

VDM Alloy 31 Plus[®]
Nicrofer 3426 hMo

VDM Alloy 31 Plus®

Nicrofer 3426 hMo

VDM Alloy 31 Plus® ist eine Nickel-Eisen-Chrom-Molybdän-Legierung mit Stickstoffzusatz. Der Werkstoff hat gegenüber VDM® Alloy 31 eine verbesserte Stabilität der Mikrostruktur aufgrund eines optimierten Nickelgehalts.

VDM Alloy 31 plus® hat folgende Eigenschaften:

- hohe Korrosionsbeständigkeit, vergleichbar mit der von VDM® Alloy 31
- abgesenkte Lösungsglühtemperatur
- ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit gegen Schwefelsäure
- ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit gegen Phosphorsäure
- gute Verarbeitbarkeit
- gute Schweißbarkeit

Bezeichnungen und Normen

Normung	Werkstoffbezeichnung
D	2.4692
ISO	NiFeCr27Mo6CuN
UNS	N08034

Tabelle 1 – Bezeichnungen und Normen

Chemische Zusammensetzung

	Ni	Cr	Fe	S	Si	Mn	P	Mo	Cu	N	Al	C
Min.	33,5	26,0	Rest			1,0		6,0	0,5	0,10		
Max.	35,0	27,0		0,01	0,1	4,0	0,02	7,0	1,5	0,25	0,30	0,01

Technisch bedingt kann das Material weitere chemische Elemente enthalten.

Tabelle 2 – Chemische Zusammensetzung (%)

Physikalische Eigenschaften

Dichte	Schmelzbereich	Relative magnetische Permeabilität bei 20 °C
8,08 g/cm ³ bei 20 °C	1.350-1.370 °C	1,001

Temperatur	Spezifische Wärmekapazität	Wärmeleitfähigkeit	Elastizitätsmodul	Mittlerer lin. Ausdehnungskoeffizient
°C	$\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	$\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$	GPa	$\frac{10^{-6}}{\text{K}}$
20	431 ¹⁾	10,3 ¹⁾	199	14,3 ¹⁾
100	447	11,6	195	14,8 ¹⁾
200	468	13,4	189	15,4
300	480	14,9	181	16,0
400	488	16,3	174	16,3
500	488	17,6	168	16,3

¹⁾ Extrapoliert

Tabelle 3 – Typische physikalische Eigenschaften von VDM Alloy 31 Plus® bei Raumtemperatur und erhöhten Temperaturen

Mikrostrukturelle Eigenschaften

VDM Alloy 31 Plus® hat eine kubisch-flächenzentrierte Kristallstruktur. Der Nickel- und Stickstoffgehalt reduziert die Tendenz zur Bildung intermetallischer Phasen und stabilisiert das austenitische Gefüge.

Mechanische Eigenschaften

Die Angaben für die 0,2 %-Dehngrenze $R_{p0,2}$, 1,0 %-Dehngrenze $R_{p1,0}$, Bruchdehnung A_5 , A_{80} und Kerbschlagarbeit KV_2 sind Mindestwerte. Sie gelten für den lösungsgeglühten und abgeschreckten Zustand unabhängig vom Probenentnahmeort und von der Probenlage für die Probenrichtung längs (l) und quer (q).

Temperatur	Dehngrenze	Dehngrenze	Zugfestigkeit	Bruchdehnung
°C	$R_{p 0,2}$ MPa	$R_{p 1,0}$ MPa	R_m MPa	A %
20	280	310	650 bis 850	40
100	210	240		40
200	180	210		40
300	165	195		40
400	150	180		40
500	135	165		40

Tabelle 4 – Kurzzeit-Eigenschaften bei Raumtemperatur und erhöhten Temperaturen für die Produktform Blech, Blechdicke ≤ 30 mm (Mindestwerte)

ISO-V Kerbschlagarbeit

Mittelwert, Raumtemperatur: ≥ 150 J

Mittelwert, -196 °C: ≥ 110 J

Kerbachse senkrecht zur Oberfläche, Blechdicke ≤ 30 mm, Mittelwert von 3 Proben. Der Mindestmittelwert darf nur von einem Einzelwert und zwar höchstens um 30 % unterschritten werden. Diese Werte gelten nur für Normalproben nach DIN EN ISO 148-1. Für Untermaßproben nach DIN EN ISO 148-1 sind die angegebenen Mindestwerte der Kerbschlagarbeit linear zum Probenquerschnitt im Spalt zu verringern. Für Untermaßproben < 5 mm gemäß DIN EN ISO 148-1 sind die Werte für den Einzelfall gesondert mit dem Hersteller zu vereinbaren. Die Werte gelten auch für die Wärmeeinflusszone (WEZ) bei Schweißverbindungen.

Korrosionsbeständigkeit

Der Werkstoff ist im Lieferzustand und im geschweißten Zustand nach dem Testverfahren nach ASTM-G 28, Methode A beständig gegen interkristalline Korrosion. Die über den Masseverlust nach ASTM-G 28, Methode A (Testzeit 24 Stunden), ermittelte Abtragsrate beträgt im Lieferzustand und im geschweißten Zustand höchstens 0,5 mm/a. Eine sehr gute Beständigkeit liegt auch gegen Spaltkorrosion und Lochfraß vor. Die Korrosionsbeständigkeit ist vergleichbar mit der des Werkstoffs VDM® Alloy 31.

Anwendungsgebiete

Typische Anwendungsgebiete für VDM Alloy 31 Plus® sind:

- Chemische Prozesse mit Schwefelsäure
- Aufbereitung von Abfallschwefelsäure
- Komponenten für Rauchgasentschwefelungsanlagen
- Plattierte Behälter
- Anlagen für die Herstellung von Phosphorsäure im Nassaufschlussverfahren
- Meer- und Brackwasseranwendungen
- Eindampfung und Kristallisation von Salzen
- Beizanlagen mit Schwefelsäure oder mit Salpeter-Flusssäure
- Hydrometallurgie, z. B. Aufschluss von Laterit-Erzen im HPAL Prozess
- Feinchemikalien, Spezialchemikalien und organische Säuren
- Komponenten der Zellstoff- und Papierindustrie

Verarbeitung und Wärmebehandlung

VDM Alloy 31 Plus® kann mit den üblichen industriellen Fertigungstechniken gut verarbeitet werden.

Aufheizen

Es ist wichtig, dass die Werkstücke vor und während der Wärmebehandlung sauber und frei von jeglichen Verunreinigungen sind. Schwefel, Phosphor, Blei und andere niedrigschmelzende Metalle können bei der Wärmebehandlung von VDM Alloy 31 Plus® zur Schädigung führen. Derartige Verunreinigungen sind auch in Markierungs- und Temperaturanzeige-Farben oder -Stiften sowie in Schmierfetten, Ölen, Brennstoffen und dergleichen enthalten. Die Brennstoffe müssen einen möglichst niedrigen Schwefelgehalt aufweisen. Erdgas sollte einen Anteil von weniger als 0,1 Gew.-% Schwefel enthalten. Heizöl mit einem Schwefelgehalt von max. 0,5 Gew.-% ist ebenfalls geeignet. Elektroöfen sind wegen der genauen Temperaturführung und Freiheit von Verunreinigungen durch Brennstoffe zu bevorzugen. Die Ofenatmosphäre soll neutral bis leicht oxidierend eingestellt werden und darf nicht zwischen oxidierend und reduzierend wechseln. Die Werkstücke dürfen nicht direkt von den Flammen beaufschlagt werden.

Warmumformung

VDM Alloy 31 Plus® kann im Temperaturbereich zwischen 1.200 und 1.050 °C warmgeformt werden mit anschließender schneller Abkühlung in Wasser oder an Luft. Zum Aufheizen sind die Werkstücke in den bereits auf maximale Warmformtemperatur aufgeheizten Ofen einzulegen. Wenn der Ofen danach wieder seine Temperatur erreicht hat, sollen die Werkstücke für ca. 60 Minuten je 100 mm Dicke gehalten werden. Danach sollten sie sofort aus dem Ofen entnommen werden und innerhalb des oben aufgeführten Temperaturintervalls umgeformt werden, wobei bei Erreichen von 1.050 °C eine Nachwärmung erforderlich wird. Eine Wärmebehandlung nach der Warmumformung wird zur Erzielung optimaler Eigenschaften empfohlen.

Kaltumformung

Zur Kaltumformung sollten die Werkstücke im geglühten Zustand vorliegen. VDM Alloy 31 Plus® weist eine deutlich höhere Kaltverfestigung als typische austenitische Edelmstähle auf. Dies muss bei der Auslegung und Auswahl von Umformwerkzeugen und -Anlagen und der Planung von Umformprozessen berücksichtigt werden. Bei starken Kaltumformungen sind Zwischenglühungen nötig. Bei Kaltumformung von > 15 % ist eine abschließende Lösungsglühung durchzuführen.

Wärmebehandlung

Die Lösungsglühung soll bei Temperaturen von 1.140 bis 1.170 °C erfolgen. Die Haltezeit beim Glühen richtet sich nach der Halbzeugdicke und berechnet sich wie folgt:

- Für Dicken $d \leq 10$ mm ist die Haltezeit $t = d \cdot 3$ min/mm
- Für Dicken $d = 10 - 20$ mm ist die Haltezeit $t = 30$ min + $(d - 10)$ mm $\cdot 2$ min/mm
- Für Dicken $d > 20$ mm ist die Haltezeit $t = 50$ min + $(d - 20)$ mm $\cdot 1$ min/mm

Die Haltezeit beginnt mit dem Temperaturausgleich des Werkstücks; ein Überzeiten ist im Allgemeinen deutlich unkritischer als zu kurze Haltezeiten. Für maximale Korrosionsbeständigkeit müssen die Werkstücke schnell von der Glüh-temperatur von mindestens 1.100 °C auf 500 °C mit einer Abkühlrate von >150 °C/Min. abgekühlt werden. Bei jeder Wärmebehandlung ist das Material in den bereits auf maximale Glüh-temperatur aufgeheizten Ofen einzulegen. Die unter 'Aufheizen' aufgeführten Sauberkeitsanforderungen sind zu beachten. Für die Produktform Band kann die Wärmebehandlung im Durchlauf-Ofen mit an die Banddicke angepasster Geschwindigkeit und Temperatur erfolgen.

Entzundern und Beizen

Oxide von VDM Alloy 31 Plus® und Anlauffarben im Bereich von Schweißungen haften fester als bei Edelmstählen. Schleifen mit sehr feinen Schleifbändern oder -scheiben wird empfohlen. Schleifbrand muss unbedingt vermieden werden. Vor dem Beizen in Salpeter-Flusssäure-Gemischen müssen die Oxidschichten durch Strahlen oder feines Schleifen zerstört oder in Salzsäuremelzen vorbehandelt werden. Die verwendeten Beizbäder müssen bezüglich Konzentration und Temperatur sorgfältig überwacht werden.

Spanabhebende Bearbeitung

Die spanabhebende Bearbeitung von VDM Alloy 31 Plus® sollte im geglühten Zustand erfolgen. Wegen der im Vergleich zu niedriglegierten austenitischen Edelmstählen deutlich erhöhten Neigung zur Kaltverfestigung sollte eine niedrige Schnittgeschwindigkeit mit einem nicht zu großen Vorschub gewählt werden und das Werkzeug ständig im Eingriff sein. Eine ausreichende Spantiefe ist wichtig, um die zuvor entstandene kaltverfestigte Zone zu unterschneiden. Entscheidenden Einfluss auf einen stabilen Zerspanungsprozess hat eine optimale Wärmeabfuhr durch große Mengen geeigneter, vorzugsweise wasserhaltiger Kühlschmierstoffe.

Schweißtechnische Hinweise

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

Sicherheit

Die Sicherheitsempfehlungen des Schweißzusatzwerkstoffherstellers insbesondere zur Vermeidung von Staub- und Rauch- Exposition sind zu beachten.

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 beim Schutzgasschweißen ist zu vermeiden.

Hilfsmittel und Kleidung

Saubere Feinlederhandschuhe und saubere Arbeitskleidung sind zu verwenden.

Werkzeug und Maschinen

Werkzeuge, die für andere Werkstoffe verwendet werden, dürfen nicht für Nickellegierungen und Edelmetalle eingesetzt 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.

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.

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.

Öffnungswinkel

Im Vergleich zu C-Stählen weisen Nickellegierungen und Sonderedelstähle eine geringere Wärmeleitfähigkeit und eine höhere Wärmeausdehnung auf. Diesen Eigenschaften ist durch größere Wurzelspalte bzw. Stegabstände (1 bis 3 mm) Rechnung zu tragen. Aufgrund der Zähflüssigkeit des Schweißgutes (im Vergleich zu Standardausteniten) und der Schrumpfungstendenz sind Öffnungswinkel von 60 bis 70 °C – wie Abbildung 1 zeigt – für Stumpfnähte vorzusehen.

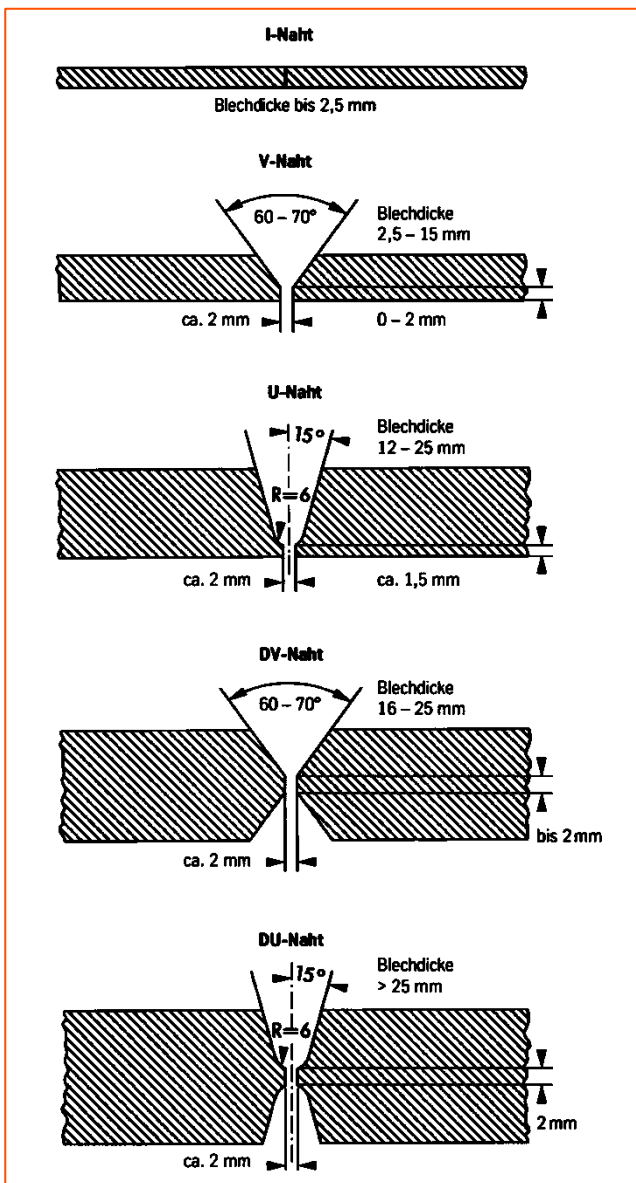


Abbildung 1 – Nahtvorbereitungen für das Schweißen von Nickellegierungen und Sonderedelstählen

Reinigung

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

Schweißverfahren

VDM Alloy 31 Plus® kann in den meisten Anwendungen mit VDM® FM 59 nach konventionellen Verfahren geschweißt werden. Dies umfasst WIG und MSG. Bei Schutzgas-Schweißverfahren ist die Anwendung der Impulstechnik zu bevorzugen. Zum Schweißen soll VDM Alloy 31 Plus® im lösungsgeglühten Zustand vorliegen und frei von Zunder, Fett und Markierungen sein. Beim 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 Zwischenlagenschweißung nach der Wurzelschweißung empfohlen. Etwaige Anlauffarben sind zu entfernen, vorzugsweise mit einer Edelstahlbürste, während die Schweißnaht noch warm ist.

Schweißzusatz

Für Schutzgasschweißverfahren wird der Einsatz folgender Schweißzusätze empfohlen:

Schweißstäbe und Drahtelektroden:

VDM® FM 59 (W-Nr. 2.4607)

UNS N06059 AWS A5.14: ERNiCrMo-13

DIN EN ISO 18274: S Ni 6059 (NiCr23Mo16)

Für Anwendungen in stark oxidierenden Medien wird eine Rücksprache mit dem Hersteller empfohlen.

Schweißparameter und Einflüsse

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

Die Wärmeeinbringung Q kann wie folgt berechnet werden:

$$Q = \frac{U \cdot I \cdot 60}{v \cdot 1.000} \left(\frac{\text{kJ}}{\text{cm}} \right)$$

U = Lichtbogenspannung, Volt

I = Schweißstromstärke, Ampere

v = Schweißgeschwindigkeit, cm/min

Nachbehandlung

Bei optimaler Ausführung der Arbeiten führt das Bürsten direkt nach dem Schweißen, also im noch warmen Zustand, ohne zusätzliches Beizen zum 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.

Dicke (mm)	Schweiß- verfahren	Schweißzusatz Durchmesser (mm)	Füll- und Decklage		Schweiß- geschwin- digkeit (cm/min.)	Schutzgas	
			I in (A)	U in (V)		Art	Menge (l/min.)
8	v-WIG	1,2	150-170	11	19	I1	8-13
25	MIG	1,2	190-210	23-25	24,5	I1	12-16

Die Angaben sind Anhaltswerte, die das Einstellen der Schweißmaschinen erleichtern sollen.

Tabelle 5 – Schweißparameter

Verfügbarkeit

VDM Alloy 31 Plus® 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	1-7	≤ 2.500	≤ 12.500	
Warmgewalzt*	3-30	≤ 2.500	≤ 12.500	≤ 1.650

* auf Anfrage Blechdicke ab 2 mm

Bleche unter Einhaltung der genannten Min-Max-Abmessung können gefertigt werden.

Band

Lieferzustand: kaltgewalzt, wärmebehandelt, gebeizt oder blankgeglüht

Dicke mm	Breite mm	Coil-Innendurchmesser mm			
0,03-0,15	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 Stange, Draht, Ronden, Ringe, nahtlose bzw. längsnaht-geschweißte Rohre und Schmiedeteile können angefragt werden.

Veröffentlichungen

Zum Werkstoff VDM Alloy 31 Plus® sind folgende technische Veröffentlichungen erschienen:

H. Alves, R. Behrens, F. Winter: "UNS N08031 and UNS N08031 Plus, multipurpose alloys for the chemical process industry and related applications", CORROSION 2016, Paper No. 7563, NACE International, Vancouver, British Columbia, 2016.

H. Alves, R. Behrens, L. Paul: "Evolution of Nickel Base Alloys – Modification to Traditional Alloys for Specific Applications", CORROSION 2014, Paper No. 4317, NACE International, San Antonio, Texas, 2014.

R. Behrens, F. Stenner, H. Alves: "New developed 6-Mo super-austenitic stainless steel with low sigma solvus temperature and high resistance to localised corrosion", CORROSION 2013, Paper No. 2228, NACE International, Orlando, Florida, 2013.

Impressum

11. August 2017

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