

VDM® Alloy 825

Nicrofer 4221

VDM® Alloy 825

Nicrofer 4221

VDM® Alloy 825 ist eine titanstabilisierte, vollaustenitische Nickel-Eisen-Chrom-Legierung mit Zusätzen von Kupfer und Molybdän. VDM® Alloy 825 ist charakterisiert durch:

- hohe Beständigkeit gegen chloridinduzierte Spannungsrisskorrosion
- gute Beständigkeit gegen chloridinduzierte Loch- und Spaltkorrosion
- gute Beständigkeit gegenüber oxidierenden und nichtoxidierenden heißen Säuren
- gute Zähigkeit auch im Dauerbetrieb bei erhöhten Temperaturen bis ca. 550 °C
- Zulassung für Druckbehälter mit Betriebstemperaturen bis zu 450 °C gem. VdTÜV und bis zu 538 °C gem. ASME (Section VIII Division 1 vessels)

Bezeichnungen und Normen

Normung	Werkstoffbezeichnung
EN	2.4858 - NiCr21Mo
ISO	NiFe30Cr21Mo3
UNS	N08825
AFNOR	NC21FeDU

Tabelle 1a – Bezeichnungen und Normen

Bezeichnungen und Normen

Produktform	DIN	DIN EN	ISO	ASTM	ASME	VdTÜV	NACE	API
Stange	17744			B 425	SB 425	432	MR 0103	
	17752			B 564	SB 564		MR 0175	
Blech	17744			B 424	SB 424	432	MR 0103	5LD
	17750						MR 0175	5LC
Band	17744		6208	B 424	SB 424	432	MR 0175	5LD 5LC
Draht	17744			B 425				

Tabelle 1b – Bezeichnungen und Normen

Chemische Zusammensetzung

	Ni	Cr	Fe	C	Mn	Si	Co	Cu	Al	Ti	P	S	Mo
Min.	38	19,5	20					1,5		0,6			2,5
Max.	46	23,5	38	0,025	1	0,5	1	3	0,2	1,2	0,02	0,015	3,5

Tabelle 2 – Chemische Zusammensetzung (%) gemäß DIN 17744

Physikalische Eigenschaften

Dichte	Schmelzbereich	Relative magnetische Permeabilität bei 20 °C
8,05 g/cm ³	1.370-1.400 °C	1,005 (Maximum)

Temperatur	Spezifische Wärmekapazität	Wärmeleitfähigkeit	Elektrischer Widerstand	Elastizitätsmodul	Mittlerer linearer Ausdehnungskoeffizient
°C	$\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	$\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$	$\mu\Omega \cdot \text{cm}$	GPa	$\frac{10^{-6}}{\text{K}}$
20	440	10,8	112	195	–
100	462	12,4	114	190	14,1
200	488	14,1	118	185	14,9
300	514	15,6	120	179	15,2
400	540	16,9	124	174	15,6
500	565	18,3	126	168	15,8
600	590	19,6	126	161	16
700	615	21	127	154	16,7
800	655	23,2	128	142	17,2
900	680	25,7	129	130	17,6
1.000	710	28,1	130	119	17,9

Tabelle 3 – Typische physikalische Eigenschaften bei Raumtemperatur und erhöhten Temperaturen

Mikrostrukturelle Eigenschaften

VDM® Alloy 825 hat eine kubisch-flächenzentrierte Kristallstruktur.

Mechanische Eigenschaften

Die folgenden Eigenschaften bei Raum- und erhöhten Temperaturen gelten für VDM® Alloy 825 im geglühten bzw. stabilgeglühten Zustand in den angegebenen Abmessungen. Für größere Abmessungen sind die Eigenschaften gesondert zu vereinbaren.

Temperatur °C	Dehngrenze $R_{p\ 0,2}$ MPa	Zugfestigkeit R_m MPa	Bruchdehnung A %
20	240	585	30
100	205	530	
150	190	525	
200	180	515	
250	175	510	
300	170	500	
350	165	495	
400	160	490	
450	155	485	

Tabelle 4 – Mechanische Eigenschaften bei Raum- und erhöhten Temperaturen, Mindestwerte nach VdTÜV-Werkstoffblatt 432

Produktform	Abmessung mm	Dehngrenze $R_{p\ 0,2}$ MPa	Zugfestigkeit R_m MPa	Bruchdehnung A %
Band	0,5-6,4	≥ 240	≥ 585	≥ 30
Blech	5-100	≥ 240	≥ 585	≥ 30
Stange	≤ 240	≥ 220	≥ 550	≥ 35

Tabelle 5 – Mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur gemäß VdTÜV-Werkstoffblatt 432

ISO V-Kerbschlagzähigkeit

Stange, Raumtemperatur, quer: 100 J/cm²

Stange, Raumtemperatur, längs: 150 J/cm²

Korrosionsbeständigkeit

VDM® Alloy 825 ist ein vielseitiger Konstruktionswerkstoff mit Beständigkeit in Säuren und Alkalien sowohl unter oxidierenden als auch reduzierenden Korrosionsbedingungen.

Der hohe Nickelgehalt verleiht der Legierung praktisch Unempfindlichkeit gegenüber Spannungsrisskorrosion.

Die Korrosionsbeständigkeit in den verschiedensten Medien wie Schwefel-, Phosphor-, Salpeter- und organischer Säure ist gut, ebenfalls in Alkalien sowie in Ammoniak, Seewasser und Chloridlaugen.

Die Vielseitigkeit von VDM® Alloy 825 wird demonstriert durch die Verwendung in Auflösungsbehältern für nukleare Brennelemente, in denen eine Vielzahl von korrosiven Medien wie Schwefel- und Salpetersäure sowie Ätznatron wechselnd benutzt werden.

Anwendungsgebiete

VDM® Alloy 825 wird in der Öl- und Gasförderung sowie in einer Vielzahl chemischer Prozesse verwendet. Typische Anwendungsfelder sind:

- Rohre und Armaturen in der Erdöl- und Erdgasförderung wie Wärmetauscher, Verdampfer, Wäscher, Tauchrohre seewassergekühlter Wärmetauscher, Offshore-Rohrleitungen
- Komponenten in Schwefelsäure-Beizanlagen wie Heizschlangen, Behälter, Kessel, Körbe und Ketten
- Wärmetauscher, Verdampfer, Wäscher, Tauchrohre in der Phosphorsäure-Produktion
- Lebensmittelindustrie

Verarbeitung und Wärmebehandlung

VDM® Alloy 825 ist gut warm und kalt umformbar sowie spanabhebend zu bearbeiten.

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 825 zur Schädigung führen. Derartige Verunreinigungen können auch in Markierungs- und Temperaturanzeige-Farben oder -Stiften sowie in Schmierfetten, Ölen, Brennstoffen und dergleichen enthalten sein. 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 sollte 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 825 kann im Temperaturbereich zwischen 1.150 und 900 °C warmgeformt werden mit anschließender schneller Abkühlung in Wasser oder an Luft. Zum Aufheizen sind die Werkstücke in den bereits auf Sollwert aufgeheizten Ofen einzulegen. Wenn der Ofen danach wieder seine Temperatur erreicht hat, sollte das Material für ca. 60 Minuten je 100 mm Dicke gehalten werden. Danach sollte das Werkstück umgehend aus dem Ofen entnommen werden und innerhalb des oben aufgeführten Temperaturintervalls umgeformt werden, wobei bei Erreichen von 900 °C eine Nachwärmung erforderlich wird. Eine Wärmebehandlung nach der Warmumformung wird zur Erzielung optimaler Korrosionseigenschaften und Mikrostruktur empfohlen.

Kaltumformung

Zur Kaltumformung sollten die Werkstücke im geglühten Zustand vorliegen. VDM® Alloy 825 weist eine höhere Kaltverfestigung als austenitische nichtrostende Stähle 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 über 15 % ist eine abschließende Weichglühung durchzuführen.

Wärmebehandlung

Die Weich- oder Stabilglühung sollte bei Temperaturen von 920 bis 980 °C erfolgen, vorzugsweise bei 940 ± 10 °C. Zur Erzielung optimaler Korrosionseigenschaften ist beschleunigt mit Wasser abzukühlen. Bei Dicken unter ca. 3 mm kann auch schnelle Luftabkühlung erfolgen.

Für die Produktformen Band und Draht kann die Wärmebehandlung im Durchlaufofen mit an die Materialdicke angepasster Geschwindigkeit und Temperatur erfolgen.

Bei jeder Wärmebehandlung ist das Material in den bereits auf maximale Glühtemperatur aufgeheizten Ofen einzulegen. 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 $d = 10$ bis 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 unter 'Aufheizen' aufgeführten Sauberkeitsanforderungen sind zu beachten.

Entzundern und Beizen

Oxide von VDM® Alloy 825 und Anlauffarben im Bereich von Schweißungen haften fester als bei Edelstählen. 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 Salzschnmelzen vorbehandelt werden. Die verwendeten Beizbäder müssen bezüglich Konzentration und Temperatur sorgfältig überwacht werden.

Spanabhebende Bearbeitung

Die spanabhebende Bearbeitung von VDM® Alloy 825 sollte im geglühten Zustand erfolgen. Wegen der im Vergleich zu niedriglegierten austenitischen Edelstählen 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 unterscheiden. 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:

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 Edelstähle 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 ° – wie in Abbildung 1 gezeigt – für Stumpfnähte vorzusehen.

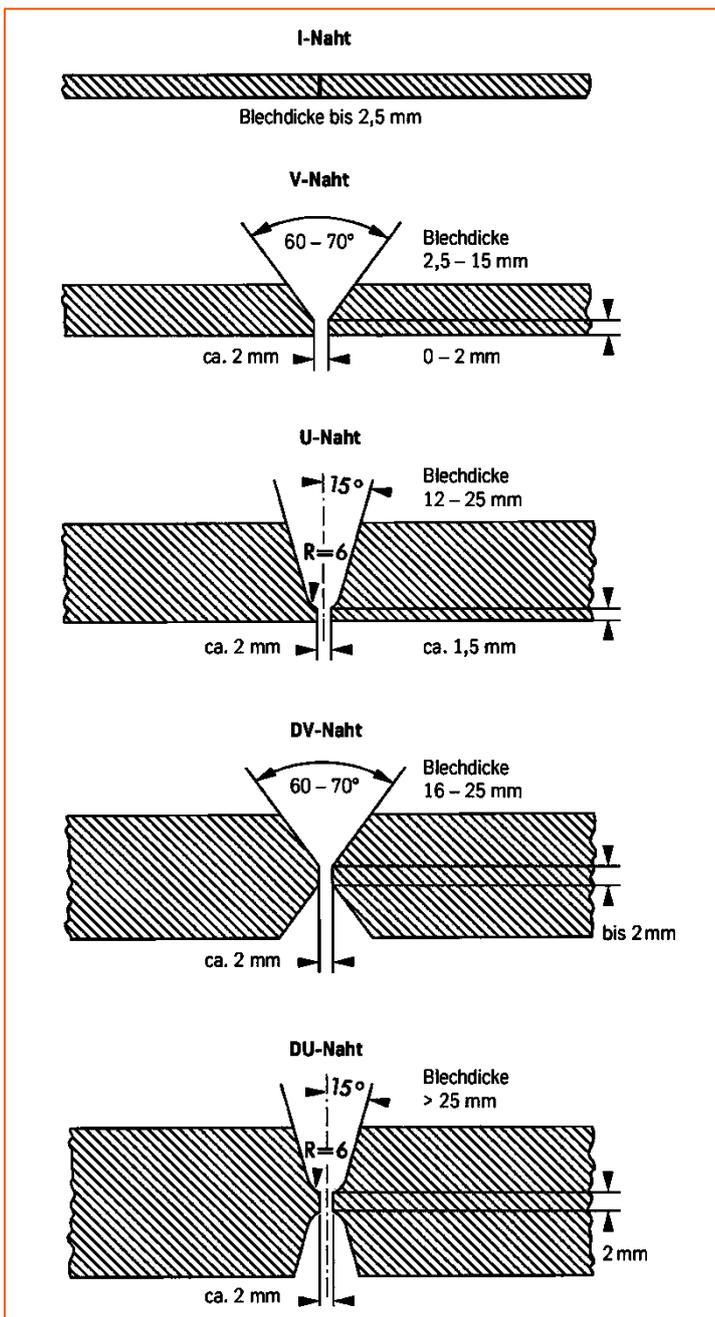


Abbildung 1 – Nahtvorbereitungen für das Schweißen von Nickellegierungen und Sonderedelstählen

Reinigung

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

Schweißverfahren

VDM® Alloy 825 kann artgleich und mit vielen anderen Metallen nach konventionellen Verfahren geschweißt werden. Dies umfasst WIG, MIG/MAG, Plasma, Elektronenstrahlschweißen und E-Hand-Schweißen.

Bei Schutzgas-Schweißverfahren ist die Anwendung der Impulstechnik zu bevorzugen. Für das MAG Verfahren wird der Einsatz eines für Ni-Legierungen geeignete Mehrkomponenten-Schutzgases (Ar + He+ H₂ + CO₂) empfohlen. Zum Schweißen soll VDM® Alloy 825 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 Edelstahl Bürste, während die Schweißnaht noch heiß ist.

Schweißzusatz

Folgender Schweißzusatz wird empfohlen:

WIG/MIG und Stabelektrode

VDM® FM 625 (W.-Nr. 2.4831)
DIN EN ISO 18274: S Ni 6602 (SG-NiCr 21 Mo 9 Nb)
AWS A 5.14: ERNiCrMo-3

Der Einsatz von umhüllten Stabelektroden ist möglich.

Schweißparameter und Einflüsse

Es ist dafür Sorge zu tragen, dass mit gezielter Wärmeführung und geringer Wärmeeinbringung gearbeitet wird, wie in Tabelle 6 exemplarisch gezeigt wird. Die Strichraupentechnik ist anzustreben. Die Zwischenlagentemperatur soll 150 °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 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. Ein Vorwärmen vor dem Schweißen ist in der Regel nicht notwendig. Eine Stabilglühung sollte ebenfalls an Halbzeugen, die bereits bei Betriebstemperaturen von 600 bis 650 °C im Einsatz waren, durchgeführt werden, ehe sie in diesem kritischen Temperaturbereich nach Reparaturschweißungen wieder eingesetzt werden.

Dicke (mm)	Schweiß- verfahren	Schweißzusatz		Wurzellage ¹⁾		Füll- und Decklage		Schweiß- geschwin- digkeit (cm/min)	Schutzgas	
		Durch- messer (mm)	Geschwin- digkeit (m/min)	I in (A)	U in (V)	I in (A)	U in (V)		Art	Menge (l/min)
3	m-WIG	2		90	10	110-120	11	10-15	I1, R1 mit max. 3 % H ₂	8-10
6	m-WIG	2-2,4		100-110	10	120-140	12	10-15	I1, R1 mit max. 3 % H ₂	8-10
8	m-WIG	2,4		10-110	11	130-140	12	10-15	I1, R1 mit max. 3 % H ₂	8-10
10	m-WIG	2,4		100-110	11	130-140	12	10-15	I1, R1 mit max. 3 % H ₂	8-10
3	v-WIG ²⁾	1,2	0,5			150	11	25	I1, R1 mit max. 3 % H ₂	15-20
5	v-WIG ²⁾	1,2	0,5			180	12	25	I1, R1 mit max. 3 % H ₂	15-20
2	v-WIG HD	1	0,3			180	10	80	I1, R1 mit max. 3 % H ₂	15-20
10	v-WIG HD	1,2	0,45			250	12	40	I1, R1 mit max. 3 % H ₂	15-20
4	Plasma ³⁾	1,2	1	165	25			25	I1, R1 mit max. 3 % H ₂	30
6	Plasma ³⁾	1,2	1	190-220	25			25	I1, R1 mit max. 3 % H ₂	30
8	MIG/MAG ⁴⁾	1	8			130-140	23-27	24-30	I1, I3-ArHe-30, Z- ArHeHC 30-2-0.05	18-20
10	MIG/MAG ⁴⁾	1,2	5			130-150	23-27	24-30	I1, I3-ArHe-30, Z- ArHeHC 30-2-0.05	18-20

¹⁾ Bei allen Schutzgasschweißungen ist auf ausreichenden Wurzelschutz mit Ar 4.6 zu achten.

²⁾ Die Wurzellage sollte manuell geschweißt werden (siehe Parameter m-WIG).

³⁾ Empfohlenes Plasmagas I1, R1 mit max. 3 % H₂ / Plasmamenge 3,0 bis 3,5 l/min

⁴⁾ Für MAG Schweißungen wird der Einsatz eines Mehrkomponenten-Schutzgases empfohlen.

Streckenenergie kJ/cm:

m-WIG, v-WIG, Plasma max. 10; WIG-HD max. 6; m-WIG, v-WIG, MIG/MAG max. 11

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

Tabelle 6 – Schweißparameter

Verfügbarkeit

VDM® Alloy 825 ist in folgenden Standard-Halbzeugformen lieferbar:

Stangen

Lieferzustand: Geschmiedet, gewalzt, gezogen, wärmebehandelt, oxidiert, entzundert bzw. gebeizt, gedreht, geschält, geschliffen oder poliert

Abmessungen*	Außendurchmesser mm	Länge mm
Allgemeine Abmessungen	6-800	1.500-12.000
Werkstoffspezifische Abmessungen	22-550	1.500-12.000

*weitere Abmessungen auf Anfrage möglich

Bleche

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*	3-70	≤ 2.500	≤ 12.500	≤ 2.300

* Auf Anfrage Blechdicke ab 2 mm

Band

Lieferzustand: Kaltgewalzt, wärmebehandelt, gebeizt oder blankgeglüht

Dicke mm	Breite mm	Coil-Innendurchmesser mm			
0,02-0,15	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

Draht

Lieferzustand: Blank gezogen, ¼ hart bis hart, blankgeglüht in Ringen, Behältern, auf Spulen und Kronenstöcken

Gezogen mm	Warmgewalzt mm
0,16-10	5,5-19

Weitere Formen und Abmessungen wie Ronden, Ringe, nahtlose bzw. längsnahtgeschweißte Rohre und Schmiedeteile können angefragt werden.

Impressum

Veröffentlichung

23. November 2020

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

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

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