zugabe von 50 resp. 100 mg/l Cr(VI) - verschärften Bedingungen Korrosionsuntersuchungen durchgeführt. Beim Vergleich der Gewichtsverluste dieser Untersuchungen mit denen ohne Cr(VI)-Zugabe ergibt sich während der 5. Periode bei 50 mg/l Cr(VI)-Zugabe pro l bei 153 $\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{d}$ (0.70 mm/J) Abtragungsgeschwindigkeit ein 9.5 facher, bei 100 mg/l Cr(VI) mit 354 $\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{d}$

Tab. 4: Korrosion des Werkstoffs UHB 25 L in Salpetersäure und salpetersauren Lösungen

Salpetersäure- konzentration [molar]	Temperatur [°C]	Zustand Lösungsgegl. (wie angel.)=LG sensibilisiert=S	Charge Nr. (Muster=M)	Zusätze	Abtragsgeschwindigkeit in der hier angegebenen Prüfperiode				lokale Schädigungstiefe nach	
					5. Periode		15. Periode		5 P.	15 P.
					mg/dm ² ·d	mm/J	mg/dm ² ·d	mm/J	µm	µm
13.4	120,siedend	LG	LK 7474	-	16.1	0.073	14.6	0.067	2	5
"	"	"	LU 9367	-	10.9	0.050	13.8	0.064	3	7
"	"	"	LK7474(M)	-	12.4	0.057	15.2	0.069	2	13
"	"	S	LK 7474	-	26.0	0.119	58.4	0.267	18	64
"	"	"	LU 9367	-	14.8	0.068	25.9	0.120	-	48
"	"	"	LK7474(M)	-	18.3	0.083	49.1	0.224	26	65
"	"	LG	LK 7474	50mg CrVI/l	152.7	0.697	-	-	36	-
"	"	"	"	100mg CrVI/l	354.2	1.616	-	-	75	-
"	70	"	"	-	0	0	-	-	0	-
"	"	"	"	50mg CrVI/l	21.8	0.100	-	-	10	-
"	"	"	"	100mg CrVI/l	24.4	0.111	-	-	15	-
7/8.7	108-115,siedend	LG	LK 7474	-	4.2	0.019	-	-	0	-
"	"	"	"	-	3.1	0.014	-	-	3	-
"	"	S	"	-	5.1	0.023	-	-	0	-
"	"	"	"	-	3.1	0.014	-	-	2	-
"	109,siedend	LG	"	400gUVI/l	9.6	0.044	-	-	0	-
"	"	S	"	"	13.2	0.060	-	-	15	-
"	108,siedend	LG	"	50mg CrVI/l	60.2	0.274	-	-	40	-
"	"	"	"	100mg CrVI/l	132.1	0.603	-	-	65	-
"	70	"	"	-	0	0	-	-	0	-
"	"	"	"	50mg CrVI/l	2.5	0.012	-	-	0	-
"	"	"	"	100mg CrVI/l	11.2	0.051	-	-	4	-
5.5	siedend	LG	"	119g U VI/l	1.2	0.006	-	-	0	-
"	"	S	"	"	1.6	0.008	-	-	0	-

(1.6 mm/J) Abtragsgeschwindigkeit ein 22 facher Wert (Abb. 10).

Wird der Korrosionsangriff metallografisch auf Schädigungstiefe ausgewertet, ergeben sich nach 5 Perioden bei 50 mg/l Cr(VI) 36 µm (1.3 mm/J), bei 100 mg/l Cr(VI) 75 µm (2.7 mm/J) (Abb. 9).

Dieser verstärkte Angriff läßt sich auch sehr gut mit Oberflächenaufnahmen (Abb. 11) demonstrieren, wobei unter den normalen Bedingungen des Huey-Tests nur ein schwacher Korngrenzenangriff, dagegen nach Cr(VI)-Zugabe ein starker Kornzerfall auftritt. Die Angriffsgeschwindigkeit liegt so hoch, daß eine weitere Untersuchung nicht sinnvoll ist.

3.2 13.4 m, 70°C

Die Korrosionsuntersuchungen der Charge LK 7474 bei auf 70°C reduzierter Temperatur, jedoch in konzentrierter (13.4 m) Salpetersäure, zeigten bis zur 5. Periode an den Proben im Anlieferungszustand praktisch keinen Korrosionsangriff (Abb. 12A,13,14). Es wurde sogar mit zunehmender Versuchszeit eine geringe Gewichtszunahme beobachtet. Lediglich an den Stirnseiten konnte über Oberflächenaufnahmen ein leichter Korngrenzenangriff nachgewiesen werden (Abb. 14).

3.2.1 13.4, 70°C, Cr(VI)-Zusätze

Werden die Korrosionsuntersuchungen in konzentrierter, 70°C heißer Salpetersäure unter Zugabe von 50 resp. 100 mg/l Cr(VI) durchgeführt, erhöht sich der Korrosionsabtrag von praktisch 0 auf 0.1-0.2 mm/J (Abb. 12A). Dies läßt sich durch metallografische Schlibfbilder sehr deutlich zeigen: es tritt ein leichter Korngrenzenangriff auf (Abb. 13), der nach 5 Perioden bei 50 und 100 mg/l Cr(VI) 10 und 15 µm (0.37 resp. 0.55 mm/J) Schädigungstiefe erreicht hat. Anhand der Oberflächenaufnahmen (Abb. 14) läßt sich erkennen, daß bei 100 mg/l Cr(VI)-Zusatz - neben verstärktem Korngrenzenangriff - sich bereits im Korn kleine Löcher bilden.

3.3 8.7 m, 115°C

In siedender 8.7 molarer Salpetersäure (Siedepunkt 115°C) wurde nach 5 Perioden sowohl im angelieferten als auch im sensibilisierten Zustand nur eine

geringe Abtragungsgeschwindigkeit von $4.2 \text{ mg/dm}^2 \cdot \text{d}$ (0.019 mm/J) und $5.1 \text{ mg/dm}^2 \cdot \text{d}$ (0.023 mm/J) erreicht (Abb. 12B). Dieser Angriff ist so gering, daß er an den metallografischen Aufnahmen kaum zu erkennen ist (Abb. 15). Lediglich beim Betrachten der Oberfläche tritt eine schwache bis mäßige Anätzung der Korngrenzen auf.

3.3.1 8.7 m, 109°C , Uranylinitrat-Zusätze

Enthält die siedende 8.7 molare Salpetersäure 400 g U(VI)/l (109°C), so erhöht sich die Abtragungsgeschwindigkeit gegenüber den Untersuchungen ohne U(VI)-Zusätze (3.3) bei dem angelieferten Material in der 5. Periode um 128% auf $9.6 \text{ mg/dm}^2 \cdot \text{d}$ (0.044 mm/J) und bei dem sensibilisierten Material ($30 \text{ min } 700^\circ\text{C}/\text{H}_2\text{O}$) um 159% auf $13.2 \text{ mg/dm}^2 \cdot \text{d}$ (0.06 mm/J) (Abb. 12B). Diesen immer noch recht geringen Angriff kann man im metallografischen Querschliff nur an der sensibilisierten Probe feststellen (Abb. 15). Beim Vergleich der durch Extrapolation gemessenen Schädigungstiefe mit der durch Wägung ermittelten flächenbezogenen Massenverlustrate resp. der daraus berechneten Abtragungsgeschwindigkeit ergibt sich ein ca. 9-facher Wert (0.55 mm/J). An der Oberfläche zeigt die im Anlieferungszustand eingesetzte Probe nur eine Korngrenzenätzung, während bei den sensibilisierten Proben dieser Angriff stark hervortritt.

3.4 7 m, 108°C

In siedender 7 molarer Salpetersäure (108°C) wurden bei dem angelieferten und dem sensibilisierten ($30 \text{ min } , 700^\circ\text{C}$) Material keine Unterschiede in der Abtragungsgeschwindigkeit festgestellt (Abb. 16). Sie lag mit $3.1 \text{ mg/dm}^2 \cdot \text{d}$ (0.014 mm/J) in beiden Fällen sehr günstig. Die metallografischen Untersuchungen zeigen im Querschliff und an der Oberfläche nur einen geringen Angriff (Abb. 17).

3.4.1 7 m, 108°C , Cr (VI)-Zusätze

Setzt man der unter 3.4 beschriebenen siedenden 7 molaren Salpetersäure 50 resp. 100 mg/l Cr(VI) zu, so steigt die Abtragungsgeschwindigkeit des Materials

im Anlieferungszustand enorm an. Es werden in der 5. Periode bei 20-facher bzw. 43-facher Abtragungsgeschwindigkeit Werte von $60.2 \text{ mg/dm}^2 \text{ d}$ (0.27 mm/J) und $132.1 \text{ mg/dm}^2 \text{ d}$ (0.60 mm/J) erreicht (Abb. 16). Anhand der metallografischen Schliffbilder (Abb. 17) läßt sich das Ausmaß dieses verstärkten Angriffs erkennen. Beim Vermessen des interkristallinen Angriffs kommt man auch hier auf wesentlich höhere Angriffstiefen. Sie liegen im Fall der 50 mg/l Cr(VI) -Zugabe nach 5 Perioden bei ca. 0.04 mm (1.4 mm/J) und bei 100 mg/l Cr(VI) bei 0.065 mm (2.4 mm/J). Gleichzeitig mit dem Korngrenzenangriff bilden sich im Korninneren Löcher. Abb. 18 zeigt die zugehörigen Oberflächenaufnahmen.

3.5 7 m, 70°C

Beim Einsatz des angelieferten Materials in 7 molarer Salpetersäure bei 70°C wurde je nach Periode entweder ein minimaler Abtrag oder sogar eine zeitweilige Gewichtszunahme festgestellt (Abb. 19A). Weder an Schliff- (Abb. 20) noch an Oberflächenaufnahmen (Abb. 21) konnte ein Angriff nachgewiesen werden.

3.5.1 7 m, 70°C , Cr (VI)-Zusätze

Wird das angelieferte Material bei 70°C in 7 molarer Salpetersäure unter Zugabe von 50 resp. 100 mg/l Cr(VI) der Korrosion ausgesetzt, so wird im ersten Fall in der 5. Periode nur ein Abtrag von $2.5 \text{ mg/dm}^2 \cdot \text{d}$ (0.012 mm/J) festgestellt (Abb. 19A) und weder am metallografischen Querschliff (Abb. 20) noch an den Oberflächenaufnahmen (Abb. 21) eine Schädigung nachgewiesen. Im zweiten Fall verstärkt sich der Angriff auf $11.2 \text{ mg/dm}^2 \cdot \text{d}$ (0.051 mm/J) (Abb. 19A). Dies macht sich als leichter Korngrenzenangriff bemerkbar (Abb. 20,21).

3.6 5.5 m, siedend, Uranylinitrat-Zusätze

Bei den Untersuchungen in 5.5 molarer siedender Salpetersäure, die 119 g U(VI)/l enthielt, wurde an dem angelieferten Material nur ein Korrosionsabtrag von $1.2 \text{ mg/dm}^2 \text{ d}$ (0.006 mm/J) gemessen. Selbst bei sensibilisiertem Material (30 min , 700°C) lag der Abtrag mit $1.6 \text{ mg/dm}^2 \cdot \text{d}$ (0.008 mm/J) nur geringfügig

höher (Abb. 19 B). In beiden Fällen konnte metallografisch im Querschliff keine Schädigung (Abb. 22), auf der Oberfläche nur an den sensibilisierten Proben ein leichter Korngrenzenangriff, festgestellt werden.

4. Diskussion

Der Vergleich der am UHB 25L erzielten Ergebnisse mit denen unseres Standardwerkstoffes Nr. 1.4306 s (ESU) zeigt

- als erwarteten Befund einen etwas niedrigeren langzeitigen Oberflächenabtrag des höher legierten Materials bei deutlicher Abhängigkeit von Temperatur, Konzentration der Salpetersäure und ihres Gehalts an oxidierenden Metallionen,
- als unerwarteten Befund eine beträchtliche Sensibilisierungsanfälligkeit trotz starker Absenkung der Gehalte an Verunreinigungselementen geringer Konzentration wie C, S, P, Si, Mo.

Für dieses Verhalten fehlt eine eindeutige Erklärung, die zu liefern jedoch für Überlegungen zur Sicherung der Materialqualität bei Verarbeitungsvorgängen, wie Schweißen, von besonderer Wichtigkeit wäre. Es kann aber vermutet werden, daß dieses Verhalten auf den mindestens 15-fach höheren Siliziumgehalt (als im 1.4306 s (ESU) enthalten) zurückzuführen ist. Im Einklang damit wäre auch, daß die Charge LU 9367 - mit dem unter den geprüften UHB-Materialien niedrigsten Si-Gehalt von 0.30 % - die geringste Sensibilisierungsanfälligkeit zeigte.

Ob sich der Wunsch nach einer verbesserten Materialqualität realisieren ließe, könnten Versuchsschmelzen noch höherer Reinheit, die unter streng kontrollierten Wärmebehandlungsschritten hergestellt werden, erweisen.

5. Zusammenfassung

Der austenitische 25Cr20Ni-Stahl UHB Stainless 25 L der Firma Nyby Uddeholm AB wurde als Blechmaterial im lösungsgeglühten und sensibilisierten Zustand der Korrosionsprüfung in Salpetersäure und salpetersauren Lösungen unterworfen. Versuchsparameter waren - außer den genannten Werkstoffzuständen - die Konzentration und Temperatur der Salpetersäure sowie deren Zusätze an Cr(VI)- und U(VI)-Ionen.

Das Materialverhalten unter den Standard-Bedingungen des Huey-Tests (65% HNO₃, 120°C) war für die angelieferte, lösungsgeglühte Version gekennzeichnet durch eine über die Oberfläche gleichmäßige und über die verlängerte Reaktionszeit von 15 x 48 = 720 Std. konstante Abtragsgeschwindigkeit von < 100 µm/J. Dieses Ergebnis kennzeichnet ein hervorragendes, längerfristiges vorausberechenbares Materialverhalten in konzentrierter Salpetersäure.

Die Prüfung des Materials in Prüfzeiten von 5 x 48 = 240 Std. unter Variation verschiedener Versuchsparameter vervollständigt unsere Kenntnisse (Tab. 4, Abb. 23) wie folgt:

Sensibilisierung des Werkstoffgefüges

Eine sensibilisierende Wärmebehandlung (30 min, 700°C) steigerte die während 240 Stunden Prüfzeit sehr niedrige Abtragsgeschwindigkeit des lösungsgeglühten Materials bei allen in Frage kommenden HNO₃-Konzentrationen um den Faktor 1.2 - 1.6, unter den langzeitigen Bedingungen des Huey-Test von 720 Stunden jedoch fast um das 4-fache. Damit war auch eine Steigerung des lokalen Gefügeangriffs von 13 auf 65 µm Tiefe verbunden.

Säurekonzentration

Ein möglicher Vergleich zwischen Versuchen in 8 und 13 molarer HNO₃ bei ihrer jeweiligen Siedetemperatur ergab einen Anstieg der Korrosionsgeschwindigkeit um das 4-fache.

Reaktionstemperatur

Bei 70°C wurden bei mittlerer und hoher Säure-Konzentration praktisch keine Metallverluste gemessen. Die Anhebung der Temperatur auf den Siedepunkt erhöhte die Abtragsgeschwindigkeit von 0 auf 0.019 mm/J (8 molar) resp. 0.073 mm/J (13.4 molar), d.h. deutlich, jedoch auf immer noch denkbar niedrigem Niveau.

Zusätze an oxidierenden Ionen

. Chrom (VI)-Ionen

Bei 70°C hatten Cr-Zusätze von 50-100mg/l bei mittleren und hohen Säurekonzentrationen einen deutlich korrosionssteigernden Effekt. Sie erhöhten die Abtragungsgeschwindigkeit von 0 auf max. 0.051 mm/J (8 molar) resp. 0.111 mm/J (13 molar).

Bei 120°C, 13 molar jedoch trat eine erhebliche Steigerung von 73 auf 1.616 mm/J, d.h. um das 22-fache, ein.

In allen Fällen wäre zu dem während der Prüfzeit gemessenen mittleren Abtrag ein hoher lokaler Angriff bis in Tiefen von max. 75 µm hinzuzurechnen.

. Uran (VI)-Ionen

Nicht ganz so heftig steigerten Uranzusätze das Korrosionsgeschehen. Bei mittlerer HNO₃-Konzentration und einem Gehalt von 400 g U/l wurde bei Siedetemperatur eine Abtragungsgeschwindigkeitssteigerung um das 2.3 - 2.6-fache gemessen.

Danach beurteilt, müßte bei der Verwendung dieses Werkstoffs von einem Einsatz in Gegenwart von konzentrierter Salpetersäure mit oxidierenden Metall-Ionen bei Siedetemperatur, vor allem im sensibilisierten Zustand des Materials, abgeraten werden.

Die Korrosionsprüfung des artgleichen, jedoch in entscheidenden Gehalten der niedrigen Legierungselemente unterschiedlichen Schweißzusatzwerkstoffs Werkstoff Nr. 1.4842 in konzentrierter Salpetersäure ergab im lösungsgeglühten und sensibilisierten Zustand ein mit dem Blechmaterial tendenziell ähnliches Verhalten. Die Verschlechterung des Verhaltens im sensibilisierten Zustand fiel jedoch erheblich deutlicher aus und dürfte deshalb die Verwendbarkeit begrenzen.

6. Danksagung

Für die metallografischen Untersuchungen danken wir den Herren P. Graf, H. Zimmermann und A. Leible, für die chemischen Analysen Frau Dr. Chr. Braun.

7. Literatur

- /1/ Prospekt der Firma Nyby Uddeholm,
 "Uddeholms rostbeständiger Stahl UHB Stainless 25 L" (1979)

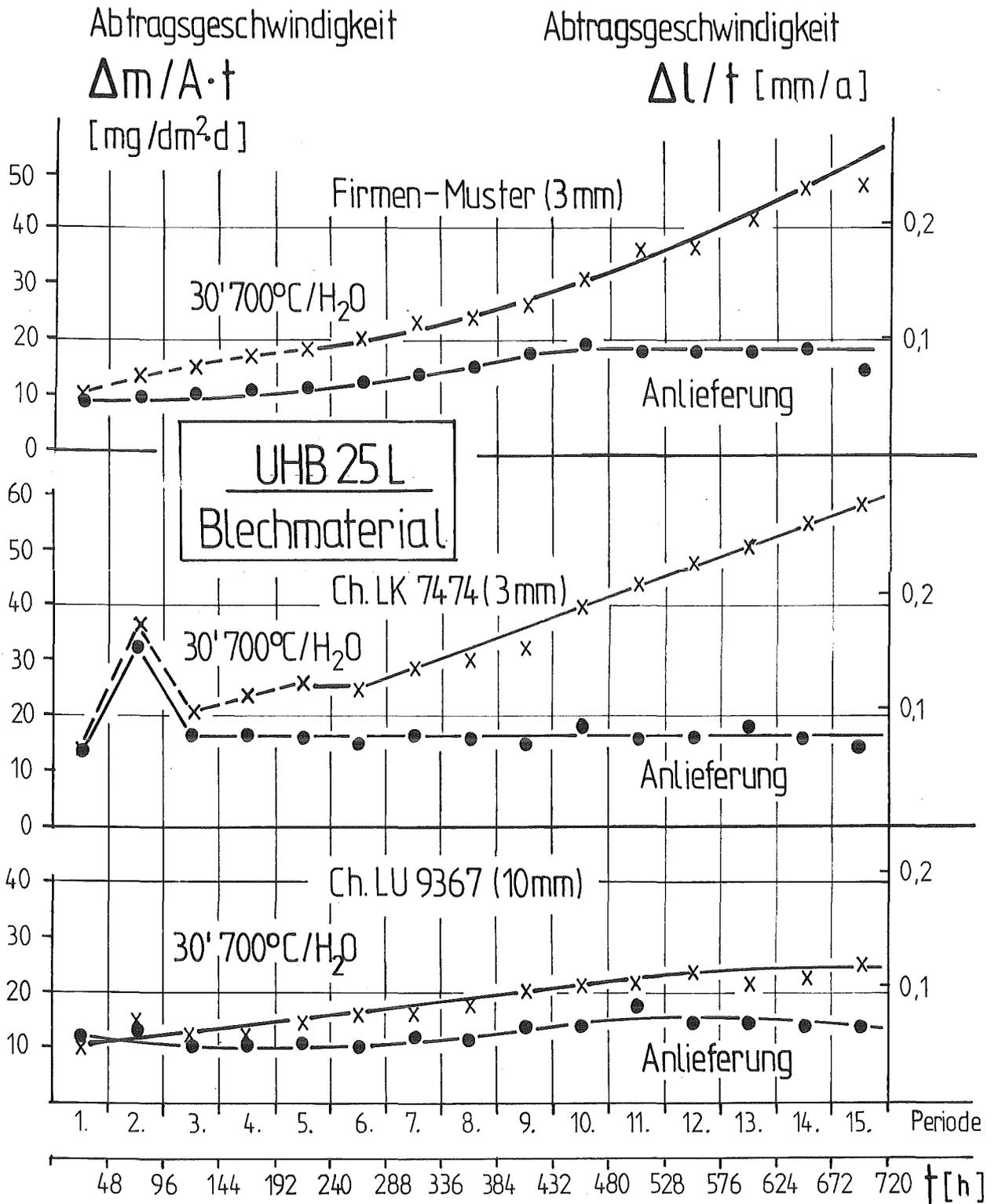
- /2/ W.R. Huey,
 Trans. Amer. Soc. Steel Treatm. 18 (1930) 1126-1143

- /3/ ASTM Standards A 262 - 77a (1977)

- /4/ Euronorm 121 - 72 (1972)

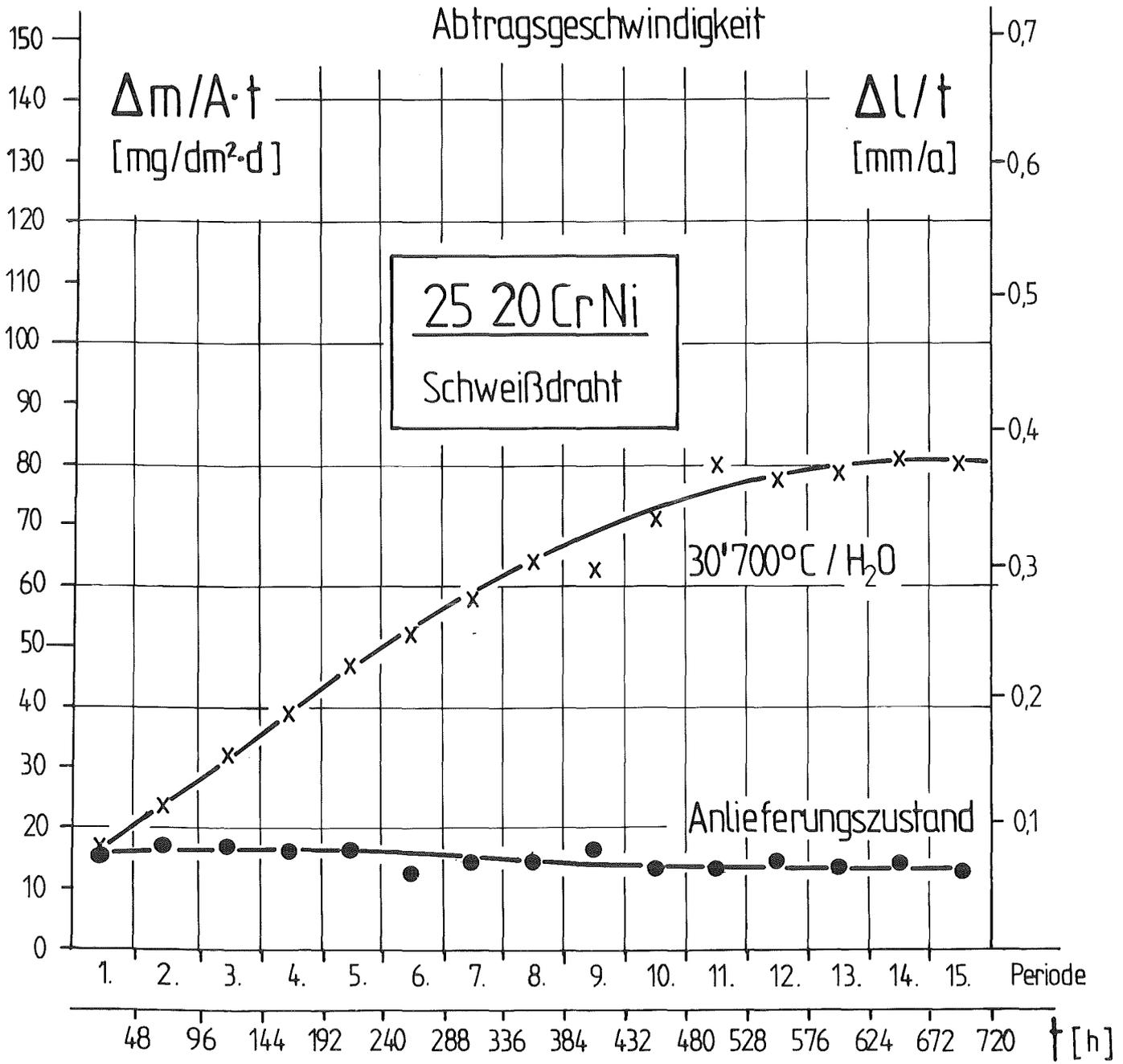
- /5/ Verein Deutscher Eisenhüttenleute,
 "Prüfung und Untersuchung der Korrosionsbeständigkeit von Stählen",
 Verlag Stahleisen, Düsseldorf 1973, S. 66/67

- /6/ H. Weingerl et al.,
 Werkst. Korr. 30 (1979) 804 - 809



Korrosionsuntersuchungen nach Huey (ASTM) an dem 25 20 CrNi-Stahl UHB 25 L, Blechmaterial, Hersteller: Uddeholm

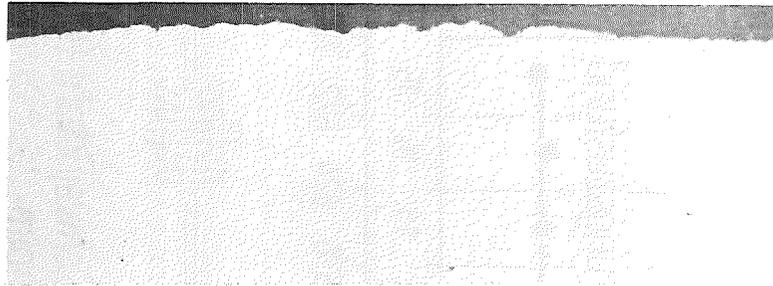
Abb.1



Korrosionsuntersuchungen nach Huey (ASTM) an Schweißdraht (Ø16 mm),
Werkstoff Nr. 1.4842, Ch.Nr. LK 8709, Hersteller: Uddeholm

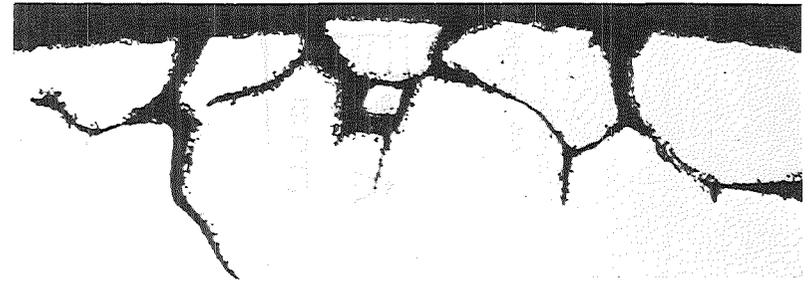
Abb. 2

Anlieferung

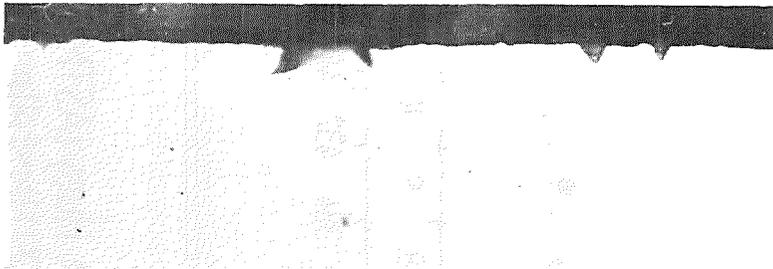


Ch.LK 7474

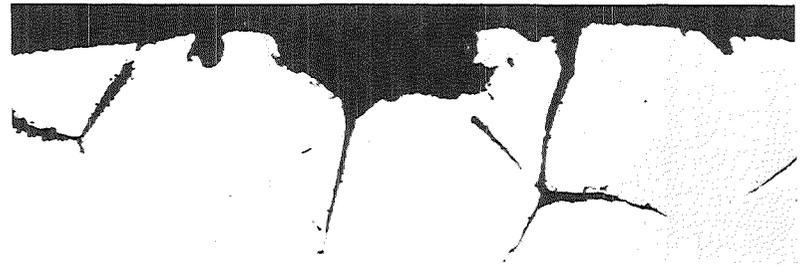
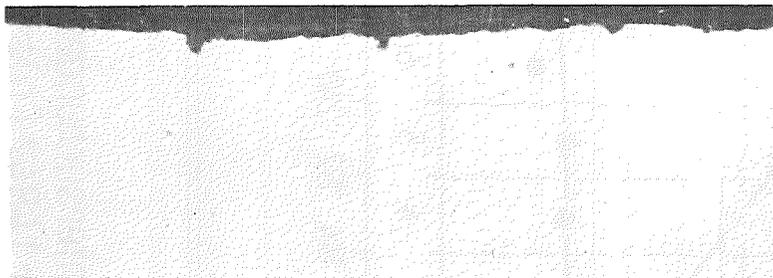
30min 700°C / H₂O



Ch. LU 9367



Muster-Probe



ungeätzt

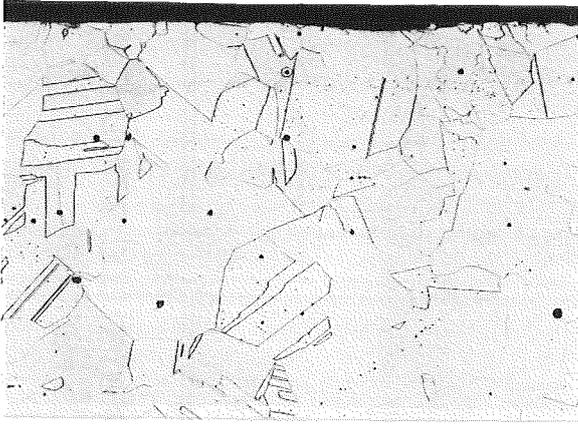
KfK

— = 20 μm

Abb. 3

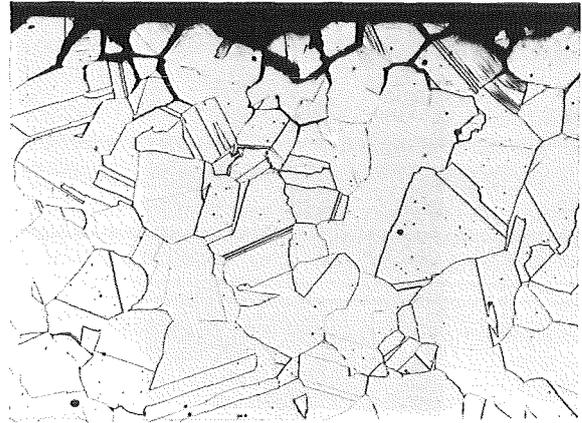
Korrosionsuntersuchungen nach Huey (ASTM) an verschiedenen Blechmaterialien des Werkstoffes UHB 25 L nach 15 Perioden

Anlieferungszustand

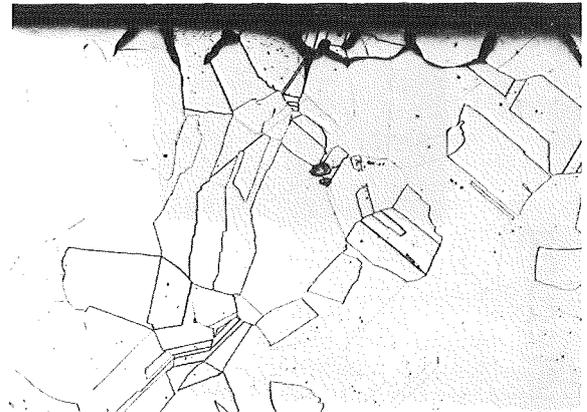
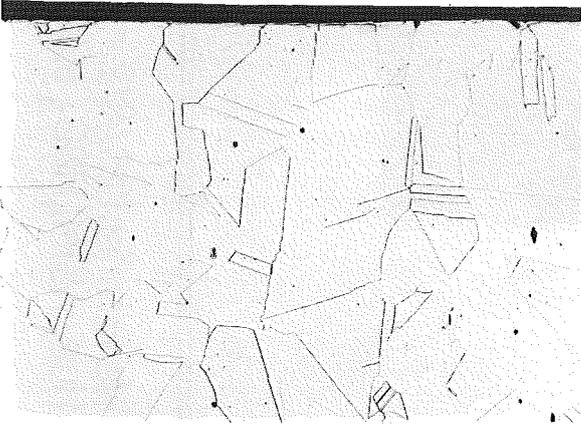


Charge LK 7474

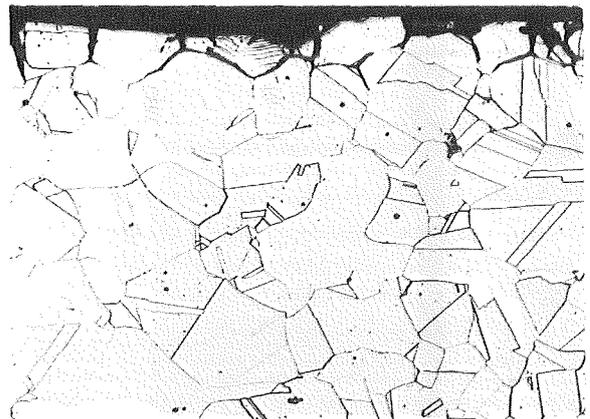
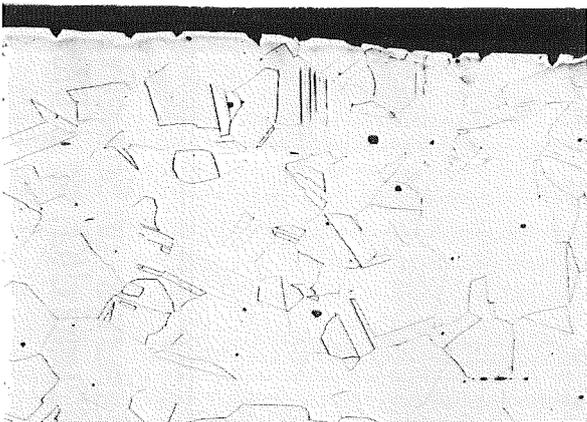
30 min 700°C / H₂O



Charge LU9367



Muster-Probe

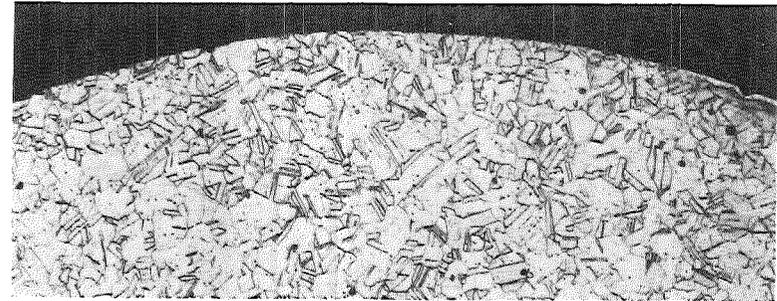
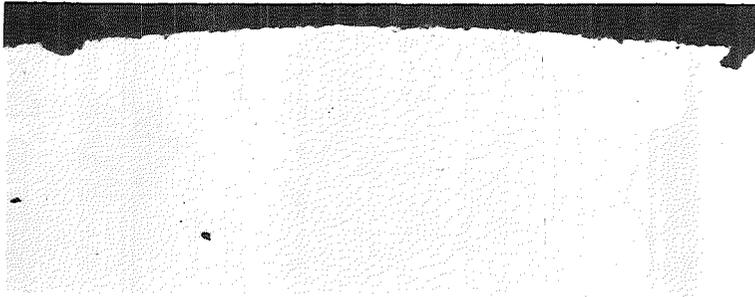


geätzt

— = 50 µm

KfK

Anlieferung



nach Sensibilisierung

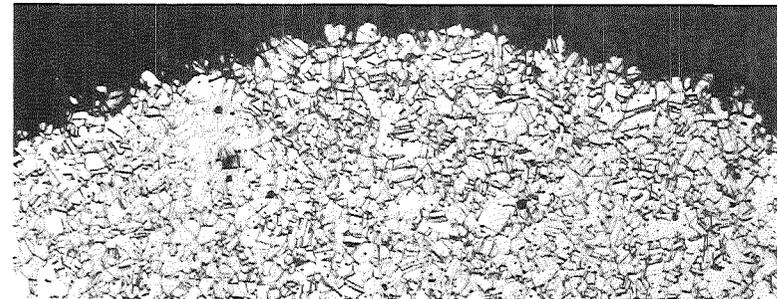
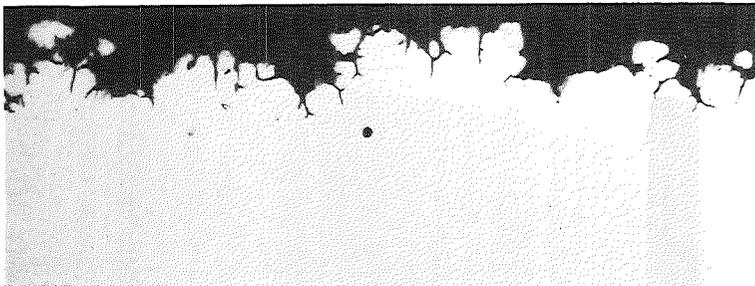


Abb. 5

—|— 20 μm

—|— 50 μm

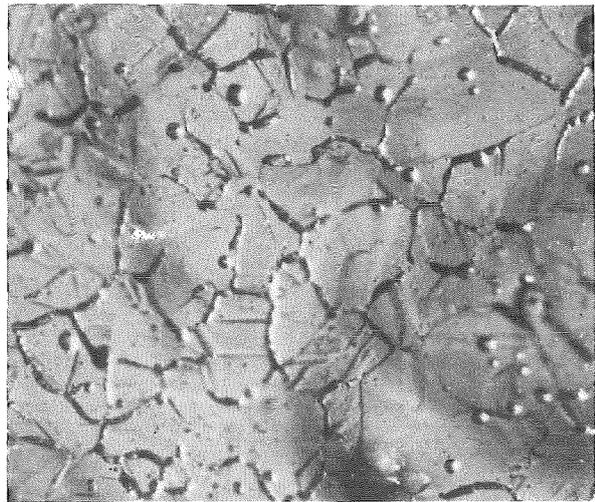
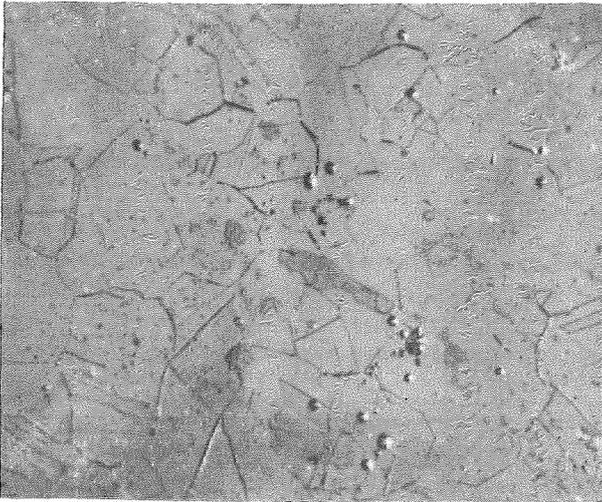


Korrosionsuntersuchungen an Schweißdraht des Werkstoffes Nr.14842 im angelieferten und sensibilisierten (30 min. 700°C / H₂O) Zustand (Ch. Nr: LK 8709) Huey (ASTM), HNO₃ 65%, 120°C, 15 Perioden.

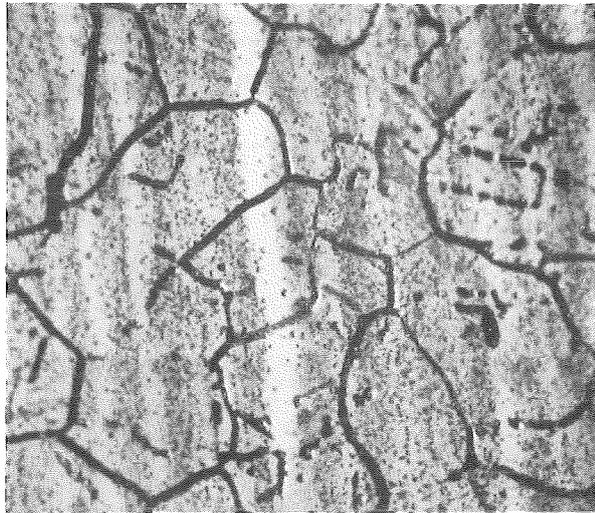
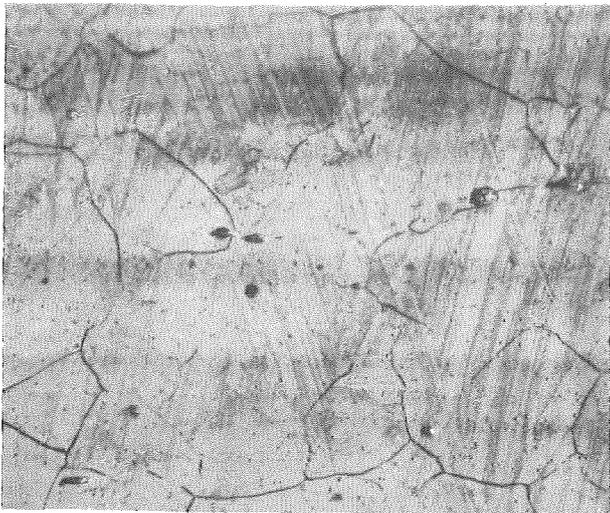
5 Perioden

— 23 —

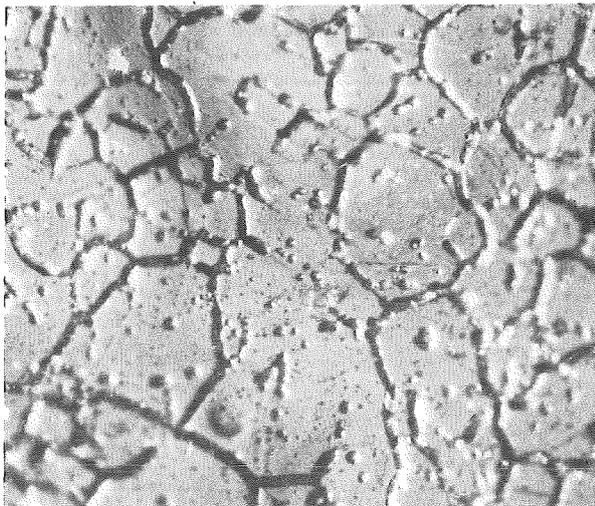
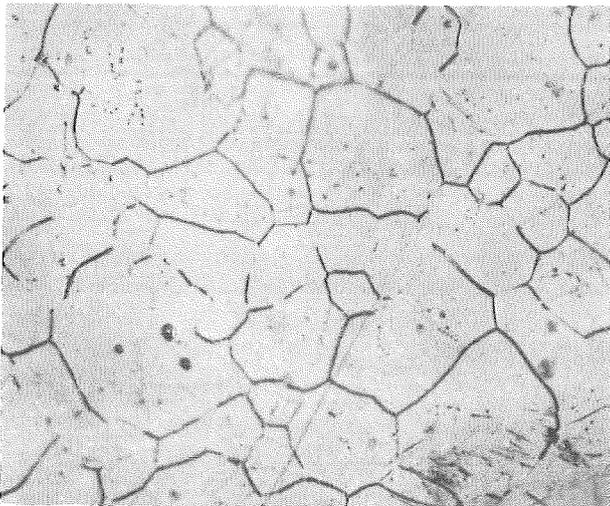
15 Perioden



Charge LK 7474



Charge LU 9367



Musterprobe



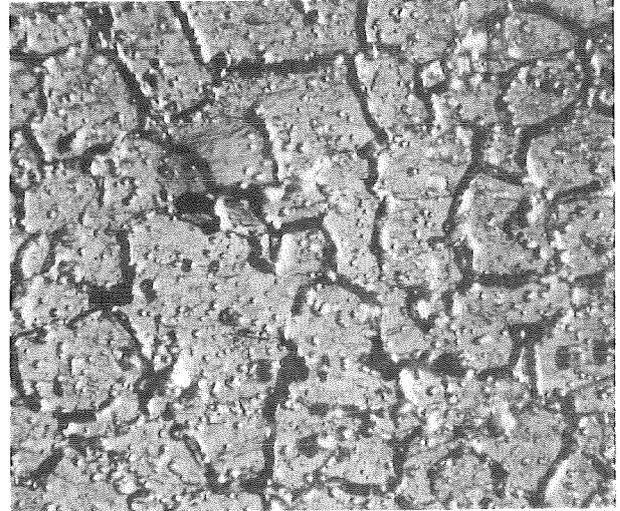
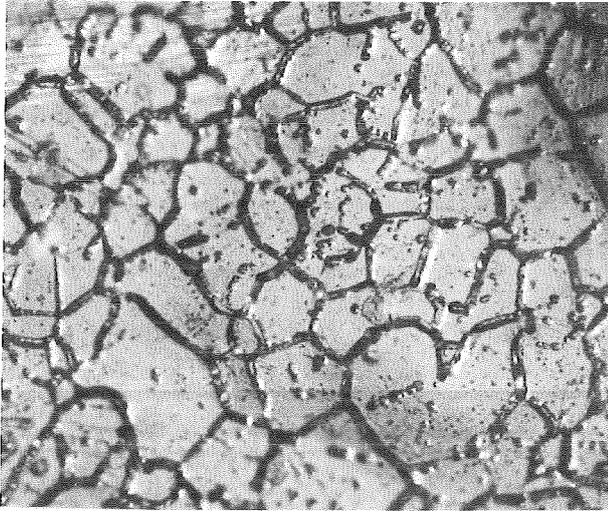
— = 50µm

Korrosionsuntersuchungen an verschiedenen Blechmaterialien des Werkstoffes UHB 25 L im Anlieferungszustand.
Huey (ASTM), HNO₃ 65%, 120°C, 5 u. 15 Perioden

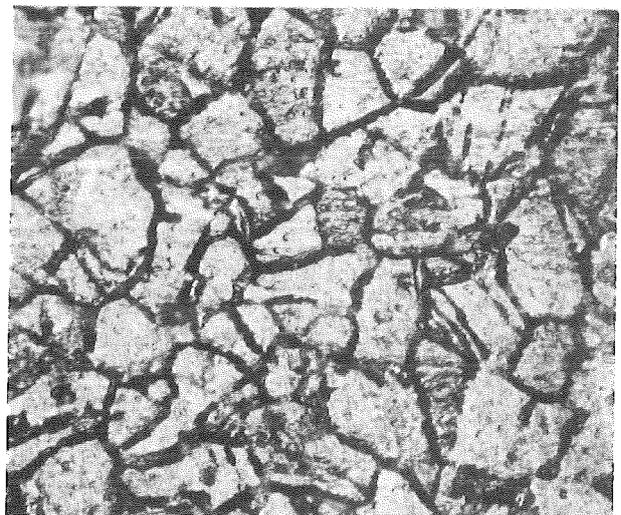
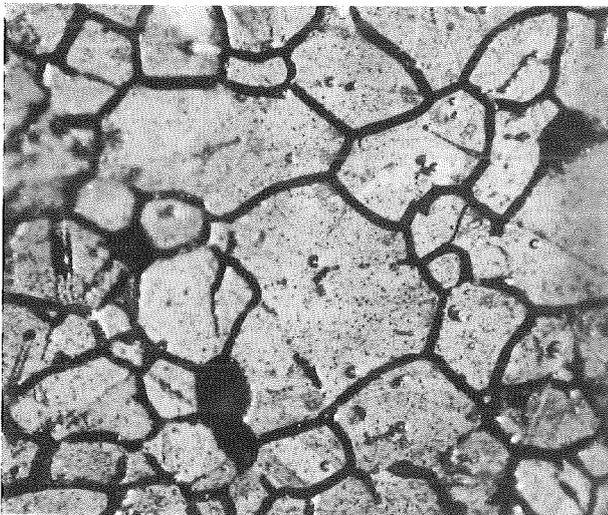
Abb. 6

Blechoberfläche

Stirnseite



Anlieferung



nach Sensibilisierung

—=50 μm

KIK

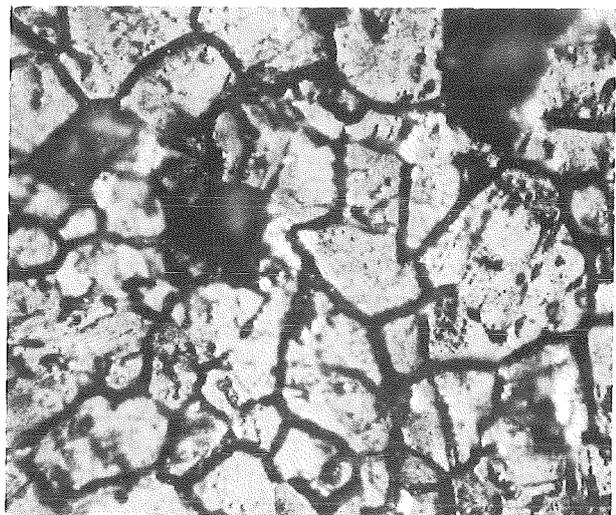
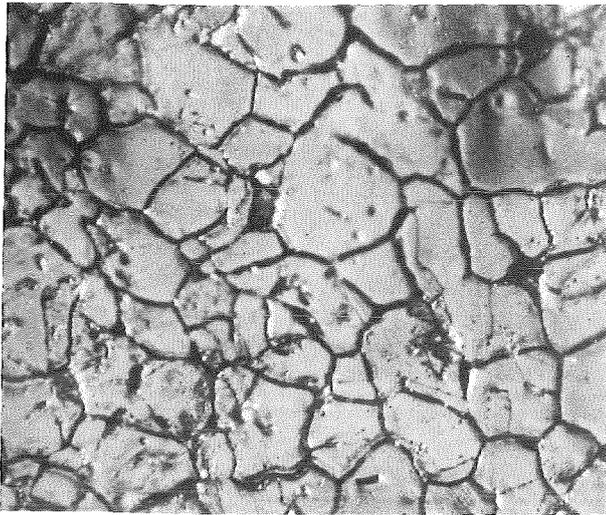
Abb. 7

Korrosionsuntersuchungen an Muster-Proben des Werkstoffes UHB 25L im angelieferten und sensibilisierten (30 min. 700°C / H₂O) Zustand Huey (ASTM) HNO₃ 65%, 120°C, 15 Perioden ; Verstärkter Angriff an den Stirnflächen

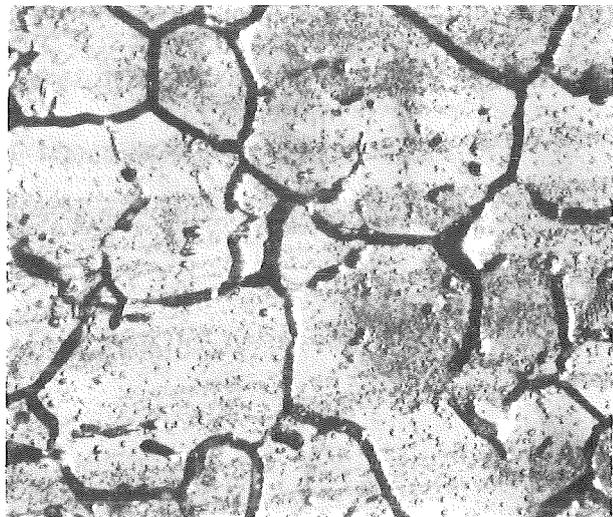
5 Perioden

— 25 —

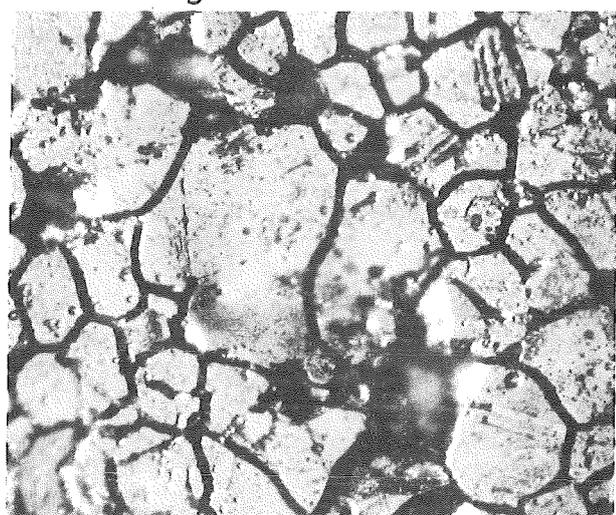
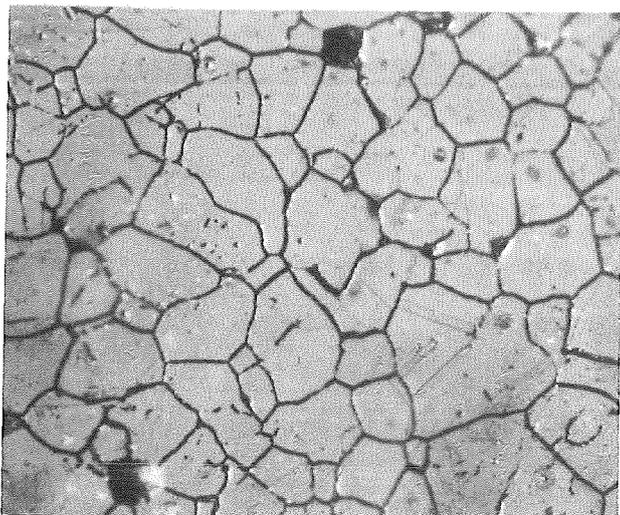
15 Perioden



Charge LK 7474



Charge LU 9367



Muster - Probe

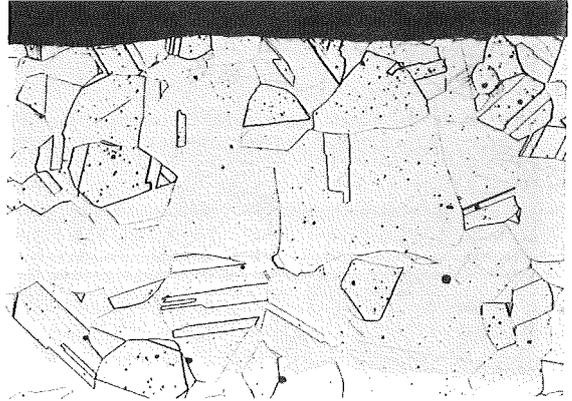
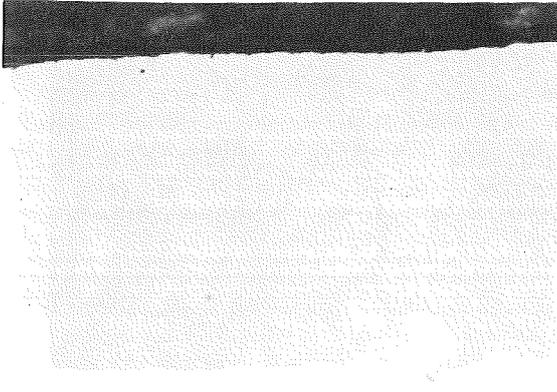


— = 50 μm

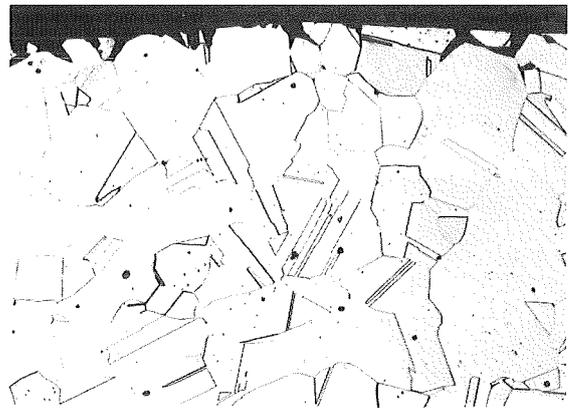
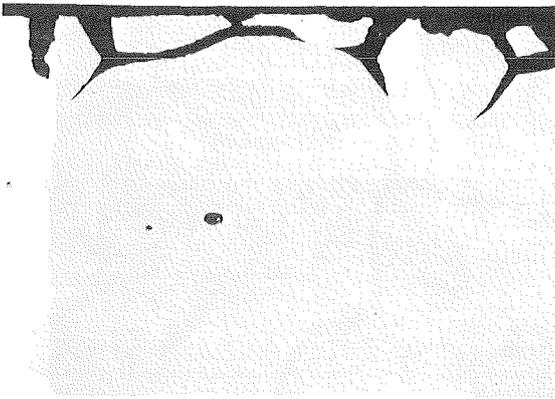
Abb. 8

Korrosionsuntersuchungen an verschiedenen Blechmaterialien des Werkstoffes UHB 25 L nach Sensibilisierung (30min, 700°C / H₂O) Huey (ASTM), HNO₃ 65% , 120° C , 5 u. 15 Perioden

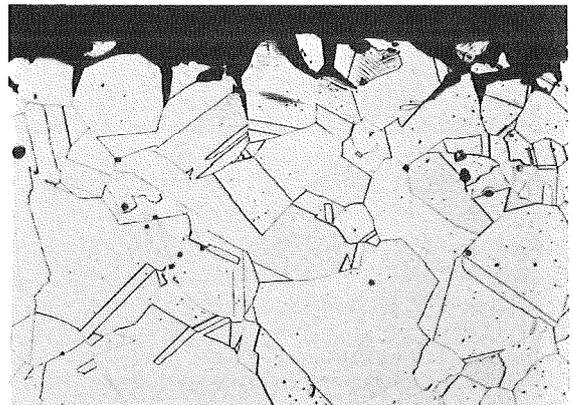
Anlieferung ohne Zusatz



Anlieferung +50 mg/l Cr⁶⁺



Anlieferung +100 mg/l Cr⁶⁺



ungeätzt — = 20 µm

geätzt — = 50 µm

kfk

Korrosionsuntersuchungen an Blechmaterial des Werkstoffes UHB 25L
(Ch.LK 7474) HNO₃ 65%, 120°C, Cr⁶⁺-Zusatz, 5 Perioden

Abb. 9

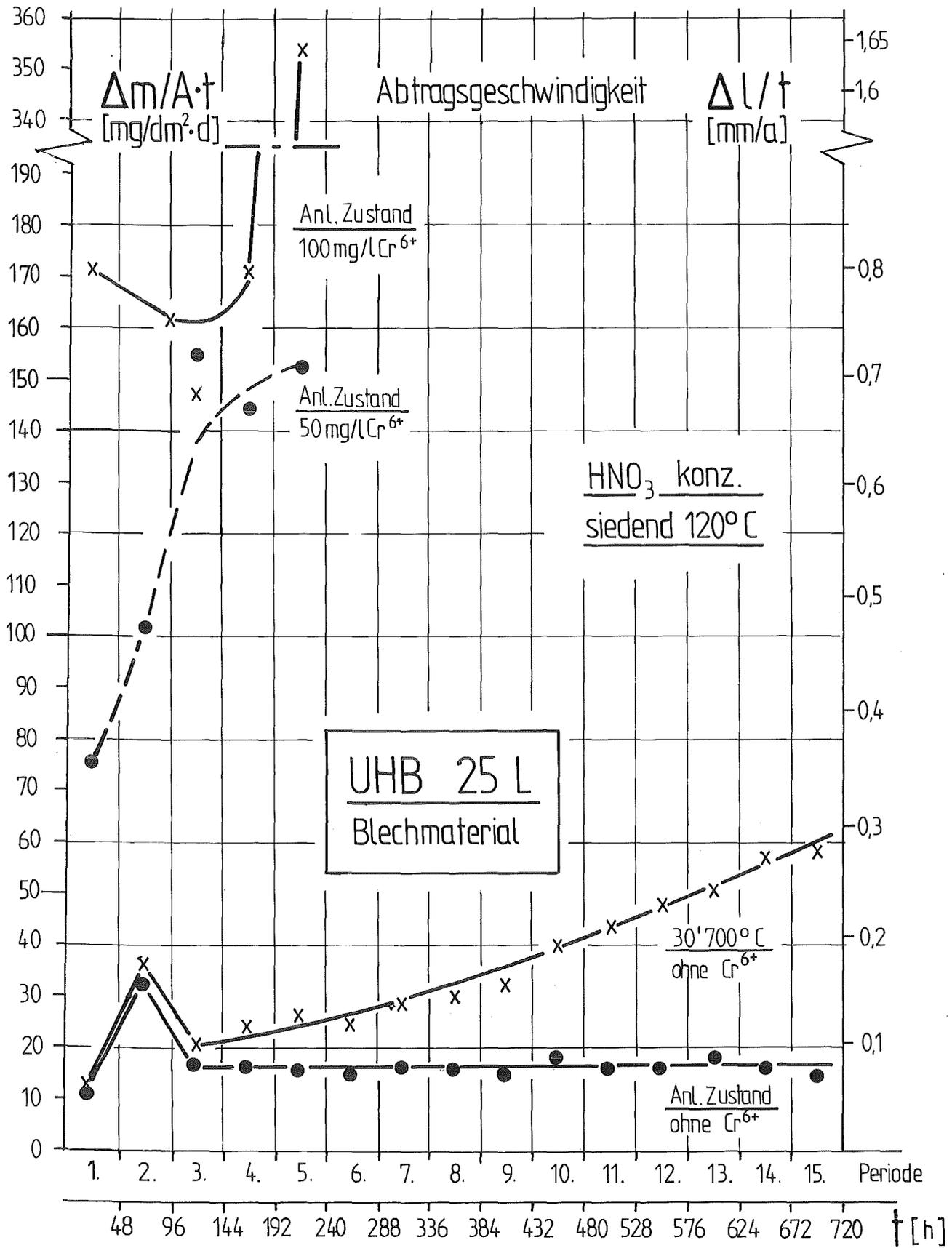
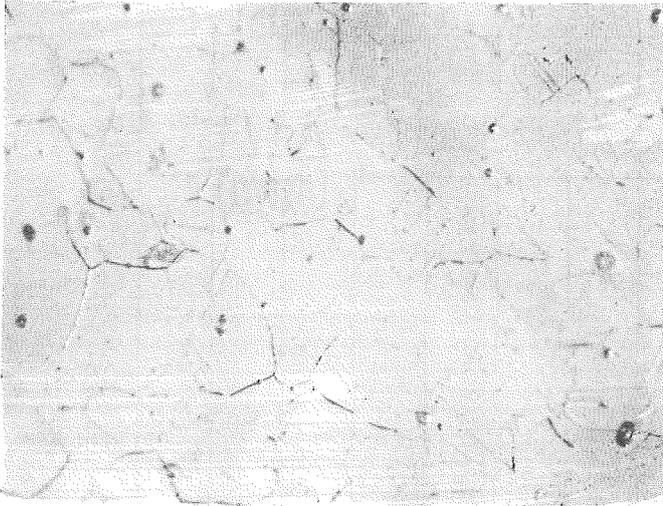
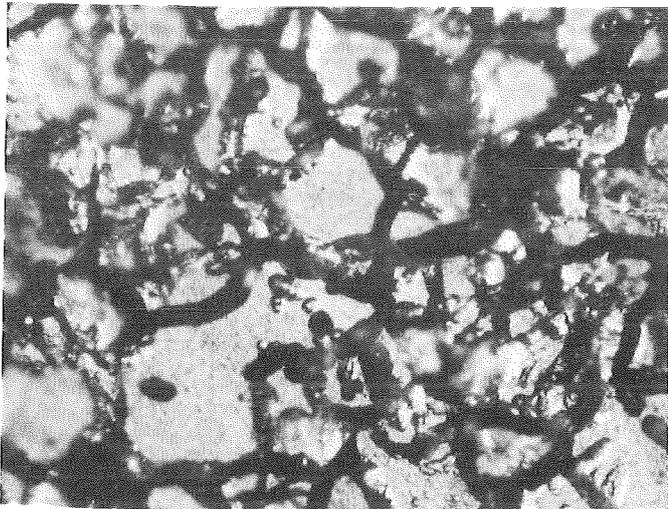


Abb. 10

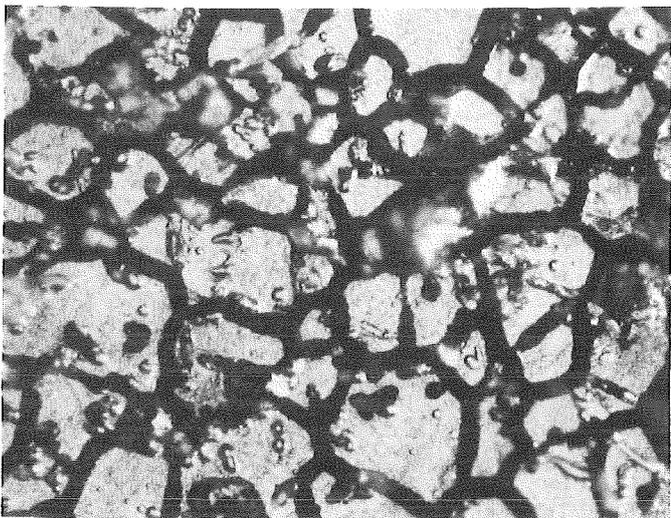
Korrosionsuntersuchungen nach Huey (ASTM) an dem 25 20Cr-Ni-Stahl UHB 25L, Blechmaterial 3mm, Ch.Nr. LK 7474, Hersteller: Uddeholm



ohne Zusatz



Zusatz
50 mg/l Cr⁶⁺



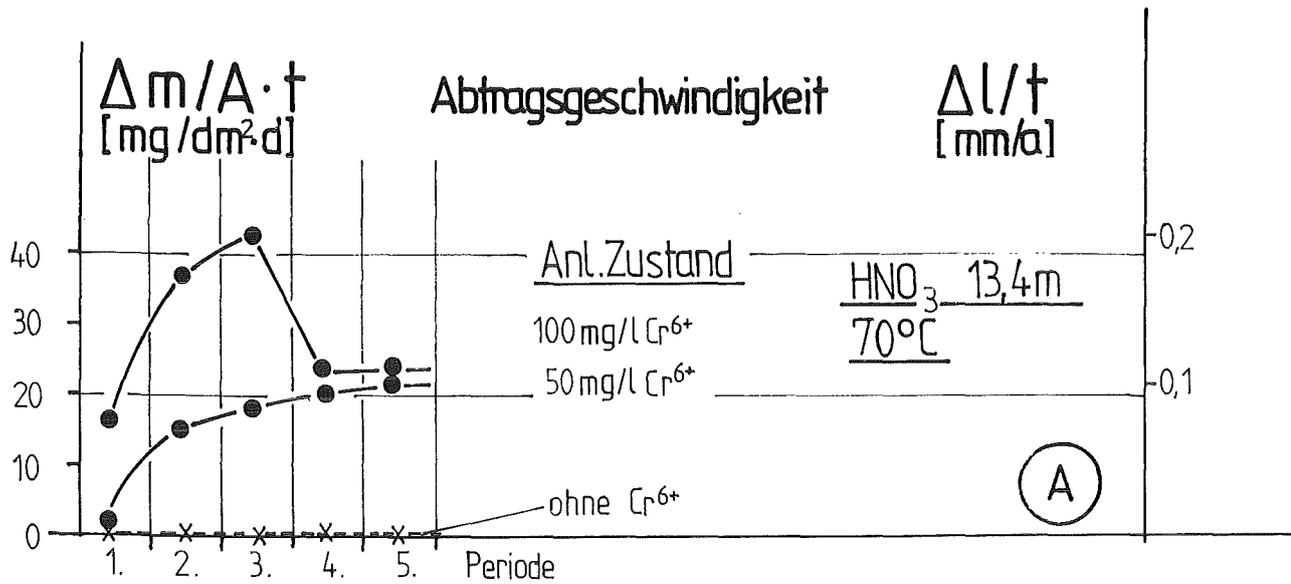
Zusatz
100 mg/l Cr⁶⁺

← 50 μm



Korrosionsuntersuchungen an Blechmaterial des Werkstoffes UHB 25L
(Ch. LK 7474) im Anlieferungszustand
HNO₃ 65%, 120°C, Cr⁶⁺-Zusatz, 5 Perioden

Abb. 11



**UHB 25 L
Blechmaterial**

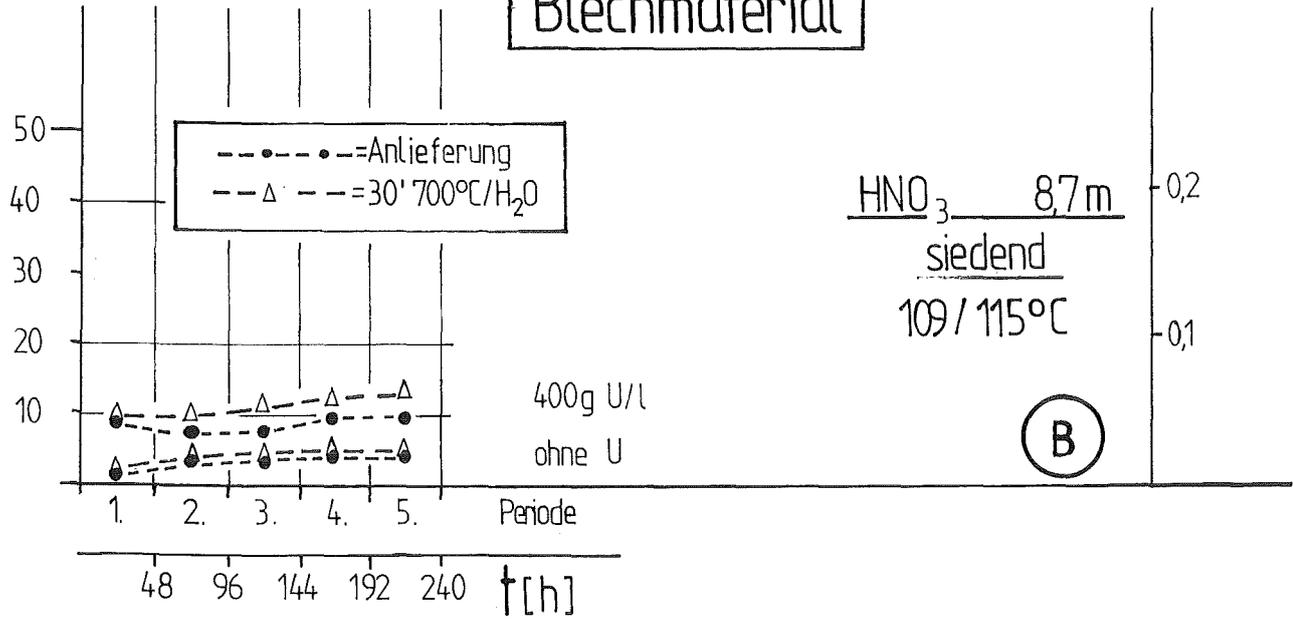


Abb.12



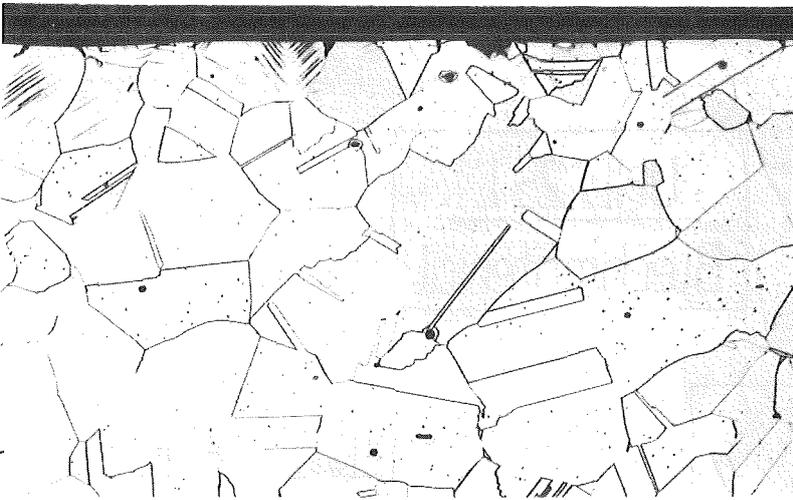
Korrosionsuntersuchungen in Salpetersäure an 3 mm Blechmaterial des 25 20 CrNi-Stahls UHB 25 L, Ch.Nr. LK7474, Hersteller: Uddeholm

(A) HNO_3 13,4m, 70°C
Cr⁶⁺, 5 Perioden

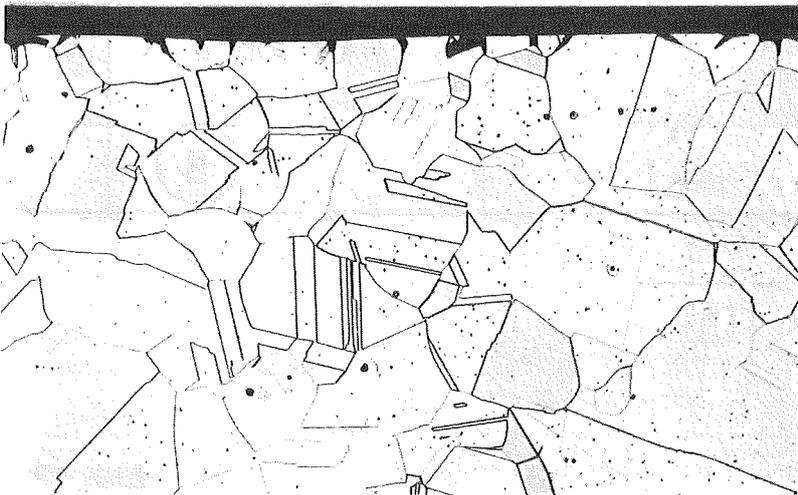
(B) HNO_3 8,7m, siedend
U⁶⁺, 5 Perioden



Anlieferung ohne Zusatz



Anlieferung + 50mg/l Cr⁶⁺



Anlieferung + 100mg/l Cr⁶⁺

— = 50 μm

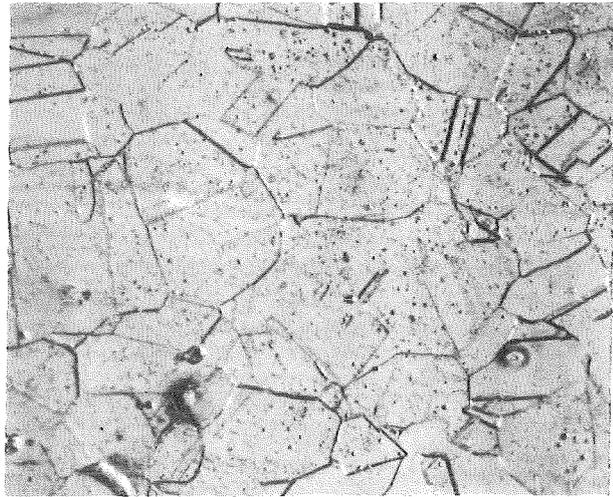
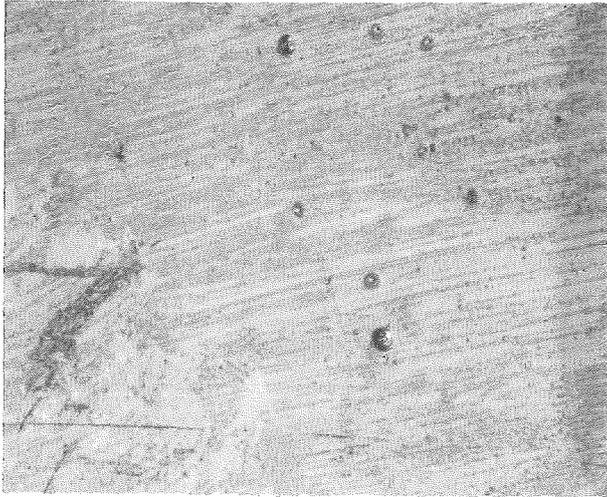


Korrosionsuntersuchungen an Blechmaterial des Werkstoffes UHB 25L
(Ch.LK 7474) HNO₃ 65%, 70°C, Cr⁶⁺-Zusatz, 5 Perioden

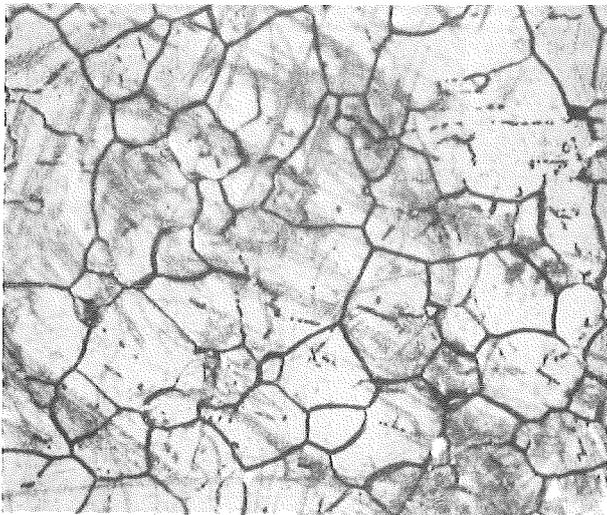
Abb. 13

Blech-Oberfläche

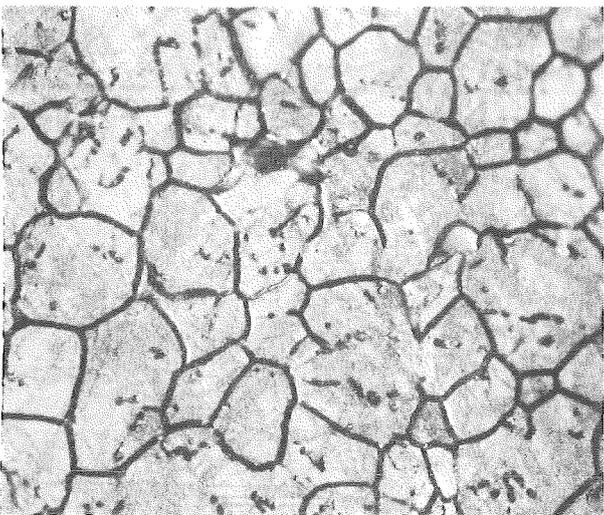
Blech-Stirnseite



ohne Zusatz



Zusatz
50 mg/l Cr⁶⁺

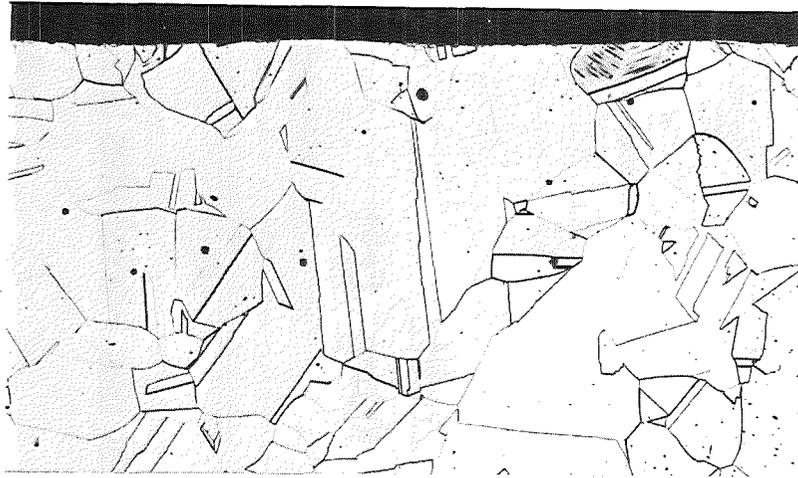


Zusatz
100 mg/l Cr⁶⁺

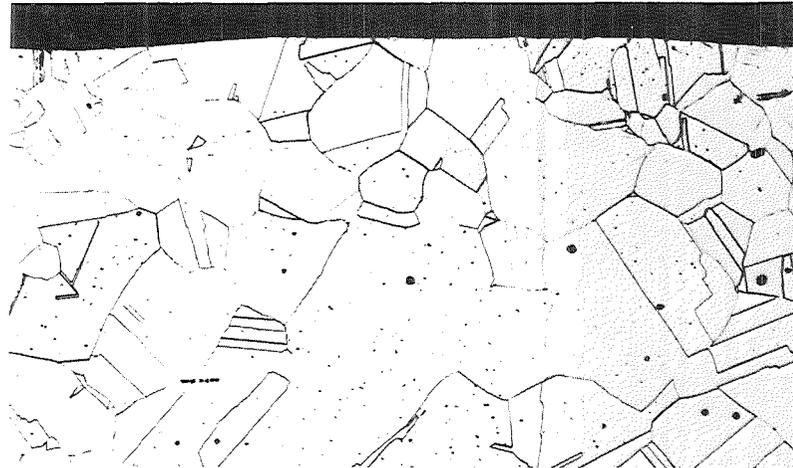
←→ = 50 μm



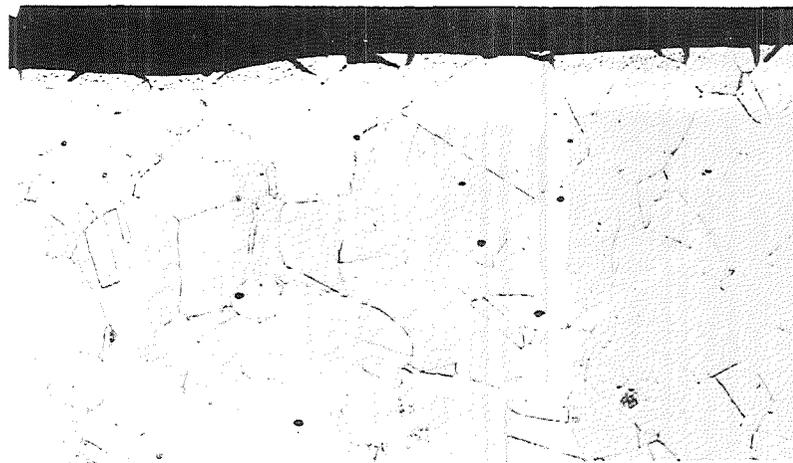
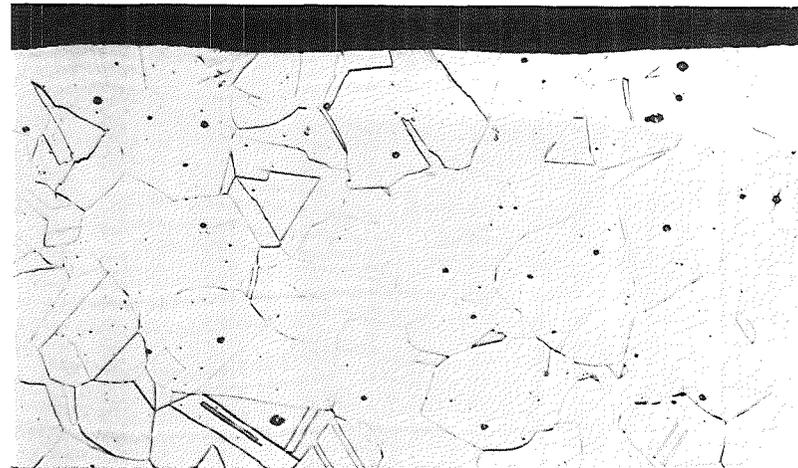
Anlieferung



nach Sensibilisierung (30 min, 700°C / H₂O)



ohne Zusatz



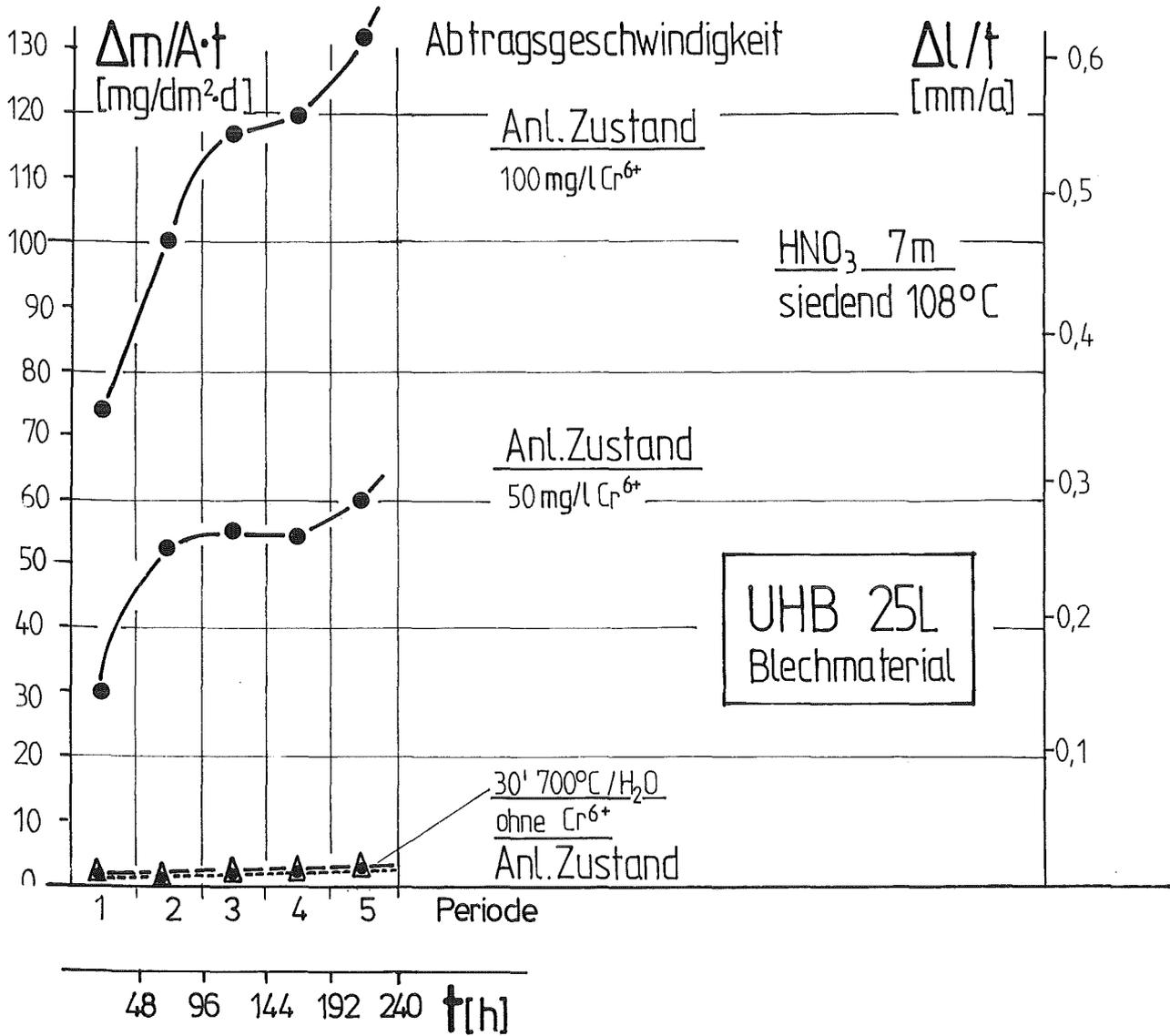
+400g U⁶⁺/l

→ = 50 μm

kfk

Korrosionsuntersuchungen an Blechmaterial des Werkstoffes UHB 25L (Ch.LK7474)
HNO₃ 8,7 m, siedend, Uranyl nitrat-Zusatz, 5 Perioden

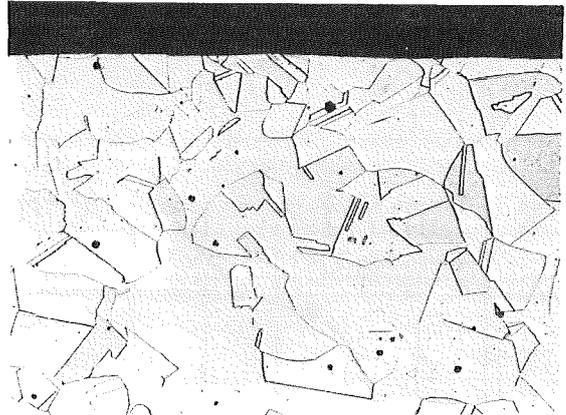
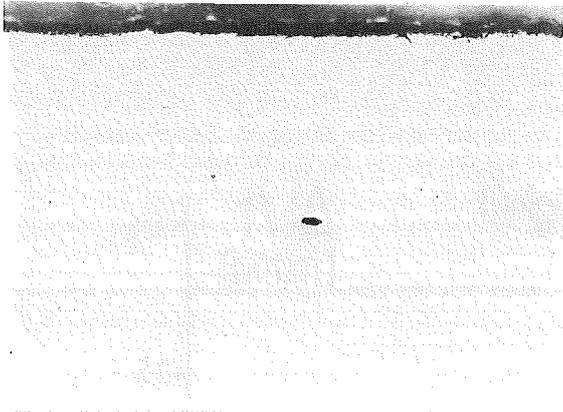
Abb. 15



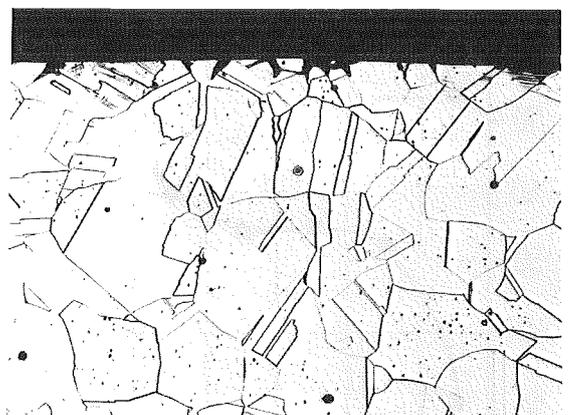
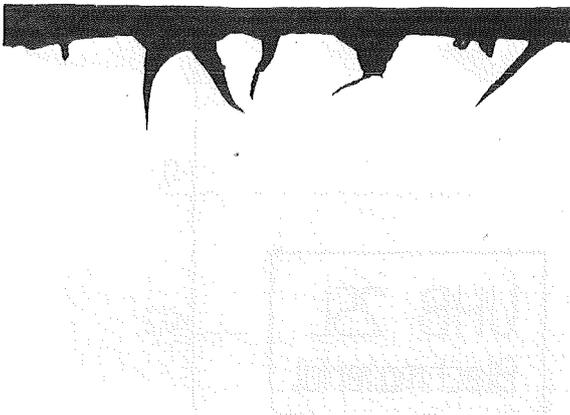
Korrosionsuntersuchungen in Salpetersäure an 3mm Blechmaterial des 25 20 CrNi-Stahls UHB 25 L, Ch.Nr. LK 7474, Hersteller: Uddeholm

Abb. 16

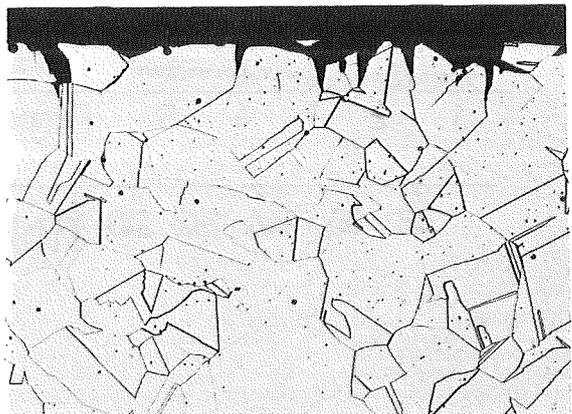
Anlieferung ohne Zusatz



Anlieferung +50 mg/l Cr⁶⁺



Anlieferung +100mg/l Cr⁶⁺



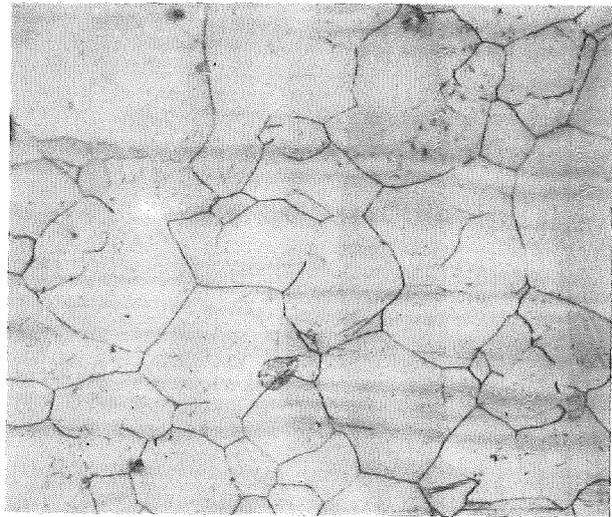
ungeätzt — = 20 μm

geätzt — = 50 μm

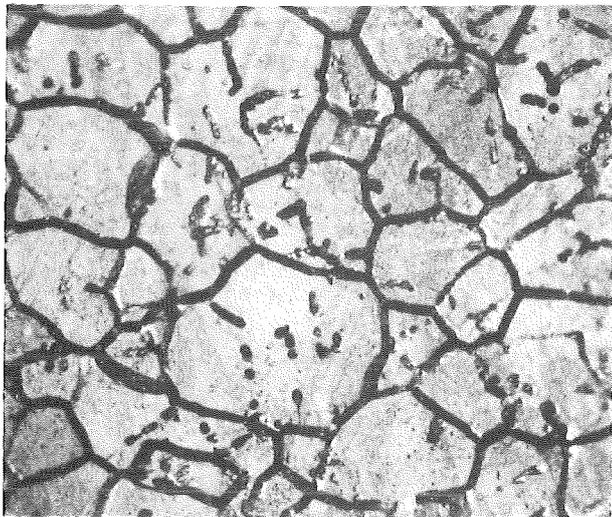


Anlieferung

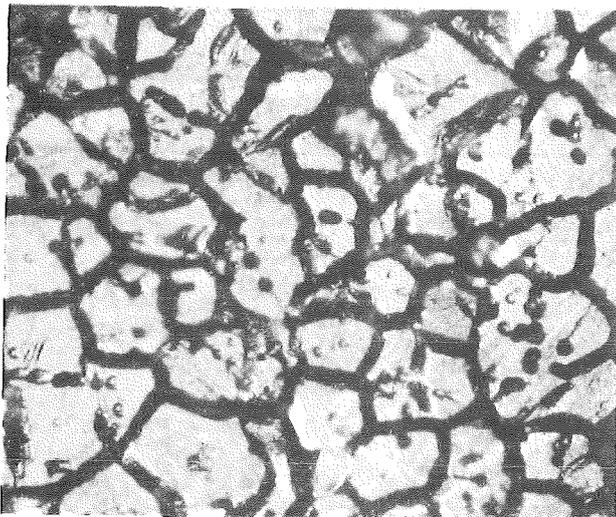
nach Sensibilisierung



ohne Zusatz



Zusatz
50 mg/l Cr⁶⁺



Zusatz
100 mg/l Cr⁶⁺

← 50µm



Korrosionsuntersuchungen an Blechmaterial des Werkstoffes UHB 25L
(Ch.LK 7474) im angelieferten und sensibilisierten (30 min. 700°C/H₂O) Zustand
HNO₃ 7m, 108°C, Cr⁶⁺-Zusatz, 5 Perioden

Abb. 18

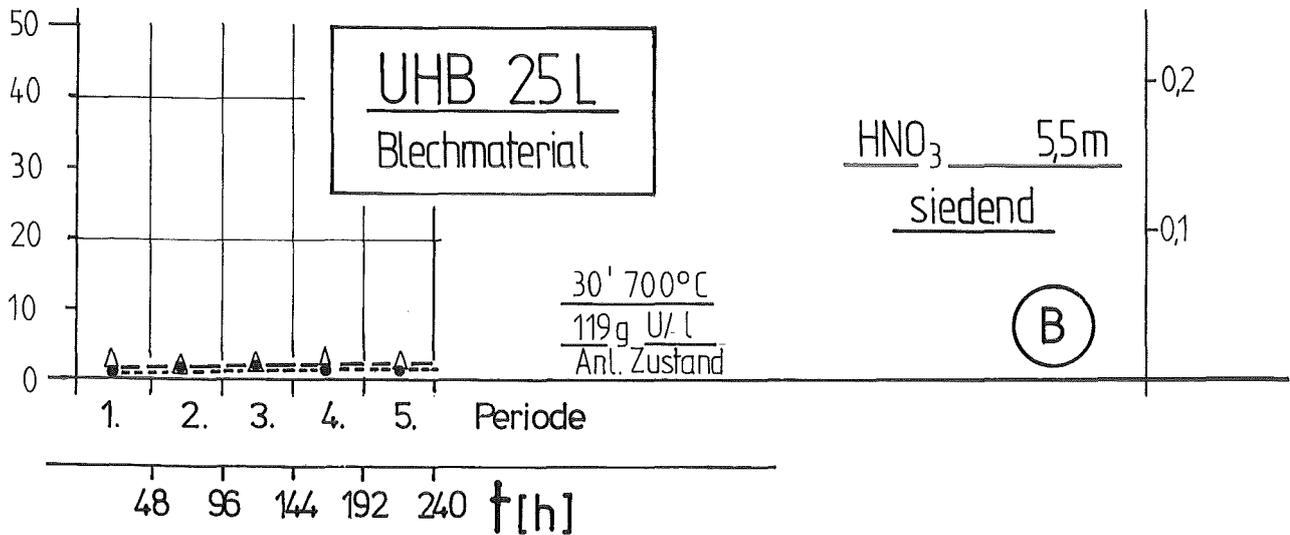
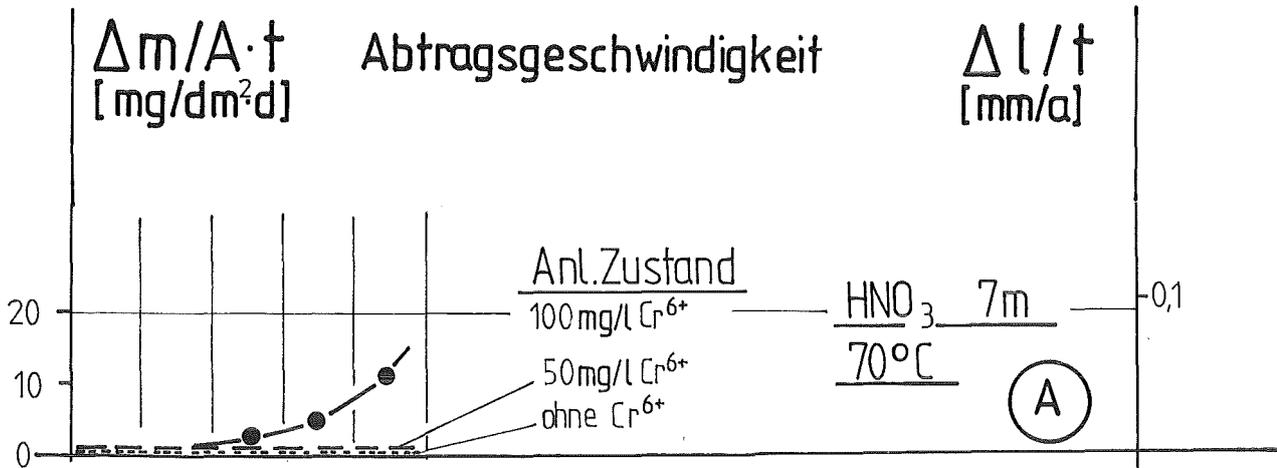


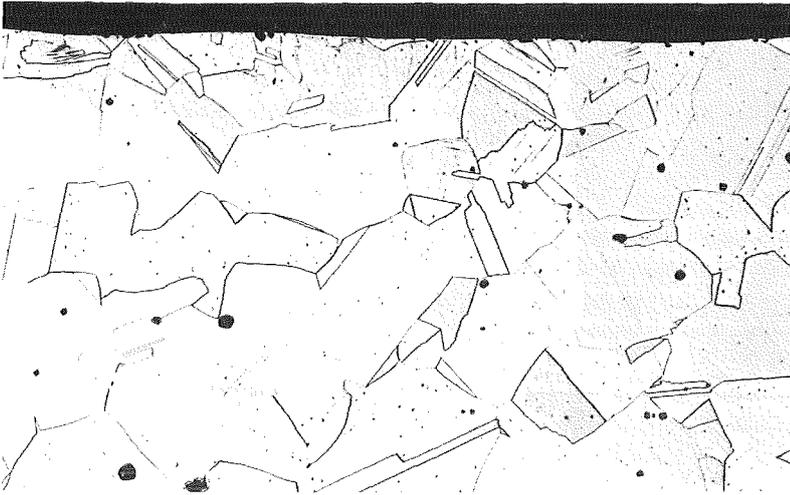
Abb.19



Korrosionsuntersuchungen in Salpetersäure an 3mm Blechmaterial des 25 20 CrNi-Stahls UHB 25L, Ch.Nr. LK 7474 Hersteller: Uddeholm

(A) HNO₃ 7m, 70°C
 Cr⁶⁺ 5 Perioden

(B) HNO₃ 5,5 m, siedend
 U⁶⁺, 5 Perioden



Anlieferung ohne Zusatz



Anlieferung + 50mg/l Cr⁶⁺



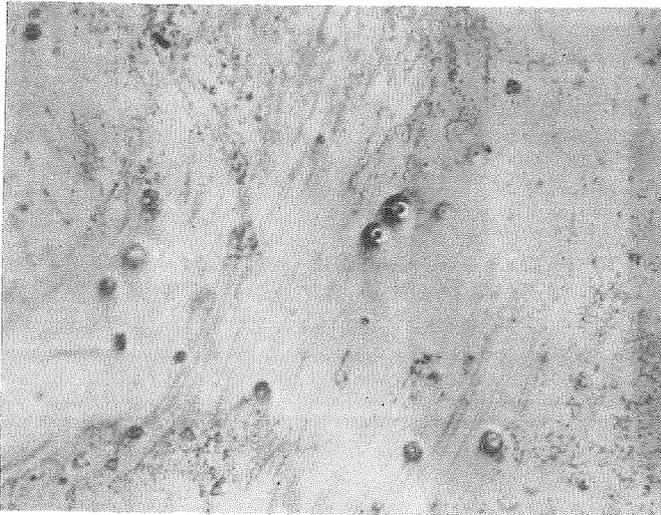
Anlieferung + 100mg/l Cr⁶⁺

— = 50 µm

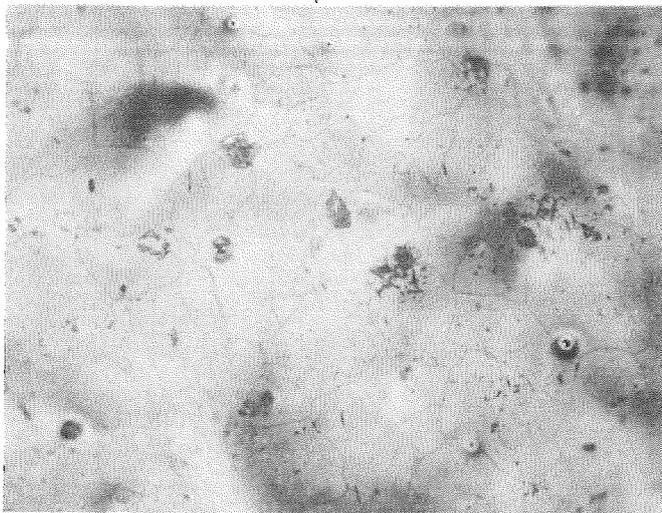


Korrosionsuntersuchungen an Blechmaterial des Werkstoffes UHB 25L
(Ch.LK 7474) HNO₃ 7m, 70°C, Cr⁶⁺-Zusatz, 5 Perioden

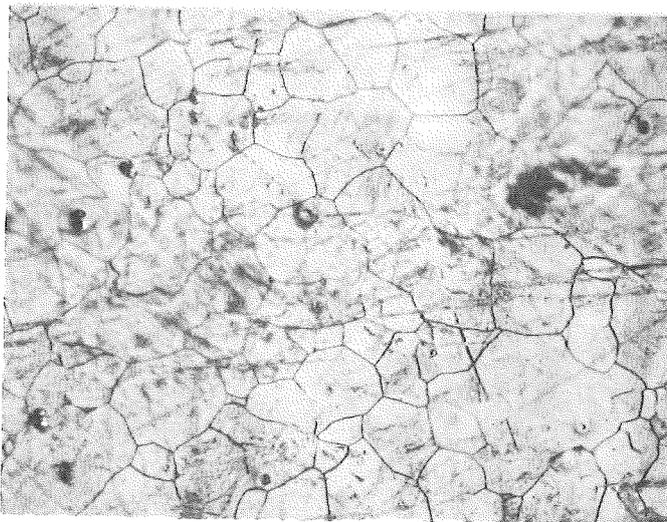
Abb. 20



ohne Zusatz



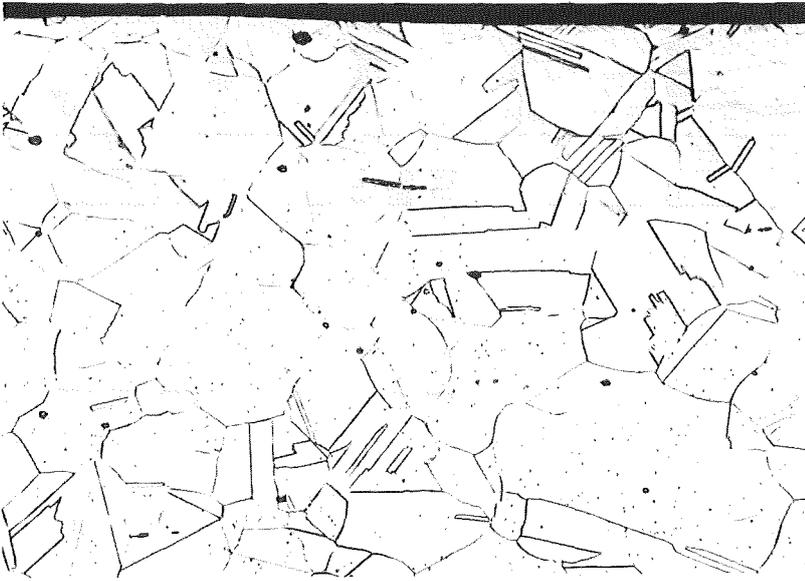
Zusatz
50 mg/l Cr⁶⁺



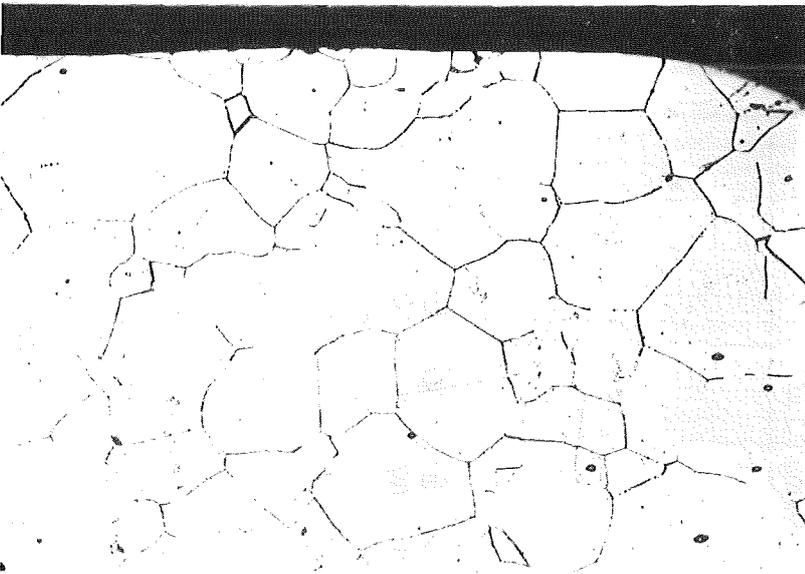
Zusatz
100 mg/l Cr⁶⁺

— 50µm

KfK



Anlieferung +119g U⁶⁺/l



30 min 700°C / H₂O + 119g U⁶⁺/l

—→ = 50 μm

KJK

Korrosionsuntersuchungen an Blechmaterial des Werkstoffes UHB 25 L
(Ch. LK 7474) HNO₃ 5,5 m, siedend, Uranyl nitrat-Zusatz, 5 Perioden

Abb. 22

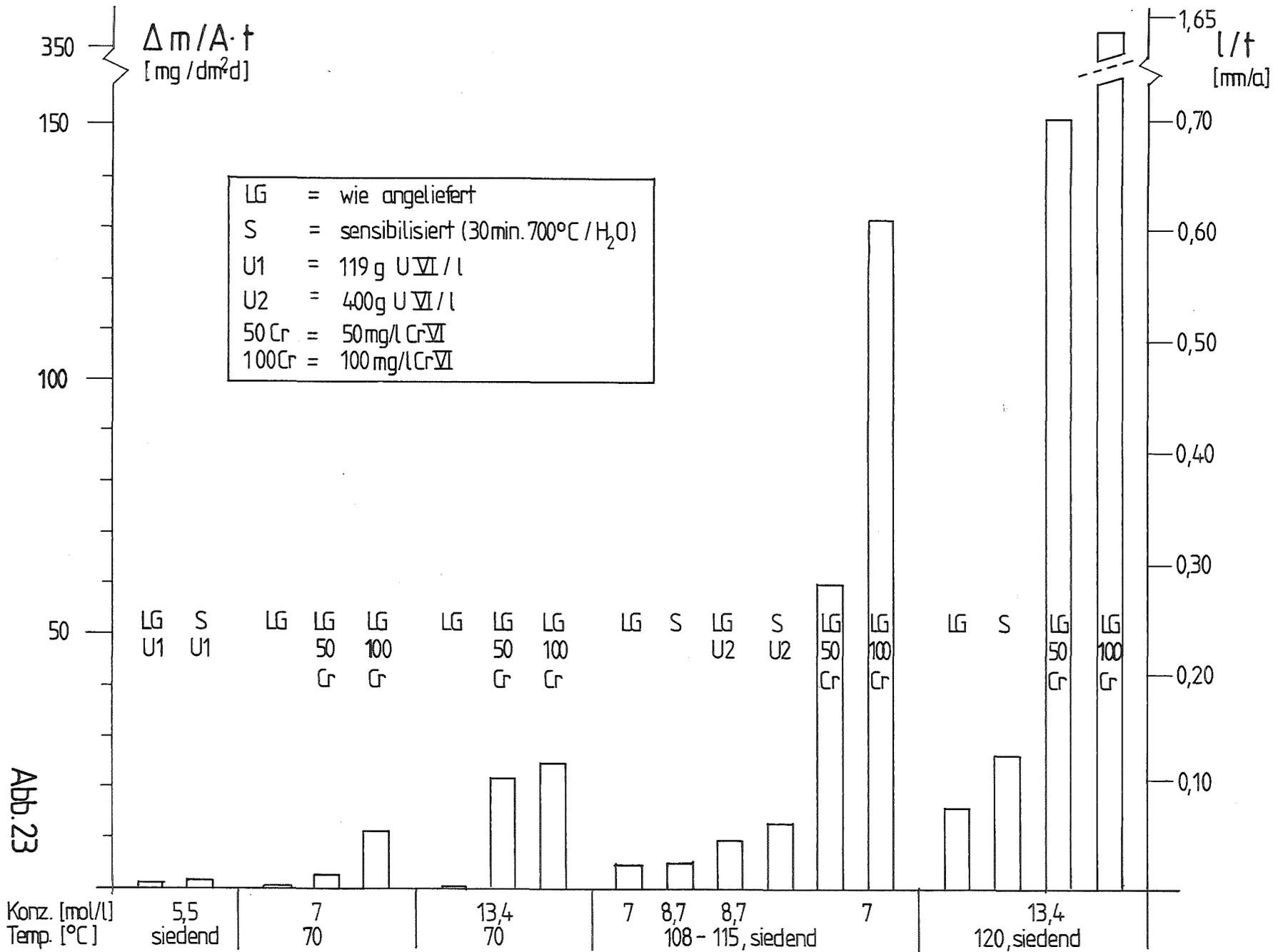


Abb. 23 Korrosion des Werkstoffs UHB 25L in Salpetersäure und salpetersauren Lösungen (5 Perioden)