

VDM® Crofer 22 APU

Crofer 22 APU

VDM® Crofer 22 APU

Crofer 22 APU

VDM® Crofer 22 APU ist ein ferritischer Hochtemperatur Edelstahl der speziell für den Einsatz in Hochtemperatur-Brennstoffzellen (SOFC) 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 den der typischerweise in Hochtemperaturbrennstoffzellen eingesetzten Keramiken angepasst.

VDM® Crofer 22 APU ist charakterisiert durch:

- Gute Hochtemperaturkorrosionsbeständigkeit in Anoden- und Kathodengas
- Geringe Chrom-Verdampfungsrate
- Gute Verarbeitbarkeit
- Geringer Wärmeausdehnungskoeffizient
- Gute elektrische Leitfähigkeit der Oxidschicht

Bezeichnungen und Normen

Normung	Werkstoffbezeichnung
D	1.4760 X1CrTiLa22
UNS	S44535

Produktform	ASTM
Blech	A 240
Band	A 240

Tabelle 1 – Bezeichnungen und Normen

Chemische Zusammensetzung

	C	Cr	Fe	S	Mn	Si	Ti	Cu	P	Al	La
Min.		20,0	Rest		0,30		0,03				0,04
Max.	0,03	24,0		0,020	0,80	0,50	0,20	0,50	0,050	0,50	0,2

Technisch bedingt kann das Material weitere chemische Elemente enthalten

Tabelle 2 – Chemische Zusammensetzung (%) gemäß ASTM A 240

Physikalische Eigenschaften

Dichte	Schmelzbereich	
7,7 g/cm ³ bei 20 °C	1.510-1.530 °C	Der Werkstoff ist magnetisch

Temperatur	Spezifische Wärmekapazität	Wärmeleitfähigkeit	Elektrischer Widerstand	Elastizitätsmodul	Mittlerer lin. Ausdehnungskoeffizient
°C	$\frac{J}{kg \cdot K}$	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\mu\Omega \cdot cm$	GPa	$10^{-6} \frac{K}{K}$
25	470	26	55	220	
200	520	23	70	210	10,3
400	610	23	90	195	10,8
500				183	11,2
600	910	30	105		11,4
700					11,6
800	660	24	115		11,9
900					12,3
1.000	650	27	120		12,7

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

Mikrostrukturelle Eigenschaften

VDM® Crofer 22 APU hat eine kubisch-raumzentrierte Struktur.

Mechanische Eigenschaften

Die folgenden mechanischen Eigenschaften gelten für VDM® Crofer 22 APU im weichgeglühten Zustand

Temperatur °C	Dehngrenze R _{p 0,2} MPa	Zugfestigkeit R _m MPa	Bruchdehnung A %
20	277	365	34
200	194	288	21
400	181	307	27
600	127	147	29
700	54	56	72
800	30	30	87

Tabelle 4 – Typische mechanische Eigenschaften bei Raum- und erhöhten Temperaturen

Produktform	Abmessung mm	Dehngrenze R _{p 0,2} MPa	Zugfestigkeit R _m MPa	Bruchdehnung A %	Härte Rockwell HRB ¹⁾
alle	0,25 – 0,38	≥ 250	≥ 350	≥ 20	70 - 90
alle	≥ 0,38	≥ 250	≥ 350	≥ 25	70 - 90

1) Typische Werte im weichgeglühten Zustand für alle Produkte bei Raumtemperatur

Tabelle 5 – Mechanische Mindestwerte im weichgeglühten Zustand für alle Produktformen bei Raumtemperatur

Produktform	Dehngrenze R _{p 0,2} MPa	Zugfestigkeit R _m MPa	Bruchdehnung A %
Blech	270	370	30
Band	320	450	30
Draht	350	500	15

Tabelle 6 – Typische mechanische Eigenschaften für unterschiedliche Produktformen bei Raumtemperatur

Korrosionsbeständigkeit

VDM® Crofer 22 APU weist eine hervorragende Korrosionsbeständigkeit bis 900 °C in Gasatmosphären auf, die bei SOFC Anwendungen auftreten. Die Oxidschicht von VDM® Crofer 22 APU setzt sich aus einer feinkörnigen inneren Zunderschicht, die hauptsächlich aus Cr_2O_3 besteht und einer aus säulenförmigen $(\text{Mn}, \text{Cr})_3\text{O}_4$ Spinellen bestehenden äußeren Zunderschicht zusammen. Die Chromverdampfung wird sehr effektiv durch die äußere Zunderschicht reduziert. Durch die Reduzierung der Verunreinigungen wird eine sehr gute Oxidationsbeständigkeit erreicht.

Anwendungsgebiete

VDM® Crofer 22 APU wird für Interkonnektorplatten zum Separieren einzelner Zellen in SOFC (= Solid Oxide Fuel Cell) Brennstoffzellen Stapeln sowie in SOEC (Solid Oxide Electrolytic Cell) Elektrolysezellenstapeln eingesetzt.

Verarbeitung und Wärmebehandlung

VDM® 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 VDM® 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. Nach einer Kaltverformung ist eine Rekristallisationsglühung vorzunehmen. Für die Produktform Band kann die Wärmebehandlung im Durchlaufofen mit an die Banddicke angepasster Geschwindigkeit und Temperatur erfolgen.

Entzundern und Beizen

Oxide von VDM® 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 Beizezeiten und die Temperatur der Beize sind besonders zu beachten.

Schweißtechnische Hinweise

Sicherheit:

Die allgemein geltenden Sicherheitsempfehlungen zur Vermeidung von Staub- und Rauch-Explosionen sind zu beachten

Obgleich Schweißen von VDM® Crofer 22 APU als Fügeverfahren nicht generell empfohlen wird, kann der Werkstoff z.B. mit dem WIG- oder Laserverfahren für viele Anwendungen geschweißt werden. Darüber hinaus kann Löten eine Alternative zum Schweißen darstellen. Zum Schweißen soll das Material im weichgeglühten Zustand vorliegen und frei von Zunder, Fett oder Markierungen sein. Während des Schweißens ist auf größte Sauberkeit zu achten und Zugluft zu vermeiden. Für das Schweißen von VDM® Crofer 22 APU sind die allgemein geltenden Hinweise für Nickellegierungen und Sonderedelstähle zu berücksichtigen.

Verfügbarkeit

VDM® Crofer 22 APU ist in den folgenden Standard-Halbzeugformen lieferbar:

Blech

Lieferzustand: warm- oder kaltgewalzt, wärmebehandelt, entzundert bzw. gebeizt

Lieferzustand	Dicke mm	Breite mm	Länge mm	Stückgewicht kg
Kaltgewalzt	2-7	1.000 – 2.500	≤ 12.500	≥ 1.300
Warmgewalzt	3-25	1.000 – 2.500	≤ 12.500	≤ 1.300

Band

Lieferzustand: kaltgewalzt, wärmebehandelt, gebeizt oder blankgeglüht

Dicke mm	Breite mm	Coil-Innendurchmesser mm			
0,025-0,15	4-230	300	400	500	–
0,15-0,25	4-720	300	400	500	–
0,25-0,6	6-750	–	400	500	600
0,6-1	8-750	–	400	500	600
1-2	15-750	–	400	500	600
2-3	25-750	–	400	500	600

Bandbleche – vom Coil abgeteilt – sind in Längen von 250 bis 4.000 mm lieferbar.

Weitere Formen und Abmessungen wie Stangen, Draht, Ronden, Ringe, nahtlose bzw. längsnaht-geschweißte Rohre und Schmiedeteile können angefragt werden.

Veröffentlichungen

Zum Werkstoff VDM® Crofer 22 APU sind folgende technische Veröffentlichungen erschienen:

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 VDM® 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, L. Paul, L. Niewolak, V. Shemet, P. Ennis, W. Quadackers: Practical aspects of using Crofer 22 APU for interconnects in Solid Fuel Cells; 2007 Fuel Cell Conference; San Antonio, Texas, October 2007.

P. Huczowski, N. Christiansen, V. Shemet, J. Piron-Abellan, L. Singheiser, W. J. Quadackers: Oxidation limited life times of chromia forming ferritic steels; 2004 Materials and Corrosion; 55, No. 11;

B. Kuhn, C. Asensio Jimenez, L. Niewolak, T. Hüttel, T. Beck, H. Hattendorf, L. Singheiser, W. J. Quadackers, Effect of Laves phase strengthening on the mechanical properties of high Cr ferritic steels for solid oxide fuel cell interconnect application, Materials Science and Engineering: A, Material Science and Engineering A 528 (2011) p 5888-5899.

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

Impressum

21. Januar 2021

Herausgeber

VDM Metals International GmbH
Plettenberger Straße 2
58791 Werdohl
Germany

Disclaimer

Alle Angaben in diesem Datenblatt beruhen auf Ergebnissen aus der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit der VDM Metals International 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. Die Verwendung der aktuellsten Version eines Datenblatts obliegt dem Kunden.

VDM Metals International GmbH
Plettenberger Straße 2
58791 Werdohl
Germany

Telefon +49 (0)2392 55 0
Fax +49 (0)2392 55 22 17

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