

VDM® Crofer 22 APU

Crofer 22 APU* ist ein ferritischer Hochtemperatur Edelstahl der speziell für den Einsatz in Brennstoffzellen konzipiert wurde.

Bei Temperaturen bis 900 °C bildet sich an der Oberfläche dieser Legierung eine Deckschicht aus Chrom-Mangan-Oxid mit großer thermodynamischer Stabilität und guter elektrischer Leitfähigkeit aus. Der Wärmeausdehnungskoeffizient des Werkstoffs ist über den gesamten Temperaturbereich an diejenigen der typischerweise in Hochtemperaturbrennstoffzellen eingesetzten Keramiken angepasst.

Crofer 22 APU ist charakterisiert durch:

- Gute Hochtemperaturbeständigkeit in Anoden- und Kathodengas
- Geringe Chrom-Verdampfungsrate
- Gute Verarbeitbarkeit
- Geringer Ausdehnungskoeffizient
- Gute elektrische Leitfähigkeit der Oxidschicht

Bezeichnungen und Normen

Land	Werkstoffbezeichnung	Spezifikation			
		Chemische Zusammensetzung	Blech	Band	Draht
Normung					
D	W.-Nr. 1.4760 X1CrTiLa22				
DIN EN					
USA	UNS S44535				
ASTM		A 240	A 240		

Tabelle 1 - Bezeichnungen und Normen.

Chemische Zusammensetzung

	Cr	Fe	C	Mn	Si	Cu	Al	S	P	Ti	La
min.	20,0	Rest		0,30						0,03	0,04
max.	24,0		0,03	0,80	0,50	0,50	0,50	0,020	0,050	0,20	0,20

Tabelle 2 – Chemische Zusammensetzung (Gew.-%).

* Crofer® 22 APU (APU = Auxiliary Power Unit) wird unter Lizenz des Forschungszentrums Jülich gefertigt.

Physikalische Eigenschaften

Typische physikalische Eigenschaften

Dichte	7,7 g/cm ³
Schmelztemperatur	1510 (Solidus) – 1530 °C (Liquidus)

Temperatur (T) °C	Spezifische Wärme $\frac{J}{kg \cdot K}$	Wärmeleitfähigkeit $\frac{W}{m \cdot K}$	Elektrischer Widerstand $\mu\Omega \cdot cm$	Elastizitätsmodul $\frac{kN}{mm^2}$	Ausdehnungskoeffizient von 20 °C bis T $\frac{10^{-6}}{K}$
25	470	26	55	220	
200	520	23	70	210	10,3
400	610	23	90	195	10,8
500				183	11,2
600			105		11,4
700					11,6
800	660	24	115		11,9
900					12,3
1000	650	27	120		12,7

Tabelle 3 – Typische physikalische Eigenschaften bei Raum- und erhöhten Temperaturen.

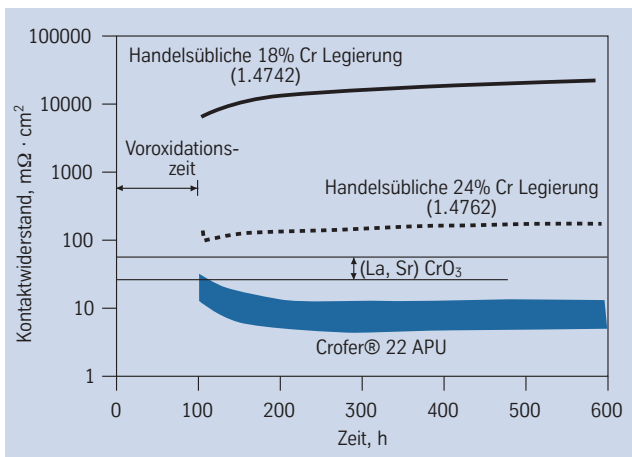


Abb. 1 zeigt den Kontaktwiderstand von Crofer 22 APU über die Zeit bei 800 °C in Luft. Der Kontaktwiderstand von Crofer 22 APU erweist sich dabei um eine Größenordnung niedriger als derjenige herkömmlicher ferritischer Edelstähle vom Typ 446 (1.4762). Verursacht wird dies beim Crofer 22 APU durch die Bildung einer schützenden Deckschicht mit guter elektrischer Leitfähigkeit, ohne Bildung einer SiO₂ Zwischenschicht, die nur geringe elektrische Leitfähigkeit besitzt.

Abb. 1 – Kontaktwiderstand in Luft bei 800 °C von verschiedenen in Brennstoffzellen eingesetzten Legierungen.
(Nach Quadackers et al., Forschungszentrum Jülich)

Mechanische Eigenschaften

0,2% Streckgrenze $R_{p0,2}$	Zugfestigkeit R_m	Bruchdehnung A_{50}	Härte HRB
MPa	MPa	%	(Nur informativ)
≥ 250	≥ 350	$\geq 20^* / \geq 25^{**}$	70 – 90
Dicke: *0,25 – 0,38 mm / ** $\geq 0,38$ mm			

Tabelle 4 - Mechanische Mindestwerte im weichgeglühten Zustand für alle Produkte bei Raumtemperatur.

Produkt	0,2% Streckgrenze $R_{p0,2}$	Zugfestigkeit R_m	Bruchdehnung A_{50}
	MPa	MPa	%
Blech	270	370	30
Band	320	450	30
Draht	350	500	15

Tabelle 5 - Typische mechanische Eigenschaften für unterschiedliche Produktformen bei Raumtemperatur.

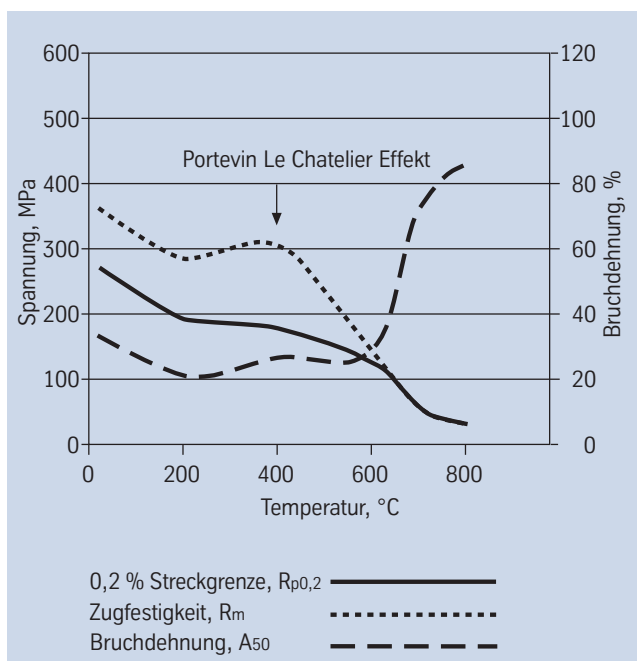


Abb. 2 - Typische mechanische Kurzzeit-Eigenschaften von 22 mm weichgeglühtem Crofer® 22 APU Blech bei höheren Temperaturen.

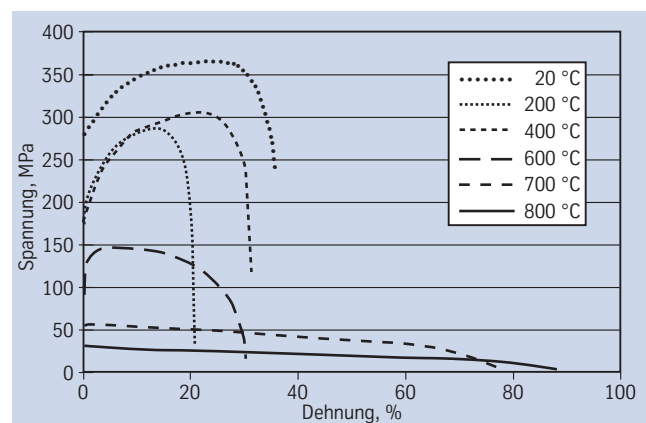


Abb. 3 - Spannung-Dehnungs-Schaubild für Crofer® 22 APU bei verschiedenen Temperaturen.

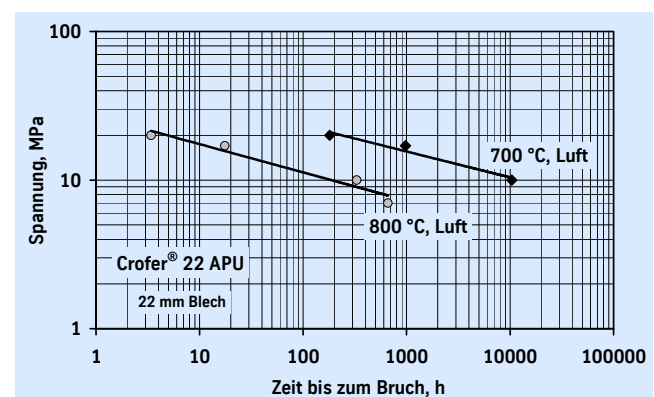


Abb. 4 - Typische Zeitstandfestigkeiten von weich geblühtem Crofer® 22 APU aus der laufenden Produktion. (Nach B. Kuhn et al., Forschungszentrum Jülich)



Korrosionsbeständigkeit

Crofer 22 APU weist eine hervorragende Korrosionsbeständigkeit bis 900 °C in Gasatmosphären auf, die bei SOFC Anwendungen auftreten. Die Oxidschicht des Crofer 22 APU setzt sich aus einer feinkörnigen inneren Zunderschicht, die hauptsächlich aus Cr₂O₃ besteht, und einer aus säulenförmigen (Mn, Cr)₃O₄ Spinellen bestehenden äußeren Zunderschicht zusammen.

Die Chromverdampfung wird sehr effektiv durch die äußere Zunderschicht reduziert, wie in Abb. 5 dargestellt.

Die Abbildungen 6 bis 9 zeigen die Korrosionsbeständigkeit von Crofer 22 APU in für SOFC Anwendungen relevanten Gasatmosphären bei 800 °C und 900 °C.

Im Vergleich zur ersten großtechnischen Charge wurde der Anteil der Verunreinigungen bei allen weiteren Chargen eingeschränkt. Dies hat, wie deutlich aus den Abbildungen 6 bis 9 für mehrere großtechnische Chargen ersichtlich ist, zu einer außerordentlichen Verbesserung des Oxidationsverhaltens geführt. Diese Untersuchungen erfolgten an Blechmuster im Dickenbereich von 1,5 bis 2,0 mm.

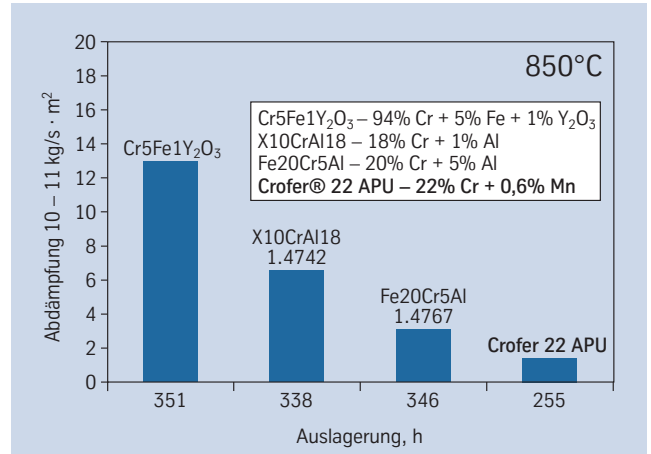


Abb. 5 - Chromverdampfung für mehrere Legierungen in feuchter, synthetischer Luft mit 2% H₂O (2 x 10³ Pa) bei 850 °C. (Nach Hilpert, Gindorf et al., Forschungszentrum Jülich)

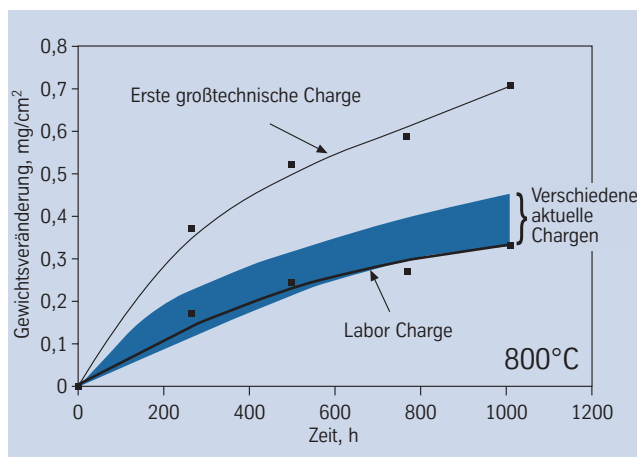


Abb. 6 - Gewichtsveränderung während diskontinuierlicher Oxidationsversuche (250 Stunden Zyklen) einer Labor- und großtechnisch hergestellter Crofer® 22 APU Chargen in Luft bei 800 °C. (Nach Quadackers et al., Forschungszentrum Jülich)

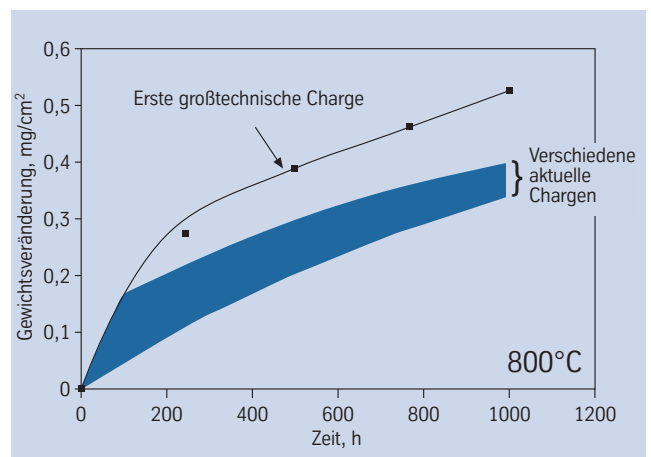


Abb. 7 - Gewichtsveränderung während diskontinuierlicher Oxidationsversuche (100 Stunden Zyklen mit Ausnahme der ersten großtechnischen Charge, wo 250 Stunden Zyklen verwendet wurden) großtechnischer hergestellter Crofer® 22 APU Chargen in simuliertem Anodengas (Ar + 4% H₂ + 2% H₂O) bei 800 °C. (Nach Quadackers et al., Forschungszentrum Jülich)

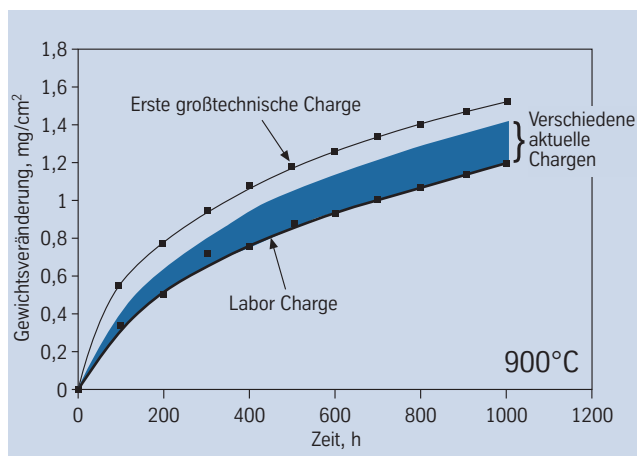


Abb. 8 - Gewichtsveränderung während diskontinuierlicher Oxidationsversuche (100 Stunden Zyklen) einer Labor- und großtechnisch hergestellter Crofer® 22 APU Chargen in simuliertem Anodengas (Ar + 4% H₂ + 20% H₂O) bei 900 °C. (Nach Quadackers et al., Forschungszentrum Jülich)

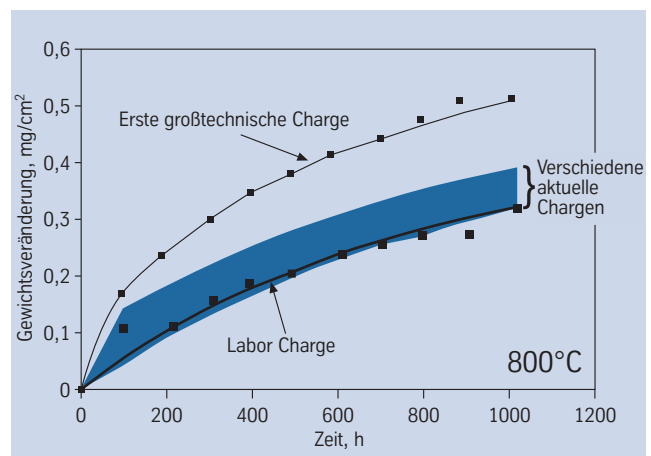


Abb. 9 - Gewichtsveränderung während diskontinuierlicher Oxidationsversuche (100 Stunden Zyklen) einer Labor- und großtechnisch hergestellter Crofer® 22 APU Chargen in simuliertem, Kohlenstoff enthaltenem Anodengas (Ar + 4% H₂ + 10% CO + 2% H₂O) bei 800 °C. (Nach Quadackers et al., Forschungszentrum Jülich)

Zum Vergleich sind weiterhin die Ergebnisse der aus hochreinen Vormaterialien vor der ersten großtechnischen Charge hergestellten Laborcharge in den Abb. 6, 8 und 9 aufgeführt.

Abgesehen von den Einschränkungen in den restlichen Elementen zeigt Abb. 10, dass die Dicke von Blechen einen deutlichen Einfluss auf die Oxidationsbeständigkeit des Crofer 22 APU hat.

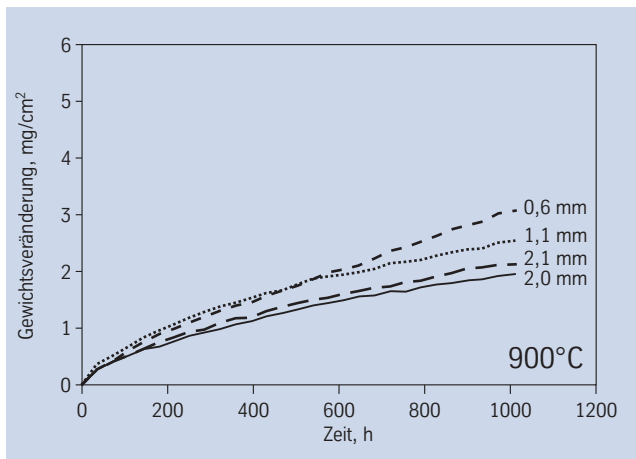


Abb. 10 - Gewichtsveränderung während zyklischer Oxidationsversuche (Zyklen mit 2 Stunden Aufheizung gefolgt von 15 Minuten Abkühlung) von Blechmuster in verschiedenen Dicken aus einer großtechnischen Crofer® 22 APU Charge mit eingeschränktem Gehalt an Verunreinigungen. (Nach Quadackers et al., Forschungszentrum Jülich)

Anwendungen

Crofer 22 APU wird für Interkonnektorplatten zum Separieren einzelner Platten in SOFC (= Solid Oxide Fuel Cell) Brennstoffzellen eingesetzt.

Verarbeitung und Wärmebehandlung

Crofer 22 APU kann mit den üblichen industriellen Fertigungstechniken gut warm und kalt umgeformt, sowie spanabhebend bearbeitet werden.

Wärmebehandlung

Werkstücke müssen vor und während der Wärmebehandlung sauber und frei von jeglichen Verunreinigungen sein.

Schwefel, Phosphor, Blei und andere niedrigschmelzende Metalle können bei Wärmebehandlungen von Crofer 22 APU zur Schädigung führen. Derartige Verunreinigungen können u.a. in Markierungs- und Temperaturanzeige-Farben oder -Stiften sowie in Schmierfetten, Ölen, Brennstoffen und dergleichen enthalten sein.

Brennstoffe müssen einen möglichst niedrigen Schwefelgehalt aufweisen. Erdgas sollte einen Anteil von weniger als 0,1 Gew.-% Schwefel enthalten. Heizöl mit einem Anteil von max. 0,5 Gew.-% Schwefel ist geeignet.

Wärmebehandlungen sind wegen der genauen Temperaturführung und Freiheit von Verunreinigungen bevorzugt in Elektroöfen unter Vakuum oder Schutzgas vorzunehmen.

Wärmebehandlungen in Luft bzw. in gasbeheizten Öfen sind ebenfalls akzeptabel, sofern Verunreinigungen niedrig liegen, so dass eine neutrale bzw. leicht oxidierende Ofenatmosphäre eingestellt werden kann.

Eine zwischen oxidierend und reduzierend wechselnde Ofenatmosphäre ist zu vermeiden. Auch dürfen Werkstücke nicht direkt von Flammen beaufschlagt werden.

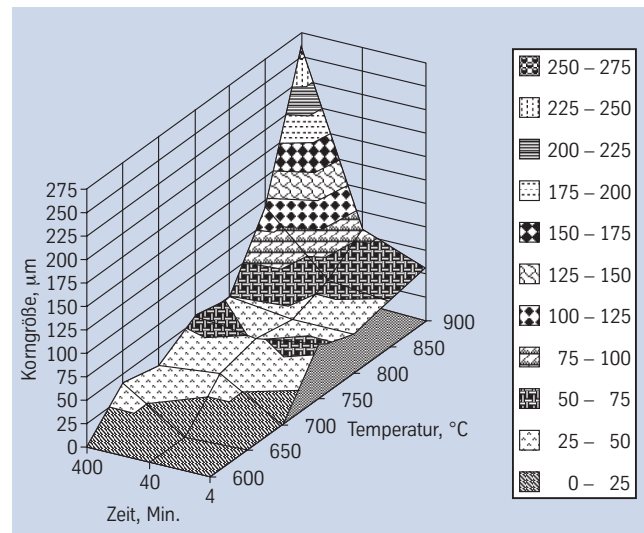


Abb. 11 - Rekristallisationsdiagramm von Crofer® 22 APU nach 50 % Kaltverformung.

Nach einer Kaltverformung ist eine Rekristallisationsglühung vorzunehmen. Abb. 11 zeigt wie sich die Korngröße von 50 % kalt verformten Crofer 22 APU einstellt nach einer solchen Wärmebehandlung bei verschiedenen Temperaturen und Glühzeiten.

Entzundern und Beizen

Oxide von Crofer 22 APU und Anlauffarben im Bereich von Schweißungen haften fester als bei Standardedelstählen. Schleifen mit sehr feinen Schleifbändern oder -scheiben wird empfohlen. Anlauffarben sollten vermieden werden.

Vor dem Beizen in Salpeter-Flusssäure-Gemischen müssen die Oxidschichten durch Strahlen oder feines Schleifen zerstört oder in Salzschmelzen vorbehandelt werden.

Die Beizzeiten und die Temperatur der Beize sind besonders zu beachten.

Schweißen

Beim Schweißen von Nickellegierungen und Sonderedelstählen sind die nachfolgenden Hinweise zu berücksichtigen:

Arbeitsplatz

Ein separat angeordneter Arbeitsplatz ist vorzusehen, der deutlich getrennt ist von den Bereichen, in denen C-Stahl verarbeitet wird. Größte Sauberkeit ist Voraussetzung und Zugluft ist zu vermeiden.

Hilfsmittel, Kleidung

Saubere Feinlederhandschuhe und saubere Arbeitskleidung sind zu verwenden.

Werkzeuge und Maschinen

Werkzeuge, die ausschließlich für Nickellegierungen und Edelstähle eingesetzt werden, dürfen nicht für andere Werkstoffe verwendet werden. Es sind ausschließlich Edelstahlbürsten zu verwenden. Ver- und Bearbeitungsmaschinen, wie Scheren, Stanzen oder Walzen, sind so auszurüsten (Filz, Pappe, Folien), dass über diese Anlagen die Werkstückoberflächen nicht durch das Eindringen von Eisenpartikeln beschädigt werden können, was letztlich zu Korrosion führen kann.

Reinigung

Reinigung des Grundwerkstoffes im Nahtbereich (beidseitig) und des Schweißzusatzes (z.B. Schweißstab) sollte mit ACETON erfolgen.

Trichloräthylen (TRI), Perchloräthylen (PER) und Tetrachlorkohlenstoff (TETRA) sind gesundheitsschädigend und dürfen daher nicht verwendet werden.

Schweißnahtvorbereitung

Die Schweißnahtvorbereitung ist vorzugsweise auf mechanischem Wege durch Drehen, Fräsen oder Hobeln vorzunehmen. Abrasives Wasserstrahlschneiden oder Plasmaschneiden ist ebenfalls möglich. In letzterem Fall muss jedoch die Schnittkante (Nahtflanke) sauber nachgearbeitet werden. Zulässig ist vorsichtiges Schleifen ohne Überhitzung.

Öffnungswinkel

Das unterschiedliche physikalische Verhalten der Nickellegierungen und Sonderedellstähle drückt sich ganz allgemein im Vergleich zum C-Stahl durch geringere Wärmeleitfähigkeit und höhere Wärmeausdehnung aus.

Diesem Verhalten ist durch größere Wurzelspalte bzw. Stegabstände (1 – 3 mm) Rechnung zu tragen, während aufgrund des zähflüssigen Schweißgutes, im Vergleich zu Standardausteniten und der Schrumpfungstendenz Öffnungswinkel von 60 bis 70° – wie in Abbildung 9 gezeigt – für Stumpfnähte vorzusehen sind.

Zünden

Das Zünden darf nur im Nahtbereich, z.B. an den Nahtflanken oder auf einem Auslaufstück und nicht auf der Bauteiloberfläche, vorgenommen werden. Zündstellen sind Stellen, an denen es bevorzugt zu Korrosion kommen kann.

Schweißverfahren

Crofer 22 APU kann artgleich WIG und Plasma geschweißt werden.

Dünne Bleche ($\leq 1,5$ mm) aus Crofer 22 APU können unter Einsatz des WIG-Schweißverfahrens ohne Schweißzusatz miteinander verschweißt werden. Widerstandsrollennahtschweißen und Punktschweißen ist ebenfalls möglich.

Zum Schweißen soll Crofer 22 APU im geglühten Zustand vorliegen und frei von Zunder, Fett und Markierungen sein. Beim

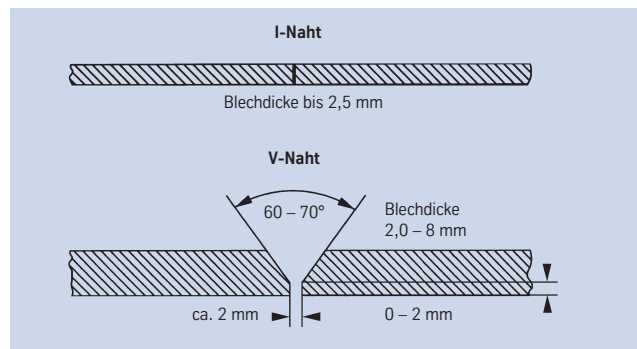


Abb. 12 – Nahtvorbereitungen für das Schweißen von Crofer® 22 APU.

Schweißen der Wurzel ist auf besten Wurzelschutz mit reinem Argon (Ar 4.6) zu achten, so dass nach dem Schweißen der Wurzel die Schweißnaht frei von Oxiden ist. Wurzelschutz wird ebenfalls für die erste und in einigen Fällen, abhängig von der Schweißkonstruktion, auch für die zweite Zwischenschweißung nach der Wurzelschweißung empfohlen. Etwaige Anlauffarben sind zu entfernen, vorzugsweise mit einer Edelstahlbürste, während die Schweißnaht noch heiß ist.

Schweißzusätze

Für WIG-Schweißverfahren wird der Einsatz eines artgleichen Schweißzusatzes empfohlen.

Schweißparameter und Einflüsse (Wärmeeinbringung)

Es ist dafür Sorge zu tragen, dass mit gezielter Wärmeführung und geringer Wärmeeinbringung gearbeitet wird, wie in den Tabellen 6 und 7 exemplarisch aufgeführt. Die Strichraupentechnik ist anzustreben. Die Zwischenlagentemperatur soll 120 °C nicht überschreiten. Prinzipiell ist eine Kontrolle der Schweißparameter erforderlich.

Die Wärmeeinbringung Q kann wie folgt berechnet werden:

$$Q = \frac{U \times I \times 60}{v \times 1000} \text{ (kJ/cm)}$$

U = Lichtbogenspannung, Volt
 I = Schweißstromstärke, Ampere
 v = Schweißgeschwindigkeit, cm/Min.

Rücksprache mit dem ThyssenKrupp VDM Schweißlabor wird empfohlen besonders bei Mischverbindungen.

Nachbehandlung

(Bürsten, Beizen und Wärmebehandlung)

Bei optimaler Ausführung der Arbeiten führt das Bürsten direkt nach dem Schweißen, also im noch warmen Zustand, ohne zusätzliches Beizen zu dem gewünschten Oberflächenzustand, d.h., Anlauffarben können restlos entfernt werden.

Beizen, wenn gefordert oder vorgeschrieben, ist im Allgemeinen der letzte Arbeitsgang an der Schweißung. Die Hinweise im Abschnitt 'Entzundern und Beizen' sind zu beachten.

Wärmebehandlungen sind in der Regel weder vor noch nach dem Schweißen notwendig.

Blechdicke mm	Schweißverfahren	Schweißzusatz		Schweißparameter				Schweißgeschwindigkeit cm/Min.	Schutzgas Menge l/Min.	Plasmagas Menge l/Min.
		Durchmesser mm	Geschwindigkeit m/Min.	Wurzellage I Ampere	U Volt	Füll- und Decklage I Ampere	U Volt			
3,0	m-WIG	2,0		80	10	110 – 120	11	ca. 15	Ar 4.6 8 – 10	
5,0	m-WIG	2,0 – 2,4		90 – 100	11	130 – 140	13	14 – 16	Ar 4.6 8 – 10	
3,0	v-WIG	1,2	ca. 1,2	m-WIG		160	11	25	Ar 4.6 12 – 14	
5,0	v-WIG	1,2	ca. 1,4	m-WIG		200 – 220	ca. 13	25	Ar 4.6 12 – 14	
3,0	v-WIG HD	1,0				180	11	80	Ar 4.6 12 – 14	
5,0	v-WIG HD	1,2		m-WIG		220	13	40	Ar 4.6 12 – 14	
4,0	Plasma	1,2	ca. 1,0	ca. 180	25			30	Ar 4.6 30	Ar 4.6 3,0
6,0	Plasma	1,2	ca. 1,0	200 – 220	26			26	Ar 4.6 30	Ar 4.6 3,5

Bei allen Schutzgasschweißungen ist auf ausreichenden Wurzelschutz mit Ar 4.6 zu achten.
Die Angaben sind Anhaltswerte, die das Einstellen der Schweißmaschinen erleichtern sollen.

Tabelle 6 – Schweißparameter (Richtwerte) zum Schweißen von Crofer® 22 APU.

Schweißverfahren	Streckenenergie kJ/cm
WIG, manuell, mechanisiert	max. 8
v-WIG-HD	max. 6
Plasma (WP)	max. 10

Tabelle 7 – Wärmeeinbringung (Richtwerte).

Verfügbarkeit

Crofer 22 APU ist als Blech, Band und Draht lieferbar.

Bleche

(Bandbleche siehe unter Band)

Lieferzustand:

warm- oder kaltgewalzt (w, k),
weichgeglüht, entzündert bzw. gebeizt

Dicke mm		w/k	Breite ¹⁾ mm	Länge ¹⁾ mm
1,10	- < 1,50	k	2000	8000
1,50	- < 3,00	k	2500	8000
3,00	- < 7,50	k/w	2500	8000
7,50	- < 25,00	w	2500	8000

¹⁾Andere Abmessungen auf Anfrage

Band¹⁾

Lieferzustand:

kaltgewalzt,
weichgeglüht und gebeizt,
oder blankgeglüht²⁾

Dicke mm	Breite ³⁾ mm	Rollen-Innen-Ø mm			
0,02 - ≤ 0,10	4 – 200 ⁴⁾	300	400		
> 0,10 - ≤ 0,25	4 – 720 ⁴⁾	300	400	500	
> 0,25 - ≤ 0,60	6 – 750		400	500	600
> 0,60 - ≤ 1,0	8 – 750		400	500	600
> 1,0 - ≤ 2,0	15 – 750		400	500	600
> 2,0 - ≤ 3,0 ²⁾ - ≤ 3,5 ²⁾	25 – 750		400	500	600

¹⁾ Bandbleche - von der Rolle abgeteilt - sind in Längen von 250 bis 4000 mm lieferbar.

²⁾ Maximale Dicke: blankgeglüht - 3 mm; nur kaltgewalzt - 3,5 mm.

³⁾ Größere Breiten auf Anfrage.

⁴⁾ Größere Breiten bis 730 mm auf Anfrage.

Draht

Lieferzustand:

Gezogen, blank, wärmebehandelt;
gezogen, blank, wärmebehandelt, nachgezogen 1/4 hart bis hart; geschabt oder geschliffen.

Abmessungen:

Gezogener Draht: 0,16 – 10 mm Ø in Ringen, auf Spulen oder in Behältern. Lieferbar auf Anfrage auch auf Kronenstöcken, Langkernspulen oder Sonderspulen.

Technische Veröffentlichungen

Zum Werkstoff Crofer 22 APU sind folgende technische Veröffentlichungen der ThyssenKrupp VDM GmbH erschienen.

Sie sind von ThyssenKrupp VDM GmbH erhältlich bzw. können aus dem Internet unter www.thyssenkruppvdm.com heruntergeladen werden.

R. Hojda, W. Heimann, W. J. Quadackers:
Großserientaugliches Werkstoffkonzept für Hochtemperatur-Brennstoffzellen; ThyssenKrupp techforum, Juli 2003.

R. Hojda:
Großserientaugliches Werkstoffkonzept für Brennstoffzellen; SCOPE - Das moderne Industrie-Magazin, April 2004.

R. Hojda, W. J. Quadackers:
Verbessertes Produkt Crofer 22 APU; Sonderdruck SD 1/05 aus ThyssenKrupp techforum, Juli 2005.

R. Hojda, L. Paul:
UNS S44535 alloy development for interconnect applications in solid oxide fuel cells; CORROSION 2006, Paper No. 06479, NACE International, Houston, 2006.

H. Hattendorf:
Sulfur Tolerant Anode Material for Solid Oxide Fuel Cells; 2007 Fuel Cell Seminar; San Antonio, Texas, October 2007.

Weitere Publikationen über Crofer 22 APU und Brennstoffzellen (SOFC) sind vom Forschungszentrum Jülich, Abteilung IEF-2, D-52425 Jülich erhältlich.

Alle Angaben in diesem Werkstoffdatenblatt beruhen auf praktischen Erfahrungen sowie Ergebnissen aus der Forschung und Entwicklung bzw. stammen aus im Werkstoffdatenblatt aufgeführten Normen und Standards und entsprechen nach bestem Wissen dem Stand der Technik bei Drucklegung.

Die Angaben erfolgen ohne Gewähr und können sich zur Weiterentwicklung oder Verbesserung der Werkstoffqualität ohne Ankündigung ändern. Lieferungen und Leistungen unterliegen ausschließlich den Allgemeinen Geschäftsbedingungen der ThyssenKrupp VDM GmbH.

Werkstoffdatenblätter unterliegen keinem automatischen Austauschdienst. Es wird empfohlen, im Bedarfsfall die aktuellste Ausgabe anzufordern: per Telefon unter +49 2392 55-2588 per Telefax unter +49 2392 55-2596 oder per E-Mail unter vdm@thyssenkrupp.com.

Aktuelle Werkstoffdatenblätter und Druckschriften der ThyssenKrupp VDM sind ebenfalls im Internet verfügbar unter www.thyssenkruppvdm.com.

Ausgabe Januar 2010.

Diese Ausgabe ersetzt das Werkstoffdatenblatt Nr. 4146 vom Juni 2008.

Impressum

Veröffentlichung

Januar 2010

Herausgeber

VDM Metals GmbH
Plettenberger Straße 2
58791 Werdohl
Germany

Disclaimer

Alle Angaben in diesem Datenblatt beruhen auf Ergebnissen aus der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit der VDM Metals GmbH und den zum Zeitpunkt der Drucklegung zur Verfügung stehenden Daten der aufgeführten Spezifikationen und Standards. Die Angaben stellen keine Garantie für bestimmte Eigenschaften dar. VDM Metals behält sich das Recht vor, Angaben ohne Ankündigung zu ändern. Alle Angaben in diesem Datenblatt wurden nach bestem Wissen zusammengestellt und erfolgen ohne Gewähr. Lieferungen und Leistungen unterliegen ausschließlich den jeweiligen Vertragsbedingungen und den Allgemeinen Geschäftsbedingungen der VDM Metals GmbH. Die Verwendung der aktuellsten Version eines Datenblatts obliegt dem Kunden.

VDM Metals GmbH
Plettenberger Straße 2
58791 Werdohl
Germany

Phone +49 (0) 2392 55-0
Fax +49 (0) 2392 55-2217

vdm@vdm-metals.com
www.vdm-metals.com