

SCHWEISSEN VON UDDEHOLM WERKZEUGSTÄHLEN



Inhaltsverzeichnis

Allgemeine Informationen zum Schweißen von Werkzeugstahl	3
Schweißverfahren für Werkzeugstahl	3
Der Schweißplatz	5
Schweißzusatzwerkstoff	6
Wasserstoff im Werkzeugstahl	7
Erhöhte Arbeitstemperatur	8
Schweißverfahren	9
Wärmebehandlung nach dem Schweißen	10
Richtlinien für das Schweißen bei	11
– Warmarbeitsstahl	11
– Kunststoffformenstahl	12
– Kaltarbeitsstahl	14

© UDDEHOLMS AB

Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne Genehmigung des Urheberrechtinhabers zu kommerziellen Zwecken vervielfältigt oder übertragen werden.

Die Angaben stützen sich auf den heutigen Stand unserer Kenntnisse und sollen allgemeine Hinweise zu unseren Produkten und deren Verwendung geben. Sie sind daher nicht als Zusicherung bestimmter Eigenschaften der beschriebenen Produkte oder als Gewährleistung der Eignung für einen bestimmten Zweck auszulegen.

Eingestuft nach der EU-Richtlinie 1999/45/EG

Weitere Informationen finden Sie in unseren "Sicherheitsdatenblättern".

Ausgabe 10, 06.2025



ALLGEMEINE INFORMATIONEN ZUM SCHWEISSEN VON WERKZEUGSTAHL

Werkzeugstahl enthält bis zu 2,5 % Kohlenstoff sowie Legierungselemente wie Mangan, Chrom, Molybdän, Wolfram, Vanadium und Nickel. Das Hauptproblem beim Schweißen von Werkzeugstahl ergibt sich aus der hohen Härtebarkeit. Schweißnähte kühlen schnell ab, sobald die Wärmequelle entfernt wird, wodurch das Schweißgut und ein Teil der Wärmeeinflusszone martensitisch umwandeln bzw. gehärtet werden. Diese Umwandlung führt zu Spannungen, da die Schweißnaht in der Regel stark eingespannt ist, was die Gefahr von Rissen mit sich bringt, wenn nicht sehr sorgfältig gearbeitet wird.

Im Folgenden werden die Schweißgeräte, die Schweißtechnik und die Schweißzusatzwerkstoffe beschrieben, die für das erfolgreiche Schweißen von Werkzeugstahl erforderlich sind. Natürlich ist auch das Können und die Erfahrung des Schweißers ein wesentlicher Bestandteil, um zufriedenstellende Ergebnisse zu erzielen. Mit ausreichender Sorgfalt können Schweißreparaturen oder -anpassungen erzielt werden, die in Bezug auf die Leistungsfähigkeit der Werkzeuge kaum hinter der des Grundstahls zurückstehen.

Das Schweißen von Werkzeugen kann aus einem der folgenden Gründe erforderlich sein:

- Aufarbeitung und Reparatur von gerissenen oder abgenutzten Werkzeugen
- Ausbesserung abgeplatzter oder abgenutzter Schneidkanten, z.B. auf Stanzwerkzeugen
- Korrektur von Bearbeitungsfehlern bei der Werkzeugfertigung
- Änderungen am Design



SCHWEISSVERFAHREN FÜR WERKZEUGSTAHL

Lichtbogenhandschweißen (SMAW oder MMA)

Grundsatz

Ein von einer Gleich- oder Wechselstromquelle erzeugter Lichtbogen wird zwischen einer beschichteten, stabförmigen Elektrode und dem Werkstück gezündet (Abb. 1).

Die Elektroden bestehen aus einer zentralen Drahtseele, die in der Regel aus kohlenstoffarmem Stahl besteht und mit einem Überzug aus gepresstem Pulver (Flussmittel) bedeckt ist. Die Zusammensetzung dieser Umhüllung ist komplex und besteht aus Eisenpulver, pulverisierten Ferrolegierungen, Schlackenbildnern und einem geeigneten Bindemittel. Die Elektrode wird während des Schweißens durch den Lichtbogen verbraucht, und Tropfen von geschmolzenem Metall werden auf das Werkstück übertragen. Die Verunreinigung durch Luft während der Übertragung der Schmelztropfen von der Elektrode auf das Werkstück und während der Erstarrung und Abkühlung des Schweißguts wird zum Teil durch Schlacke verhindert, die aus Bestandteilen der Elektrodenumhüllung gebildet wird, und zum Teil durch Gase, die beim Schmelzen der Elektrode entstehen. Die Zusammensetzung des abgeschiedenen Schweißguts wird über die Beschaffenheit der Elektrodenumhüllung gesteuert.

Stromquelle

Für das MMA-Schweißen kann man entweder eine Wechselstromoder eine Gleichstromquelle verwenden. In jedem Fall muss die Stromquelle eine Spannung und einen Strom liefern, die mit der Elektrode kompatibel sind. Normale Lichtbogenspannungen sind:

- Normale Erholungselektroden: 20-30 V
- Elektroden mit hoher Rückgewinnung: 30-50 V

Uddeholm-Schweißzusatzwerkstoffe sind vom normalen Rückgewinnungstyp. Als Stromquelle eignet sich ein Gleichstromaggregat mit einer Leerlaufspannung von 70 V und einer Leistung von 250 A/30 V bei 35 % Unterbrechung.

Wofram-Inertgasschweißen (WIG oder TIG)

Grundsatz

Beim MMA-Schweißen wird die Elektrode beim Schweißen verbraucht.

Die Elektrode beim WIG-Schweißen besteht aus Wolfram oder einer Wolframlegierung, die einen sehr hohen Schmelzpunkt hat (ca. 3300 °C) und daher während des Prozesses nicht verbraucht wird (Abb. 2). wird die Elektrode beim Schweißen verbraucht. Die Wolframelektrode wird immer an den Minuspol einer Gleichstromquelle angeschlossen, da dies die Wärmeentwicklung und damit die Gefahr des Schmelzens der Elektrode minimiert.

Der Strom wird über einen Kontakt im Inneren der WIG-Pistole zur Elektrode geleitet. Die beim WIG-Schweißen erforderlichen Schweißzusätze werden in Form von Stäben oder Drähten schräg in den Lichtbogen geführt. Die Oxidation des Schweißbades wird durch den Schutzgasmantel verhindert, der von der WIG-Pistole über die Elektrode und die Schweißnaht strömt.

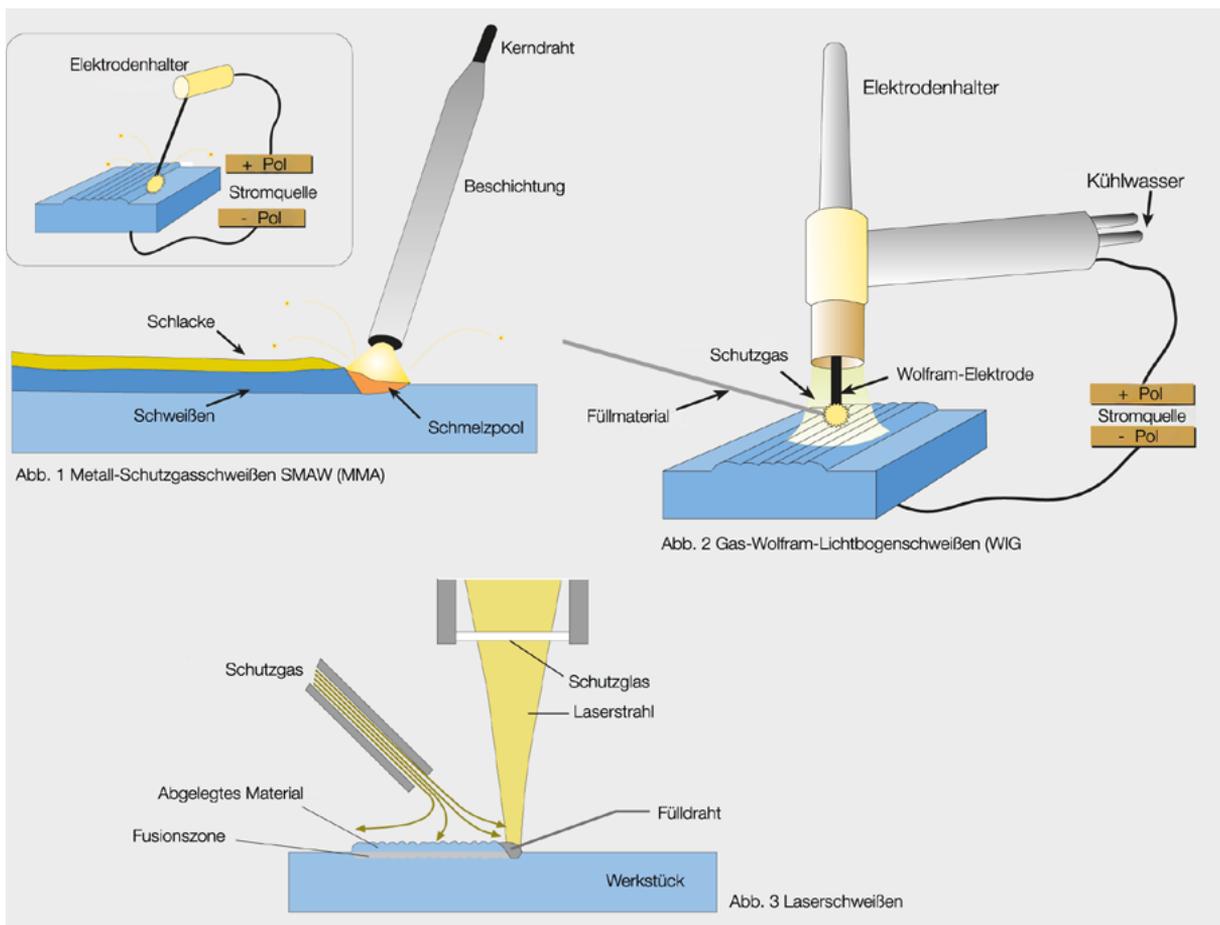
Stromquelle

Das WIG-Schweißen kann mit einer normalen MMA-Stromquelle durchgeführt werden, sofern diese mit einem WIG-Steuergerät ergänzt wird. Eine wassergekühlte Pistole ist normalerweise nicht erforderlich, da die eigentliche Schweißzeit sehr begrenzt ist. Eine Gaslinse ist ebenfalls ein wünschenswertes Merkmal, damit der Schutzgasschutz so effizient wie möglich ist. Das Schweißen wird erleichtert, wenn der Strom stufenlos von Null bis zum optimalen Wert erhöht werden kann.

Laserschweißen

Grundsatz

Das Laserlicht wird mit hoher Leistung erzeugt und durch eine Linse auf den Schweißpunkt fokussiert. Als Schweißzusatzwerkstoff wird hauptsächlich ein dünner Draht mit einem Durchmesser von 0,2-0,7 mm verwendet. Der Schweißer führt den Draht an die zu schweißende Stelle. Der Laserstrahl schmilzt den Draht und das Grundmaterial auf. Das geschmolzene Material erstarrt und hinterlässt einen kleinen erhabenen Bereich. Der Schweißer fährt Punkt für Punkt und Linie für Linie fort. Um den Prozess vor Oxidation zu schützen, sollte ein Argongas mit höherer Reinheit als beim WIG-Schweißen verwendet werden (Abb. 3).



Stromquelle

Beim Auftragschweißen wird normalerweise ein gepulster Festkörper Zustandslaser vom Typ Nd:YAG verwendet.

Typische Leistung	
Nennleistung	150-200 W
Maximaler Impulsausgang	10-12 kW
Impulszeit	0.5-20 ms
Häufigkeit	0.5-20 Hz
Punktdurchmesser	0.5-2.0 mm (0.1-0.5 mm)

DER SCHWEISSPLATZ

Um zufriedenstellende Schweißarbeiten an Werkzeugstahl durchführen zu können, sind die folgenden Ausrüstungsgegenstände als Mindestanforderungen anzusehen.

Trockenes Kabinett

Die für das MMA-Schweißen verwendeten umhüllten Elektroden sind stark hygroskopisch ("wasseranziehend") und dürfen nur mit trockener Luft in Berührung kommen. Andernfalls wird die Schweißnaht mit Wasserstoff verunreinigt (siehe unten).

Daher muss das Schweißfeld sollte mit einem Trockenschrank für die Lagerung der Elektroden ausgestattet sein. Dieser sollte im Bereich von 50-150 °C thermostatisch geregelt sein.

Die Elektroden sollten aus ihren Behältern genommen werden und lose auf Gestellen liegen.

Für das Schweißen von Werkzeugen außerhalb des Schweißplatzes ist auch ein tragbarer, beheizter Behälter nützlich, in dem die Elektroden transportiert werden können.

Werkbank

Bei kritischen Schweißarbeiten, wie sie bei Werkzeugstahl durchgeführt werden, ist es besonders wichtig, dass der Schweißer eine bequeme Arbeitsposition einnimmt. Daher sollte die Werkbank stabil sein, die richtige Höhe haben und ausreichend eben sein, damit die Arbeit sicher und genau positioniert werden kann. Es ist von Vorteil, wenn die Werkbank drehbar und höhenverstellbar ist, da beides den Schweißvorgang erleichtert.



Elektrische Elemente für einen isolierten Vorwärmkasten.

Vorwärmgeräte

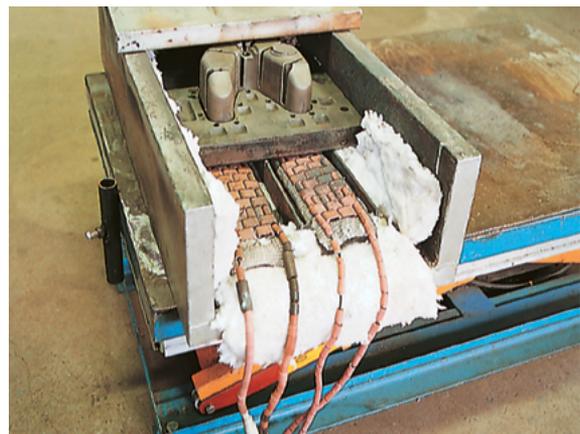
Werkzeugstahl kann bei Raumtemperatur nicht ohne erhebliches Rissrisiko geschweißt werden, und es ist im Allgemeinen erforderlich, die Form oder das Gesenk vorzuwärmen, bevor ein Schweißversuch unternommen werden kann (siehe unten). Es ist zwar durchaus möglich, Werkzeuge durch Vorwärmen in einem Ofen erfolgreich zu schweißen, doch besteht die Gefahr, dass die Temperatur vor Beendigung der Arbeit zu stark abfällt. Daher empfiehlt es sich, das Werkzeug mit einer elektrischen Heizbox, die von einer stromgeregelten Gleichstromquelle gespeist wird, auf der richtigen Temperatur zu halten. Dieses Gerät ermöglicht außerdem eine gleichmäßige und kontrollierte Erwärmung des Werkzeugs. Manchmal reicht es auch aus, das Werkzeug auf einen beheizten Tisch oder eine Platte zu legen, um die Temperatur zu halten.

Für kleinere Reparaturen und Anpassungen ist es akzeptabel, dass das Werkzeug mit einem Propangasbrenner vorgeheizt wird. Daher sollten in der Schweißkabine Flüssigpropangasflaschen zur Verfügung stehen.

Schleifmaschinen

Die folgenden Informationen sollten verfügbar sein:

- Scheibenschleifer mit geeigneter Scheibe zum Vorbereiten der Verbindung und zum Ausschleifen von Fehlstellen, die beim Schweißen entstehen können. Die Größe der Scheibe hängt von der Größe des zu schleifenden Fehlers ab.
- Flachsleifmaschine mit einer Leistung von $\geq 25\ 000$ U/min zum Schleifen kleinerer Fehler und der fertigen Schweißnaht.
- Für die Bearbeitung von polierten oder fotogeätzten Werkstücken kann eine Schleifmaschine erforderlich sein, die eine ausreichend feine Bearbeitung ermöglicht.
- Kleine rotierende Metallfeilen in verschiedenen Formen und Größen.



Vorwärmen in einer isolierten Box.

FÜLLSTOFFMATERIAL

Die chemische Zusammensetzung eines Schweißguts wird durch die Zusammensetzung des Schweißzusatzes, die Zusammensetzung des Grundstahls und den Grad des Aufschmelzens des Grundmaterials beim Schweißen bestimmt. Die abschmelzende Elektrode bzw. der Draht sollte sich leicht mit dem geschmolzenen Grundwerkstoff vermischen und ein Schweißgut mit:

- einheitliche Zusammensetzung, Härte und Reaktion auf die Wärmebehandlung
- Freiheit von nicht-metallischen Einschlüssen, Porosität oder Risse
- Geeignete Eigenschaften für die betreffende Anwendung des Werkzeugs

Da Schweißnähte aus Werkzeugstahl eine hohe Härte aufweisen, sind sie besonders anfällig für Risse, die von Schlackenpartikeln oder Poren ausgehen können. Daher sollte der verwendete Schweißzusatzwerkstoff in der Lage sein, eine qualitativ hochwertige Schweißnaht zu erzeugen. Ebenso ist es notwendig, dass die Schweißzusätze mit einer sehr genauen Analysekontrolle hergestellt werden, damit die Härte im geschweißten Zustand und die Reaktion auf die Wärmebehandlung von Charge zu Charge reproduzierbar sind. Qualitativ hochwertige Schweißzusätze sind auch wichtig, wenn eine Form nach dem Schweißen poliert oder fotogeätzt werden soll. Die Schweißzusatzwerkstoffe von Uddeholm erfüllen diese Anforderungen.

Schweißdrähte werden normalerweise aus elektroschlackeumgeschmolzenem Material hergestellt.

Bei den umhüllten Elektroden handelt es sich um basische Elektroden, die den rutilen Elektroden in Bezug auf die Schweißnahtsauberkeit weit überlegen sind. Ein weiterer Vorteil der basisch umhüllten Elektroden gegenüber den rutilumhüllten ist, dass erstere einen viel geringeren Wasserstoffgehalt im Schweißgut aufweisen. Im Allgemeinen sollte der zum Schweißen von Werkzeugstahl verwendete Schweißzusatzwerkstoff eine ähnliche Zusammensetzung wie der Grundwerkstoff aufweisen. Beim Schweißen im geglühten Zustand, z.B. wenn eine Form oder ein Gesenk während des Herstellungsprozesses angepasst werden muss, ist es wichtig, dass der Schweißzusatz dieselben Wärmebehandlungseigenschaften wie der Grundstahl aufweist, da sonst die geschweißte Stelle im fertigen Werkzeug haben eine unterschiedliche Härte. Große Unterschiede in der Zusammensetzung sind auch mit einem erhöhten Risiko der Rissbildung in Verbindung mit der Aushärtung verbunden.

Uddeholm-Schweißzusatzwerkstoffe sind so konzipiert, dass sie mit den entsprechenden Werkzeugstahlsorten kompatibel sind, unabhängig davon, ob das Schweißen auf geglühtem oder vergütetem Grundmaterial erfolgt.

Es liegt auf der Hand, dass das Schweißgut von geschweißten Werkzeugen für verschiedene Anwendungen unterschiedliche Eigenschaften aufweisen muss.

Für die drei Hauptanwendungssegmente von Werkzeugstahl (Kaltarbeit, Warmarbeit und Kunststoffformen) sind die wichtigsten Eigenschaften des Schweißgutes:

Kaltarbeit

- Härte
- Zähigkeit
- Verschleißfestigkeit

Warmarbeit

- Härte
- Anlassbeständigkeit
- Zähigkeit
- Verschleißfestigkeit
- Widerstand gegen thermische Ermüdung

Kunststoffspritzguss

- Härte
- Verschleißfestigkeit
- Polierbarkeit
- Fotoätzbarkeit
- Chemische Zusammensetzung

Uddeholm Schweißzusatzwerkstoffe

Uddeholm beschichtete Elektroden	
Impax Weld	QRO 90 Weld
Calmax/Carmo Weld	

Uddeholm TIG-Stäbe	
Impax TIG-Weld	Unimax TIG-Weld
Stavax TIG-Weld	Tyrax TIG-Weld
Corrax TIG-Weld	QRO 90 TIG-Weld
Nimax TIG-Weld	Dievar TIG-Weld
Mirrax TIG-Weld	Caldie TIG-Weld
Calmax/Carmo TIG-Weld	Skolvar TIG-Weld

Uddeholm Laser Stäbe	
Nimax Laser Weld	Stavax Laser Weld
Tyrax Laser Weld	Mirrax Laser Weld
Dievar Laser Weld	

Uddeholm MIG Draht	
Dievar MIG-Weld	QRO 90 MIG-Weld
Mirrax MIG-Weld	Nimax MIG-Weld
Stavax MIG-Weld	Tyrax MIG-Weld
Corrax MIG-Weld	Skolvar MIG-Weld
Calmax/Carmo MIG-Weld	

WASSERSTOFF IN WERKZEUGSTAHL

Schweißnähte in Werkzeugstahl haben eine hohe Härte und sind daher besonders anfällig für Kaltrisse, die durch das Eindringen von Wasserstoff beim Schweißen entstehen. In vielen Fällen wird Wasserstoff durch die Adsorption von Wasserdampf in der hygroskopischen Beschichtung von MMA-Elektroden erzeugt.

Die Anfälligkeit einer Schweißnaht für Wasserstoffrisbildung hängt von folgenden Faktoren ab:

- Das Gefüge des Schweißgutes (unterschiedliche Gefüge haben unterschiedliche Wasserstoffempfindlichkeiten)
- Die Härte des Stahls (je höher die Härte, desto höher die Anfälligkeit)
- Das Spannungsniveau, die Menge an diffusionsfähigem Wasser, die beim Schweißen eingebracht wird

Gefüge / Härte

Die charakteristischen Gefüge, die eine hohe Härte in der Wärmeeinflusszone und im Schweißgut bewirken, d.h. Martensit und Bainit, sind besonders empfindlich gegen Versprödung durch Wasserstoff. Diese Anfälligkeit wird, wenn auch nur geringfügig, durch Anlassen gemildert.

Stresslevel

Spannungen in Schweißnähten entstehen aus drei Quellen:

- Schrumpfung während der Erstarrung/Abkühlung
- Temperaturunterschiede zwischen Schweißnaht, Wärmeeinflusszone und Grundstahl
- Umwandlungsspannungen, wenn die Schweißnaht und die Wärmeeinflusszone beim Abkühlen härtet

Im Allgemeinen erreicht das Spannungsniveau in der Nähe der Schweißnaht die Höhe der Streckgrenze, die bei gehärtetem Werkzeugstahl tatsächlich sehr hoch ist. Es ist sehr schwierig, etwas dagegen zu tun, aber die Situation kann durch eine geeignete Schweißnahtgestaltung (Lage der Schweißraupen und Reihenfolge der Läufe) etwas verbessert werden. Es gibt jedoch keine Maßnahmen zur Reduzierung der Spannung, wenn die Schweißnaht stark durch Wasserstoff verunreinigt ist.

Gehalt an diffusiblem Wasserstoff

Was die Anfälligkeit von Schweißnähten für Kaltrisse betrifft, so ist dies der Faktor, gegen den man am einfachsten etwas tun kann. Durch die Einhaltung einer Reihe einfacher Vorsichtsmaßnahmen kann die Wasserstoffmenge die beim Schweißen entstehen, können erheblich reduziert werden.

- Lagern Sie umhüllte Elektroden nach dem Öffnen der Packung immer in einem beheizten Lagerschrank oder einem beheizten Behälter (siehe oben).
- Verunreinigungen auf den Fugenoberflächen der umgebenden Werkzeugoberfläche, z. B. Öl, Rost oder Farbe, sind eine Quelle für Wasserstoff. Daher sollten die Oberflächen der Fuge und des Werkzeugs in der Nähe der Fuge unmittelbar vor Beginn des Schweißens metallisch-blank geschliffen werden.
- Beim Vorwärmen mit einem Propanbrenner ist zu beachten, dass sich auf den nicht direkt von der Flamme berührten Werkzeugoberflächen Feuchtigkeit bilden kann.



Trockenschrank für die Lagerung von Elektroden.

ERHÖHTE ARBEITSTEMPERATUR

Der Hauptgrund für das Schweißen von Werkzeugstahl bei erhöhter Temperatur liegt in der hohen Härtebarkeit und damit Rissanfälligkeit von Werkzeugstahlschweißnähten und Wärmeeinflusszonen. Das Schweißen eines kalten Werkzeugs führt zu einer raschen Abkühlung des Schweißguts und der Wärmeeinflusszone zwischen den Lagen mit der Folge einer Umwandlung in spröden Martensit und der Gefahr von Rissen. Risse, die in der Schweißnaht entstehen, könnten sich durch das gesamte Werkzeug ausbreiten. Daher sollte die Form oder das Werkzeug während des Schweißens auf einer Temperatur von 50-100 °C über der Ms-Temperatur (Martensit-Starttemperatur) des betreffenden Stahls gehalten werden. Die kritische Temperatur ist die Ms des Schweißgutes, die nicht unbedingt mit der des Grundwerkstoffes übereinstimmt. In einigen Fällen kann es sein, dass der Grundwerkstoff vollständig gehärtet ist und bei einer Temperatur unterhalb der Ms-Temperatur angelassen wurde. Daher führt das Vorwärmen des Werkzeugs zum Schweißen zu einem Härteabfall. Die meisten niedrig angelassenen Kaltarbeitsstähle müssen auf eine Temperatur vorgewärmt werden, die über der Anlasstemperatur (ca. 200 °C) liegt. Der Härteabfall muss in Kauf genommen werden, um eine ordnungsgemäße Vorwärmung durchzuführen und das Risiko der Rissbildung beim Schweißen zu mindern.

Beim Mehrlagenschweißen mit einem ordnungsgemäß vorgewärmten Werkzeug bleibt der größte Teil der Schweißnaht während des gesamten Schweißvorgangs austenitisch und wandelt sich bei der Abkühlung des Werkzeugs langsam um. Dies gewährleistet eine einheitliche Härte und ein einheitliches Gefüge über die gesamte Schweißnaht im Vergleich zu der Situation, in der sich jede Schweißnaht zwischen den Durchgängen in Martensit umwandelt. Aus diesen Ausführungen wird deutlich, dass der gesamte Schweißvorgang im heißen Zustand des Werkzeugs durchgeführt werden sollte. Eine Teilschweißung, bei der man das Werkzeug abkühlen lässt und dann später vorwärmt, um die Arbeit zu beenden, ist nicht zu empfehlen, da ein erhebliches Risiko besteht, dass das Werkzeug reißt. Wenn es möglich ist, die Werkzeuge in einem Ofen vorzuwärmen, besteht die Möglichkeit, dass die Temperatur ungleichmäßig ist (Spannungen erzeugt) und dass sie übermäßig abfällt, bevor das Schweißen abgeschlossen ist (vor allem, wenn das Werkzeug klein ist).

Die beste Methode, um das Werkzeug vorzuwärmen und während des Schweißens auf der gewünschten Temperatur zu halten, ist die Verwendung einer isolierten Box mit elektrischen Elementen in den Wänden (siehe Seite 6).



Eine hochglanzpolierte Form für die Herstellung von Autoscheinwerfern.

SCHWEISS- VERFAHREN

Gemeinsame Vorbereitung

Die Bedeutung einer sorgfältigen Vorbereitung kann nicht hoch genug eingeschätzt werden. Risse sollten so ausgeschliffen werden, dass der Rillenwinkel möglichst 60° beträgt. Die Breite des Bodens sollte mindestens 1 mm größer sein als der maximale Elektrodendurchmesser, der verwendet werden soll.

Erosions- oder Hitzeschäden an Warmarbeitsstählen sollten bis auf gesunden Stahl abgeschliffen werden.

Die Werkzeugoberflächen in unmittelbarer Nähe der geplanten Schweißnaht und die Oberflächen der Nut selbst müssen ammetallisch-blank geschliffen werden. Vor Beginn der Schweißarbeiten sollten die geschliffenen Flächen mit Farbeindringmittel geprüft werden, um sicherzustellen, dass alle Defekte entfernt wurden. Das Werkzeug sollte geschweißt werden, sobald die Vorbereitung abgeschlossen ist, da sonst die Gefahr besteht, dass die Oberflächen mit Staub, Schmutz oder Feuchtigkeit verunreinigt werden.

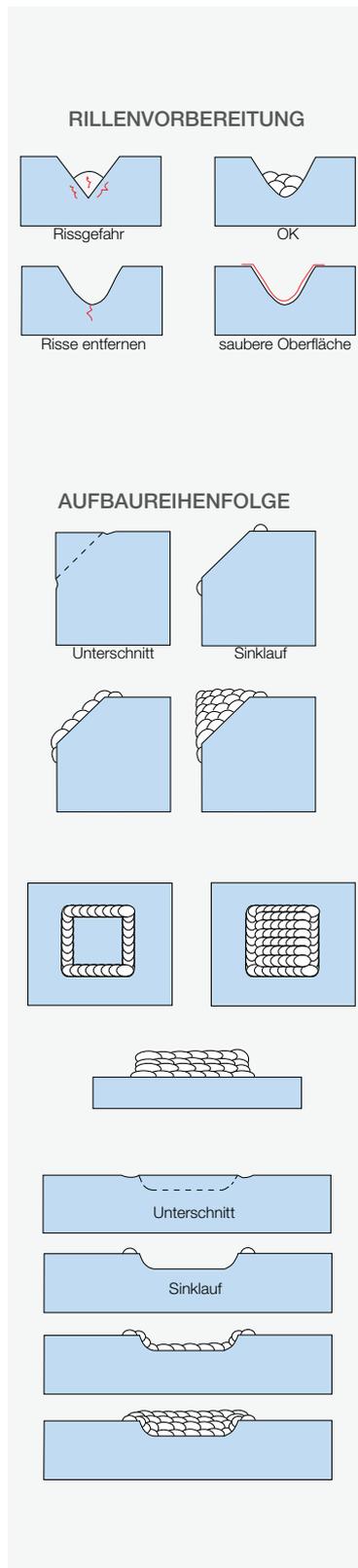
Aufbau der Schweißnaht

Um Hinterschneidungen im Grenzbereich zwischen der Schweißnaht und dem Grundwerkstoff zu vermeiden, beginnen Sie mit feinen Einfallstellen. Die erste Lage sollte mit einer MMA-Elektrode mit kleinem Durchmesser (2,5 mm) oder durch WIG-Schweißen (max. Stromstärke 90 A) hergestellt werden.

Die zweite Schweißlage wird mit dem gleichen Elektrodendurchmesser und Strom wie die erste ausgeführt, um die Wärmeeinflusszone zu minimieren. Der Rest der Nut kann mit einem höheren Strom und Elektroden mit größerem Durchmesser geschweißt werden.

Die letzten Schweißgänge sollten deutlich über die Oberfläche des Werkzeugs hinausgehen. Selbst kleine Schweißnähte sollten mindestens zwei Durchgänge umfassen. Schleifen Sie die letzten Schweißbahnen ab.

Beim MMA-Schweißen sollte der Lichtbogen kurz sein,



und die Schweißraupen sollten in einzelnen Zügen abgeschieden werden. Die Elektrode sollte in einem Winkel von 90° zu den Nahtseiten gehalten werden, um den Einbrand zu minimieren. Außerdem sollte die Elektrode in einem Winkel von 75-80 °C zur Schweißrichtung gehalten werden.

Der Lichtbogen sollte in der Schweißnaht gezündet werden und nicht auf den Werkzeugoberflächen, die nicht geschweißt werden. Die Brandstelle beim Zünden des Lichtbogens ist ein möglicher Ausgangspunkt für Rissbildungen. Um Poren zu vermeiden, sollte die Einbrandstelle zu Beginn des Schweißens vollständig aufgeschmolzen werden. Wird mit einer teilweise benutzten MMA-Elektrode neu begonnen, sollte die Spitze von Schlacke befreit werden.

Bei der Reparatur oder Einstellung von teuren Werkzeugen, z.B. Kunststoffformen mit polierten oder strukturierten Kavitäten, ist ein guter Kontakt zwischen dem Rückführkabel und dem Werkzeug unerlässlich. Ein schlechter Kontakt führt zu Problemen mit sekundären Lichtbögen und die empfindliche Oberfläche kann durch Lichtbogenwunden beschädigt werden. Solche Werkzeuge sollten auf einer Kupferplatte platziert werden, die den bestmöglichen Kontakt gewährleistet. Die Kupferplatte muss zusammen mit dem Werkzeug vorgewärmt werden.

Die fertige(n) Schweißnaht(en) sollte(n) sorgfältig gereinigt und geprüft werden, bevor das Werkzeug abkühlt.

Jeder Defekt, wie z.B. Lichtbogenwunden oder Unterschnidungen, sollten sofort behoben werden.

Bevor das Werkzeug abgekühlt ist, sollte die Oberfläche der Schweißnaht vor der weiteren Bearbeitung fast bis auf das Niveau des umgebenden Werkzeugs abgeschliffen werden.

Bei Formen, bei denen die geschweißten Bereiche poliert oder fotogeätzt werden müssen, sollten die letzten Arbeitsgänge mit dem WIG-Schweißverfahren durchgeführt werden, bei dem die Gefahr von Poren oder Einschlüssen im Schweißgut geringer ist.

WÄRMEBEHANDLUNG NACH DEM SCHWEISSEN

Je nach dem Ausgangszustand des Werkzeugs können nach dem Schweißen die folgenden Wärmebehandlungen durchgeführt werden:

- Anlassen
- Weichglühen, dann Härten und Anlassen wie üblich
- Spannungsarmglühen

Anlassen

Bei voll durchgehärteten Werkzeugen, die reparaturgeschweißt werden, wird empfohlen, sie nach dem Schweißen anzulassen.

Anlassen verbessert die Zähigkeit des Schweißzusatzes und der Wärmeeinflusszone (WEZ).

Die Anlasstemperatur sollte so gewählt werden, dass die Härte des Schweißgutes und des Grundwerkstoffes kompatibel sind. Eine Ausnahme von dieser Regel besteht, wenn das Schweißgut eine deutlich verbesserte Anlassbeständigkeit gegenüber dem Grundwerkstoff aufweist (z.B. Uddeholm Orvar Supreme geschweißt mit Uddeholm QRO 90 Weld); in diesem Fall sollte die Schweißnaht bei der höchstmöglichen Temperatur angelassen werden, bei der der Grundwerkstoff seine Härte beibehält (typischerweise 25°C unter der vorherigen Anlasstemperatur).

In Produktbroschüren für Uddeholm-Schweißzusätze und Werkzeugstähle sind Anlaßkurven angegeben, aus denen die Anlaßbedingungen für geschweißte Werkzeuge ermittelt werden können.



Wärmebehandlung einer Druckgussform nach dem Schweißen

Sehr kleine Reparaturen müssen möglicherweise nicht nach dem Schweißen angelassen werden; dies sollte jedoch, wenn möglich, durchgeführt werden.

Weichglühen

Werkzeuge, die geschweißt werden, um Konstruktionsänderungen oder Bearbeitungsfehler während der Werkzeugherstellung auszugleichen, und die sich im weichgeglühten Zustand befinden, müssen nach dem Schweißen wärmebehandelt werden. Da das Schweißgut und die WEZ während der Abkühlung gehärtet sind, ist es sehr wünschenswert, die Schweißnaht vor dem Härten und Anlassen des Werkzeugs weichzuglühen. Der verwendete Weichglühzyklus entspricht dem für den Grundstahl empfohlenen. Der geschweißte Bereich kann dann bearbeitet werden, und das Werkzeug kann wie üblich fertiggestellt und wärmebehandelt werden. Aber auch wenn das Werkzeug durch bloßes Schleifen der Schweißnaht fertiggestellt werden kann, wird zunächst ein Weichglühen empfohlen, um die Rissbildung während der Wärmebehandlung abzumildern.

Spannungsabbau

Nach dem Schweißen wird manchmal ein Spannungsabbau durchgeführt, um Eigenspannungen zu verringern. Bei sehr großen oder stark beanspruchten Schweißnähten ist dies eine wichtige Vorsichtsmaßnahme. Soll die Schweißnaht angelassen oder weichgeglüht werden, ist ein Spannungsarmglühen normalerweise nicht erforderlich. Vorvergüteter Werkzeugstahl sollte jedoch nach dem Schweißen spannungsarmgeglüht werden, da normalerweise keine weitere Wärmebehandlung durchgeführt wird.

Die Spannungsarmglühtemperatur muss so gewählt werden, dass weder der Grundstahl noch der geschweißte Bereich während des Vorgangs stark erweichen.

Sehr kleine Schweißreparaturen oder -anpassungen erfordern in der Regel keine Spannungsarmglühung.

WEITERE INFORMATIONEN

Informationen über die Wärmebehandlung des Werkzeugs nach dem Schweißen können den Broschüren des Schweißzusatzes und/oder des betreffenden Werkzeugstahls entnommen werden.

LEITLINIEN FÜR DAS SCHWEISSEN VON UDDEHOLM-WERKZEUGSTAHL

Die Tabellen auf den folgenden Seiten enthalten Einzelheiten zur Reparatur von Schweißnähten oder zur Anpassung von Werkzeugen aus Uddeholm-Stahlsorten für die Warm- und Kaltarbeit sowie für die Kunststofftechnik.

Schweißen von Warmarbeitsstahl - WIG (TIG) - MIG (GMAW) - MMA - LASER

Uddeholm Stahlsorte	Zustand	Schweißverfahren	Zusatzwerkstoffe	Vorheiztemperatur	Härte wie geschweißt	Nachbehandlung	Bemerkungen
Vidar Superior Vidar 1 Vidar 1 ESR	weichgeglüht	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	QRO 90 TIG Weld QRO 90 MIG Weld Dievar TIG Weld Dievar MIG Weld Unimax TIG Weld QRO 90 MMA Weld	330°C ± 25°C	48-58 HRC	Weichglühen Härten Erwärmen	Weichglühen, sh. Produktbroschüre
	gehärtet					Anlassen	Gehärtetes Material 25 °C unter der letzten Anlasstemperatur anlassen.
		Laser	Dievar Laser Weld	-	48-52 HRC	-	
Orvar Supreme Orvar 2 Microdized	weichgeglüht	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	QRO 90 TIG Weld QRO 90 MIG Weld Dievar TIG Weld Dievar MIG Weld Unimax TIG Weld QRO 90 MMA Weld	330°C ± 25°C	48-58 HRC	Weichglühen Härten Erwärmen	Zwischenlagentemperatur, sh. Produktbroschüre
	gehärtet					Anlassen	
		Laser	Dievar Laser Weld	-	48-52 HRC	-	
Dievar	weichgeglüht	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	QRO 90 TIG Weld QRO 90 MIG Weld Dievar TIG Weld Dievar MIG Weld Unimax TIG Weld QRO 90 MMA Weld	330°C ± 25°C	48-58 HRC	Weichglühen Härten Erwärmen	
	gehärtet					Anlassen	
		Laser	Dievar Laser Weld	-	48-52 HRC	-	
QR 90 Supreme	weichgeglüht	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	QRO 90 TIG Weld QRO 90 MIG Weld Dievar TIG Weld Dievar MIG Weld Unimax TIG Weld QRO 90 MMA Weld	330°C ± 25°C	48-58 HRC	Weichglühen Härten Erwärmen	
	gehärtet					Anlassen	
		Laser	Dievar Laser Weld	-	48-52 HRC	-	
Skolvar	weichgeglüht	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	QRO 90 TIG Weld QRO 90 MIG Weld Skolvar TIG Weld Skolvar MIG Weld Dievar TIG Weld Dievar MIG Weld Caldie TIG Weld UTP A 696 TIG Weld QRO 90 MMA Weld UTP 690 MMA Weld	330°C ± 25°C	48-62 HRC	Weichglühen Härten Erwärmen	
	gehärtet					Anlassen	
		Laser	Dievar Laser Weld	-	48-52 HRC	-	
Alvar 14	weichgeglüht	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	UTP A 73 G4 TIG Weld Dievar TIG Weld QRO 90 TIG Weld UTP A 73 G4 MIG Weld Dievar MIG Weld QRO 90 MIG Weld UTP A 73 G4 MMA Weld	250°C ± 25°C	38-52 HRC	Weichglühen Härten Erwärmen	Spannungsentlastung bei großen Reparaturen.
	gehärtet					Erwärmen auf 550 °C oder 25 °C unter der vorherigen Anlasstemperatur für 2Std.	Zwischenlagentemperatur, sh. Produktbroschüre
		Laser	Dievar Laser Weld	-	48-52 HRC	-	

Weitere Einzelheiten finden Sie bei den Schweißempfehlungen für die einzelnen Werkstoffe

Schweißen von Kunststoffstählen - TIG (GTAW) - MIG (GMAW) - MMA - LASER

Uddeholm Stahlsorte	Zustand	Schweiß- verfahren	Zusatzwerkstoffe	Vorheiz- temperatur	Härte wie geschweißt	Nachbehandlung	Bemerkungen
Stavax ESR Polmax	weichgeglüht	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	Stavax TIG Weld Mirrax TIG Weld Tyrax TIG Weld Mirrax MIG Weld Tyrax MIG Weld Böhler FOX 20 MWW MMA Weld	225 °C ± 25 °C	48-58 HRC	Weichglühen Härten Erwärmen	Wärmebehandlung, sh. Produktbroschüren
	gehärtet					Erwärmen auf 25 °C unter der letzten Anlasstemperatur, für 2 Std.	
		Laser	Stavax Laser Weld Mirrax Laser Weld Tyrax Laser Weld	-	48-58 HRC	-	Zwischenlagen- temperatur, sh. Produktbroschüren
Mirrax ESR	weichgeglüht	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	Mirrax TIG Weld Stavax TIG Weld Tyrax TIG Weld Mirrax MIG Weld Tyrax MIG Weld Böhler FOX 20 MWW MMA Weld	330 °C ± 25 °C	48-58 HRC	Weichglühen Härten Erwärmen	
	gehärtet					Erwärmen auf 25 °C unter der letzten Anlassentemperatur, für 2 Std.	
		Laser	Mirrax Laser Weld Tyrax Laser Weld	-	48-52 HRC	-	
Mirrax 40	weichgeglüht	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	Mirrax TIG Weld Stavax TIG Weld Tyrax TIG Weld Mirrax MIG Weld Tyrax MIG Weld Böhler FOX 20 MWW MMA Weld	330 °C ± 25 °C	48-58 HRC	Weichglühen Härten Erwärmen	
	gehärtet					Erwärmen auf 25 °C unter der letzten Anlassentemperatur, für 2 Std.	
		Laser	Mirrax Laser Weld Tyrax Laser Weld	-	48-52 HRC	-	
Tyrax ESR	weichgeglüht	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	Tyrax TIG Weld Mirrax TIG Weld Stavax TIG Weld Tyrax MIG Weld Mirrax MIG Weld Böhler FOX 20 MWW MMA Weld	250 °C ± 25 °C	48-58 HRC	Weichglühen Härten Erwärmen	
	gehärtet					Erwärmen auf 25 °C unter der letzten Anlassentemperatur, für 2 Std.	
		Laser	Tyrax Laser Weld	-	55-58 HRC	-	
Unimax	weichgeglüht	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	Unimax TIG Weld Tyrax TIG Weld Dievar TIG Weld QRO 90 TIG Weld Tyrax MIG Weld Dievar MIG Weld QRO 90 MIG Weld QRO 90 MMA Weld	225 °C ± 25 °C	48-58 HRC	Weichglühen, sh. Produktbroschüre	
	gehärtet					Erwärmen auf 25 °C unter der letzten Anlassentemperatur, für 2 Std.	
		Laser	Tyrax Laser Weld	-	55-58 HRC	-	

Uddeholm Stahlsorte	Zustand	Schweiß- verfahren	Zusatzwerkstoffe	Vorheiz- temperatur	Härte wie geschweißt	Nachbehandlung	Bemerkungen
Elmax*	weichgeglüht	WIG (TIG)	Tyrax TIG Weld UTP A696 TIG Weld	350 °C ± 25 °C	60-64 HRC A696 58 - 62 HRC Caldie	Weichglühen, sh. Produktbroschüre	Wärmebehandlung, sh. Produktbroschüre
	gehärtet					Erwärmen auf 25 °C unter der letzten Anlasstemperatur, für 2 Std.	
		Laser		Tyrax Laser Weld	-	55-60 HRC	-
Impax Supreme	vorvergütet	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	Impax TIG Weld Nimax MIG Weld Impax MMA Weld	Vorvergütet 290-330 HB: 225 °C ± 25 °C	300-375 HB	Weichglühen Härten Erwärmen	Weichglühen und Härten, sh. Wärmebe- handlungsspezifikation in der Uddeholm Impax Supreme Pro- duktbroschüre
		Laser		Nimax Laser Weld	-		-
Nimax	vorvergütet	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	Nimax TIG Weld Nimax MIG Weld Impax Weld MMA Weld	Vorvergütet 40 HRC: 175 °C ± 25 °C	40 HRC	Spannungsarm- glühen, bei großen Reparaturen, 450 °C für 2 Std.	Wärmebehandlung sh. Produktbroschüre Zwischenlagentempe- ratur, sh. Produktbro- schüren
		Laser		Nimax Laser Weld	-	40 HRC	
Holdax	vorvergütet	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	Nimax TIG Weld Nimax MIG Weld Impax Weld MMA Weld	Vorvergütet 290-330 HB: 225 °C ± 25 °C	300-375 HB	Weichglühen Härten Erwärmen auf 550 °C, für 2 Std.	
		Laser		Nimax Laser Weld	-		
Corrax	lösungs- geglüht gealtert	WIG (TIG) MIG (GMAW)	Corrax TIG Weld TURBALOY 13-8 Mo	Keine, wenn das Schweißen im Lieferzustand und/oder unter schweren Rück- haltebedingun- gen erfolgt	30-35 HRC	Verspröden	
		Laser		Mirrax Laser Weld	-		
Ramax HH**	vorvergütet	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	Impax TIG Weld Nimax MIG Weld Impax MMA Weld	Vorvergütet 290-330 HB: 225 °C ± 25 °C	300-375 HB	Weichglühen Härten Anlassen für 2 Std.	
		Laser		Nimax Laser Weld	-		

* Schweißen sollte wegen der Gefahr der Rissbildung generell vermieden werden.

**Geringfügige Schweißarbeiten können bei Umgebungstemperatur durchgeführt werden.

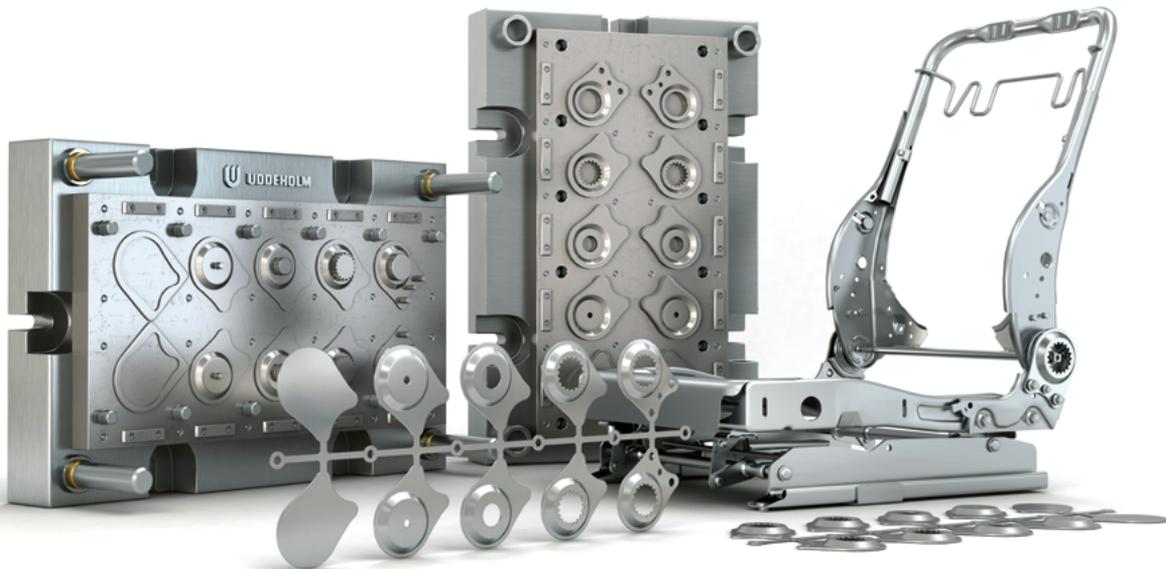
Weitere Einzelheiten finden Sie bei den Schweißempfehlungen der einzelnen Werkstoffe

Schweißen von Kaltarbeitsstahl - TIG (GTAW) - MIG (GMAW) - MMA - LASER

Uddeholm Stahlsorte	Zustand	Schweißverfahren	Zusatzwerkstoffe	Vorheiztemperatur	Härte wie geschweißt	Nachbehandlung	Bemerkungen
Arne	weichgeglüht	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	Caldie TIG Weld Calmax/Carmo TIG Weld Calmax/Carmo MIG Weld Calmax/Carmo MMA Weld	225°C ± 25°C	58-62 HRC	Weichglühen Härten Erwärmen	Gehärtetes Material 25 °C unter der letzten Anlasstemperatur anlassen.
	gehärtet					Anlassen	
		Laser	Tyrax Laser Weld	-	55-60 HRC	-	
Rigor	weichgeglüht	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	Caldie TIG Weld Unimax TIG Weld UTP A696 TIG Weld Dievar MIG Weld QRO 90 MIG Weld UTP 690 MMA Weld UTP 67S MMA Weld UTP 73 G2 MMA Weld	250°C ± 25°C	48-64 HRC	Weichglühen Härten Erwärmen	
	gehärtet					Anlassen	
		Laser	Tyrax Laser Weld	-	55-60 HRC	-	
Viking	weichgeglüht	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	Caldie TIG Weld Unimax TIG Weld UTP A696 Tyrax MIG Weld UTP 690 MMA Weld UTP 67S MMA Weld UTP 73 G2 MMA Weld	225°C ± 25°C	55-64 HRC	Weichglühen Härten Erwärmen	
	gehärtet					Anlassen	
		Laser	Tyrax Laser Weld	-	55-60 HRC	-	
Caldie	weichgeglüht	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	Caldie TIG Weld Unimax TIG Weld UTP A696 TIG Weld Dievar MIG Weld QRO 90 MIG Weld UTP 690 MMA Weld UTP 67S MMA Weld UTP 73 G2 MMA Weld	250°C ± 25°C	48-64 HRC	Weichglühen Härten Erwärmen	
	gehärtet					Anlassen	
		Laser	Tyrax Laser Weld	-	55-60 HRC	-	
Sleipner	weichgeglüht	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	Caldie TIG Weld Unimax TIG Weld UTP A696 TIG Weld Dievar MIG Weld QRO 90 MIG Weld UTP 690 MMA Weld UTP 67S MMA Weld UTP 73 G2 MMA Weld	250°C ± 25°C	48-64 HRC	Weichglühen Härten Erwärmen	
	gehärtet					Anlassen	
		Laser	Tyrax Laser Weld	-	55-60 HRC	-	
Sverker 21 Sverker 3	weichgeglüht	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	Caldie TIG Weld Unimax TIG Weld UTP A696 TIG Weld Dievar MIG Weld QRO 90 MIG Weld UTP 690 MMA Weld UTP 67S MMA Weld UTP 73 G2 MMA Weld	250°C ± 25°C	48-64 HRC	Weichglühen Härten Erwärmen	
	gehärtet					Anlassen	
		Laser	Tyrax Laser Weld	-	55-60 HRC	-	
Superclean* Vanadis 23 Superclean* Vanadis 30 Superclean* Vanadis 60 Superclean*	weichgeglüht	WIG (TIG)	Caldie TIG Weld UTP A696 TIG Weld	375°C ± 25°C	58-64 HRC	Weichglühen Härten Erwärmen	
	gehärtet					Anlassen	
		Laser	Tyrax Laser Weld	-	55-60 HRC	-	

Uddeholm Stahlsorte	Zustand	Schweiß- verfahren	Zusatzwerkstoffe	Vorheiz- temperatur	Härte wie geschweißt	Nachbehandlung	Bemerkungen
Vanadis 4 Extra*	weichgeglüht	WIG (TIG)	Caldie TIG Weld UTP A696 TIG Weld	300°C ± 25°C	58-64 HRC	Weichglühen Härten Erwärmen	Gehärtetes Material 25 °C unter der letzten Anlasstemperatur anlassen.
	gehärtet					Anlassen	
		Laser	Tyrax Laser Weld	-	55-60 HRC	-	
Calmax	weichgeglüht	WIG (TIG) MIG (GMAW) MMA	Caldie TIG Weld Unimax TIG WELD UTP A696 Dievar MIG Weld QRO 90 MIG Weld UTP 690 MMA Weld UTP 67S MMA Weld UTP 73 G2 MMA Weld	250°C ± 25°C	48-64 HRC	Weichglühen Härten Erwärmen	
	gehärtet					Erwärmen auf 25 °C unter der letzten Anlasstemperatur, für 2 Std.	
		Laser	Tyrax Laser Weld	-	55-60 HRC	-	

* Schweißen sollte wegen der Gefahr der Rissbildung generell vermieden werden.
Weitere Einzelheiten finden Sie bei den Schweißempfehlungen für die einzelnen Werkstoffe



Manufacturing solutions for generations to come

SHAPING THE WORLD®

Wir gestalten die Welt gemeinsam mit der globalen Fertigungsindustrie. Uddeholm stellt Stahl her, der Produkte formt, die wir in unserem täglichen Leben verwenden. Wir tun dies nachhaltig, fair gegenüber den Menschen und der Umwelt. So können wir die Welt weiter gestalten
- Heute und für kommende Generationen.