



SCHWEISSEN IM WERKZEUGBAU

Anleitung zum Schweißen von Kaltarbeitsstählen, Warmarbeitsstählen, Schnellarbeitsstählen,
Kunststoffformenstählen einschließlich der PM-Hochleistungswerkstoffe



WERKSTOFFE FÜR DEN WERKZEUGBAU

Inhalt	
Einleitung	3
Werkstoffe für den Werkzeugbau	3
Schweißtechnische Verarbeitung im Werkzeugbau	4
Angewandte Schweißverfahren	5
E-Hand-Schweißen	
WIG-Schweißen	
MSG-Schweißen und Fülldrahtschweißen	
Schweißtechnische Regelungen im Werkzeugbau	8
Auswahl der Schweißzusatzwerkstoffe	
Vorbereitung vor dem Schweißen	
Arbeitstemperatur vor und während des Schweißens	
Durchführung der Schweißarbeit	
Wärmebehandlung nach dem Schweißen	
Praxisbezogener Schweißversuch mit diversen BÖHLER Hochleistungs-Werkstoffen	14
Werkstoffbezogene Schweißempfehlungen	17
Schweißen von Kaltarbeitsstählen und Schnellarbeitsstählen	18
Schweißen von Warmarbeitsstählen	20
Schweißen von Kunststoffformenstählen	22

Einleitung

Werkzeuge müssen oft geschweißt werden. Dies trifft besonders bei teuren Werkzeugen zu wie z.B. Druckgussformen, großen Schmiedegesenken, Kunststoffformen, Karosseriewerkzeugen sowie Schneid- und Umformwerkzeugen. Gerade hier sind Reparaturen und Korrekturarbeiten mittels Schweißens eine sehr attraktive, wirtschaftliche Alternative, verglichen mit den Kosten für die Herstellung eines neuen Werkzeuges. Das Schweißen von Werkzeugen kann für folgendes notwendig sein:

- Ausbessern und Reparatur von gerissenen bzw. verschlissenen Werkzeugen
- Erneuern von verschlissenen bzw. ausgebrochenen Schnittkanten, z.B. bei Schneidwerkzeugen
- Korrekturarbeiten nach Herstellungsfehlern
- Designänderungen.

Bei Stählen für den Werkzeugbau spricht man aufgrund der hohen Kohlenstoffgehalte normalerweise von einer schlechten Schweißbarkeit. Werkzeugstähle mit 0,3 – 2,5% Kohlenstoff gehören beispielweise aufgrund ihrer Legierungszusammensetzung zu den Werkstoffen, bei denen ein Schweißen mit Risiken verbunden ist. Das Hauptproblem beim Schweißen von Werkzeugstählen liegt in deren hoher Härtebarkeit. Während der schnellen Abkühlung der Schweißnaht entstehen thermische Gefügeumwandlungsspannungen, dadurch sind Risse in der geschweißten Zone möglich. Zum Erhalten qualitätsgerechter Schweißverbindungen sind solche Naht-Eigenschaftsverminderungen zu vermeiden.

Diese Broschüre konzentriert sich auf technologische Hinweise zu Schweißanlagen, Schweißzusatzwerkstoffen, Schweißvorgängen, Wärmeeinbringungen sowie thermischen Nachbehandlungen, die für eine erfolgreiche schweißtechnische Verarbeitung von Werkzeugstählen und Kunststoffformenstählen berücksichtigt werden sollten. Anschließend werden werkstoffbezogene Schweißempfehlungen in Verbindung mit UTP Schweißzusatzwerkstoffen gegeben, um praktische Reparatur- und Korrekturschweißungen im Werkzeugbau durchzuführen.

Diese Broschüre ist in Zusammenarbeit mit der UTP Schweißmaterial GmbH entstanden.



UTP Schweißmaterial GmbH

Elsässer Straße 10

D-79189 Bad Krozingen

Tel.: +49 - (0) 7633 - 409 - 01

Fax: +49 - (0) 7633 - 409 - 222

Im Werkzeugbau werden überwiegend Werkzeugstähle, die in Kaltarbeitsstähle, Warmarbeitsstähle, Schnellarbeitsstähle und Kunststoffformenstähle nach DIN EN ISO 4957:1999 unterteilt werden können, eingesetzt.

Stähle für Werkzeuge



Werkzeugstähle sind härtbare Eisenwerkstoffe. Die Härtungsmechanismen beruhen vorwiegend auf der Umwandlungshärtung d.h. Martensitbildung und zum Teil auf der Ausscheidungshärtung durch Karbid- und Nitridbildung. Die zum Erreichen einer bestimmten Härte notwendige Abkühlgeschwindigkeit kann den Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubildern (ZTU) entnommen werden. Werkzeugstähle weisen eine dem Verwendungszweck angepasste hohe Härte, hohen Verschleißwiderstand und Zähigkeit auf.

Kaltarbeitsstähle sind unlegierte oder legierte Stähle für Anwendungen, bei denen die Oberflächentemperatur im Allgemeinen unter etwa 200 °C liegt.

Warmarbeitsstähle sind legierte Stähle für Anwendungen, bei denen die Oberflächentemperatur des Werkzeugs (im Einsatz) über 200 °C betragen kann.

Schnellarbeitsstähle sind Stähle, die aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung die höchste Warmhärte und Anlassbeständigkeit haben und deshalb bei Temperaturen von bis zu 600 °C (hauptsächlich zum Zerspanen und zum Umformen) einsetzbar sind.

Kunststoffformenstähle sind Stähle, welche für die Herstellung von formgebenden Werkzeugen für die Kunststoffverarbeitung verwendet werden. Hierbei kann es sich um unlegierte Stähle, Einsatzstähle und Werkzeugstähle handeln. Die Kunststoffformenstähle zeichnen sich durch zwei Faktoren aus. Einerseits garantieren sie höchste Stahlqualität, andererseits können die Stahleigenschaften individuell und optimal auf die unterschiedlichsten Anforderungen an das jeweilige Werkzeug bzw. an das Kunststoffprodukt abgestimmt werden. Durch die Verwendung modernster Technologien erfüllen die Kunststoffformenstähle höchste Anforderungen hinsichtlich Reinheitsgrad, Polierbarkeit, Gleichmäßigkeit in Härte und Gefügestruktur, Verschleißbeständigkeit, Temperaturbeständigkeit, Bearbeitbarkeit, Zähigkeit und Härte sowie Wärmeleitfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit.

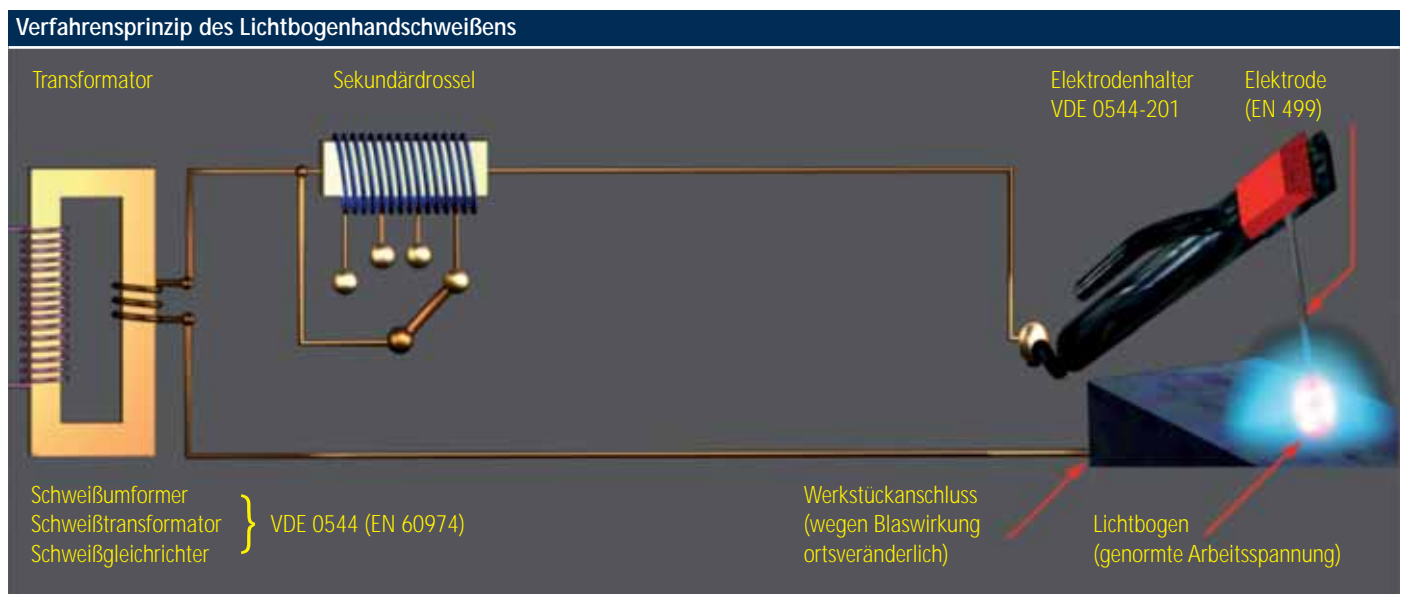
SCHWEISSTECHNISCHE VERARBEITUNG IM WERKZEUGBAU

Angewandte Schweißverfahren

E-Hand-Schweißen

Ein elektrischer Lichtbogen brennt zwischen einer umhüllten abschmelzenden Stabelektrode und dem Werkstück. Das Schweißbad, die erstarrte Schweißnaht und die von der Elektrode zum Werkstück übergehenden Tropfen werden vor dem Zutritt der Luft durch das sich bildende Schutzgas und die Schlacke geschützt. Die Zusammensetzung des Schweißgutes wird durch die Zusatzstoffe in Kerndraht und der Elektrodenumhüllung bestimmt.

Beim Lichtbogenhandschweißen können sowohl Wechselstrom- als auch Gleichstromgeneratoren eingesetzt werden. Unabhängig davon müssen aber auf jeden Fall für die ausgewählte Elektrode kompatible Spannungs-/Stromverhältnisse eingestellt werden.



Im Bereich der Werkzeugreparatur werden über 50 verschiedene Stabelektroden verwendet. Je nach Anforderung sind rutil oder basisch umhüllte Elektroden verfügbar.

Rutilumhüllte Elektroden haben einen stabilen weichen Sprühlichtbogen, welcher ein Schweißen mit geringen Stromstärken ermöglicht. Die entstandene glatte Schweißraupe ist ideal für das Schweißen von Schnittkanten. Die Schlacke ist selbstablösend. Die mechanischen Gütewerte der Schweißverbindung sind gut bis sehr gut. Jedoch werden keinesfalls die mechanischen Gütewerte, welche mit einer basisch umhüllten Elektrode erreicht werden können, erzielt.

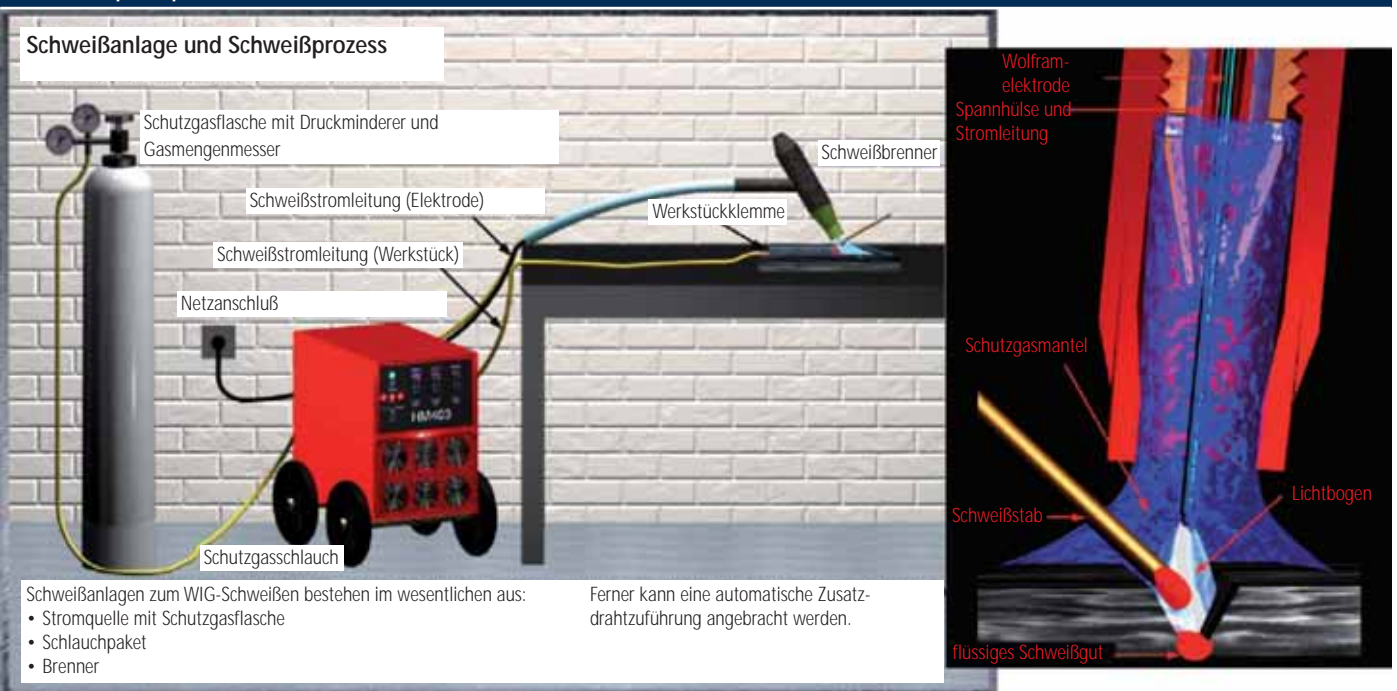
Basisch umhüllte Elektroden haben einen intensiveren Lichtbogen mit stärkerem Einbrand und höherer Auftragung. Das Nahtaussehen ist nicht so feinschuppig wie das einer rutilumhüllten Elektrode. Die Schlacke muss bei Mehrlagenschweißungen nicht entfernt werden, was einen Vorteil bei größeren Schweißaufgaben darstellt. Das Schweißgut hat eine bessere Zähigkeit, Wasserstoffgehalte im Schweißgut von < 5 ppm sind erreichbar.

WIG-Schweißen

Beim WIG-Schweißen wird der Lichtbogen durch das Anlegen einer Hochfrequenzspannung zwischen der Wolframelektrode und dem Werkstück unter einem inerten Schutzgasmantel (Argon) gezündet. Diese Spannung ionisiert das Gas zwischen Elektrode und Werkstück und macht den Kontakt zwischen Elektrode und Werkstück überflüssig.

Der in den Lichtbogen schräg geführte Schweißstab, als notwendiger Schweißzusatzwerkstoff, wird stromlos abgeschmolzen. Eine Oxydation des Schweißguts wird durch die Inertgashülle verhindert.

Verfahrensprinzip des WIG-Schweißens



Das WIG-Schweißen kann mit einem normalen Generator für das Lichtbogenhandschweißen ausgeführt werden, wenn dieser mit einem Zusatzregler für das WIG-Schweißen ausgestattet ist. Die Wolframelektrode wird immer an den negativen Pol eines Gleichstromgenerators angeschlossen, um die Wärmeentwicklung zu minimieren und dadurch ein mögliches Schmelzen der Elektrode zu vermeiden. Das Schweißen wird erleichtert durch die Möglichkeit einer von Null bis zum maximalen Wert stufenlosen Stromregulierung. Um den Strom zu minimieren und genau einstellen zu können, sollte die Maschine einen Fußschalter haben. Das Schutzgas sollte Argon mit einer Reinheit von 99,996 vol% sein.

Das WIG-Schweißen ist vor allem für die Reparatur von kleinen Werkzeugen anzuwenden. Der Vorteil ist, dass komplizierte Schnittkanten und Formen repariert werden können. Die Verwendung kleiner Wolframelektroden ermöglicht eine bessere Konzentration der Wärme. Damit kann das Schweißgut besser deponiert werden ohne den Grundwerkstoff zu stark thermisch zu beeinflussen und den Verzug zu minimieren.

SCHWEISSTECHNISCHE VERARBEITUNG IM WERKZEUGBAU

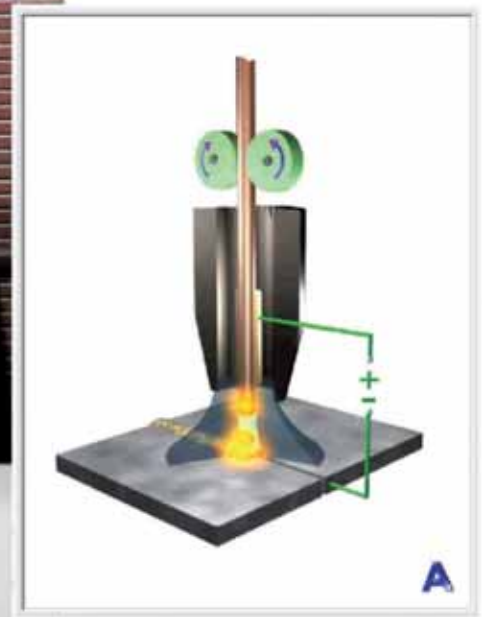
MSG-Schweißen und Fülldrahtschweißen

Eine endlose und meist positiv gepolte Drahtelektrode wird von einer Drahtfördereinrichtung dem Lichtbogen zugeführt und unter einem Schutzgasmantel aus inertem Gas (MIG) oder einem Aktivgas (MAG) abgeschmolzen. Die Stromquelle verfügt über eine flache Belastungskennlinie und spezielle

Schweißseigenschaften. Es können sich in Abhängigkeit von der Schweißstromstärke verschiedene Lichtbogenformen ausbilden. In der Tabelle sind die Eigenschaften und Anwendungshinweise von verschiedenen Lichtbogenarten zusammengefasst. Generell werden 1,2 mm oder 1,6 mm Drähte verwendet.

Verfahrensprinzip des MSG-Schweißens

Aufbau einer MSG-Anlage



Das MSG-Schweißgerät setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

1. Schweißstromquelle mit Netzanschluss und Schweißleitung
2. Drahtelektrodenförderung mit Drahtspule und Drahtfördereinrichtung
3. Schutzgaszuführung mit Schutzgasmengenmesser und Messventil
4. Steuereinheit zum zentralen Steuern und Schalten der Anlage
5. Schlauchpaket mit Brenner

Lichtbogenarten beim konventionellen MIG/MAG-Schweißen

Lichtbogenart	Anwendung	Werkstoffübergang	Spritzerbildung	Bemerkungen
MIG/MAG-Kurzlichtbogen	Dünnblechbereich, Zwangslagen, Wurzelschweißung	im Kurzschluss, grobtropfig	Gering, mit geeigneter Stromquelle	geringe Wärmeinbringung, geringe Abschmelzleistung
MIG/MAG-Übergangslichtbogen	mittlere Blechdicken, Zwangslagen	Werkstoffübergang z. T. im Kurzschluss	z. T. am Werkstück haftende Spritzer	Mittlere Leistung
MIG/MAG-Sprühlichtbogen	mittlere und dicke Bleche in Position PA, PB	feintropfiger Werkstoffübergang ohne Kurzschlüsse	Gering	hohe Abschmelzleistung
MAG-Langlichtbogen	mittlere und dicke Bleche in Position PA, PB	Werkstoffübergang z. T. im Kurzschluss	z. T. am Werkstück haftende Spritzer	hohe Abschmelzleistung
MIG/MAG-Impulslichtbogen	großer Arbeitsbereich	kurzschlussfrei, 1 Tropfen pro Impuls	sehr gering	Höhere Wärmeinbringung als im Kurzlichtbogen

Das MSG-Schweißen wird überall für das ökonomische Schweißen großer Schweißgutmengen in der metallverarbeitenden Industrie eingesetzt. Typische Anwendungen in Werkzeugbau sind das Panzern von großen Schermessern aus unlegiertem Stahl, das Füllschweißen von Schmiedegesenken oder deren Formänderungen sowie das Auftragschweißen von Walzen.

Fülldrahtelektroden bestehen aus einer metallischen, rohrförmigen Umhüllung und einer pulverförmigen Füllung. Nach Füllungsstoffen können Fülldraht-

elektroden in Rutiltyp, basischer Typ und Metallpulvertyp unterteilt werden. Gasgeschützte Fülldrähte erfordern eine Schutzgasabdeckung in der gleichen Güte wie Massivdrahtelektroden. Selbstschützende Fülldrahtelektroden (MF-Verfahren) haben in der Füllung einen hohen Anteil an gasbildenden Stoffen. Für eine ausreichende Schutzgasentwicklung ist ein freies Drahtende von mind. 20 mm notwendig. Vorteilhaft kann das MF-Verfahren auf Baustellen sein, wo ohne besondere Abschirmung gearbeitet werden kann. Häufiger werden solche Drähte für das Auftragschweißen eingesetzt.

Auswahl der Schweißzusatzwerkstoffe

Schweißzusatzwerkstoffe von hoher Qualität sind im Werkzeugbau unerlässlich, weil die Schweißstelle für die in Frage kommenden Werkzeuganwendungen unterschiedliche Eigenschaften z.B. Härte, Zähigkeit, Verschleißfestigkeit, Anlassbeständigkeit, Beständigkeit gegen Warmrissbildung und Oxidation usw. aufweisen muss.

Die chemische Zusammensetzung des Schweißguts wird durch die Zusammensetzung des Schweißzusatzwerkstoffs, des Grundwerkstoffs und die Menge des während des Schweißvorgangs geschmolzenen Grundwerkstoffs bestimmt. Da die Schweißnähte an Werkzeugen eine hohe Härte aufweisen, sind sie besonders anfällig für Rissbildung, die von Schlackenpartikeln oder Poren ausgeht. Der verwendete Schweißzusatzwerkstoff muss deshalb ein sauberes, von nichtmetallischen Einschlüssen, Porosität und Rissen freies Schweißgut ermöglichen.

Im Allgemeinen sollte der Schweißzusatzwerkstoff für Werkzeugstähle eine ähnliche Zusammensetzung wie der Grundwerkstoff haben. Wenn ein weichgeglühter Stahl geschweißt werden muss, wenn z.B. eine Form oder ein Werkzeug während der Herstellung geändert werden muss, ist es unbedingt notwendig, dass der Zusatzwerkstoff die gleichen Wärmebehandlungseigenschaften hat wie der Grundwerkstoff. Andernfalls wird die Schweißstelle in dem gehärteten Werkzeug eine andere Härte aufweisen. Außerdem sind größere Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung mit einer erhöhten Rissbildungsgefahr während des Härtens verbunden. WIG-Schweißstäbe und MSG-Schweißdrähte, die normalerweise aus elektro-schlackeumgeschmolzenen Stählen hergestellt werden, sollten mit den entsprechenden Werkzeugstahlorten übereinstimmen. Für das Handschweißen werden basische Elektroden verwendet, da diese im Vergleich zu den Rutilelektroden ein reineres Schweißgut ergeben. Ein weiterer Vorteil der basischen Elektroden ist ein geringerer Wasserstoffgehalt im Schweißgut.

Vorbereitung vor dem Schweißen

Eine sorgfältige Vorbereitung vor dem Schweißen von Werkzeugen ist unerlässlich. Als erstes ist zum Festlegen der Schweißbeignung festzustellen, ob sich das Werkstück im weichgeglühten oder vergüteten (gehärtet und angelassen) Zustand befindet. Werkzeuge, die durch Abschrecken gehärtet und danach keiner thermischen Nachbehandlung unterzogen worden sind (d.h. kein Anlassen durchgeführt wurde), dürfen keinesfalls geschweißt werden.

Weiter ist es wichtig sich zu vergewissern, dass keine Risse im Werkzeug vorhanden sind. Für den entsprechenden Test wird häufig das zerstörungsfreie Farbeindringverfahren (Dye penetrant test) angewendet. Risse müssen gründlich ausgeschliffen werden, so dass der Nahtboden abgerundet ist und die Seitenkanten einen Winkel von mindestens 30° zur Senkrechten bilden. Der Stegabstand im Nahtboden sollte mindestens 1 mm größer sein als der Durchmesser der größten Elektrode, die benutzt werden soll.

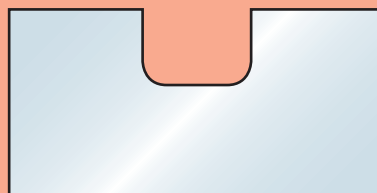
Durch Erosion oder Warmrisse beschädigte Stellen an Warmarbeitswerkzeugen müssen bis auf das fehlerfreie Untergrundmetall abgeschliffen werden. Bevor mit dem Schweißen begonnen wird, sollten die geschliffenen Flächen mit einem fluoreszierenden Eindringmittel kontrolliert werden, um sicherzustellen, dass alle Defekte entfernt worden sind.

Danach werden die zu schweißende Stelle und die umliegende Oberfläche des Werkzeugs gründlich gereinigt. Es dürfen keine Eindringmittel-, Öl- oder Fettrückstände vorhanden sein. Der Grund für die sorgfältige Reinigung liegt in einer beim oder nach dem Schweißen möglichen Rissbildung durch Wasserstoffversprödung. Wasserstoffversprödung entsteht durch die Aufnahme von Wasserstoff während des Schweißens und durch die Erstarrung des typisch hochharten Gefüges aus Martensit und Bainit in der WEZ und im Schweißgut.

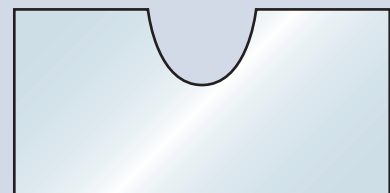
Nahtvorbereitung beim Schweißen von Werkzeugen



Falsch!



Falsch!



Richtig!

SCHWEISSTECHNISCHE REGELUNGEN IM WERKZEUGBAU

Mit dem Schweißen sollte unmittelbar nach der Nahtvorbereitung und -reinigung begonnen werden; ansonsten besteht die Gefahr, dass die Nahtoberflächen durch Staub, Schmutz oder Feuchtigkeit wieder verunreinigt werden. Zur Verringerung der Wasserstoffaufnahme während des Schweißens und damit der Vermeidung der Wasserstoffversprödung ist neben einer gezielten Reinigung im Schweißbereich eine weitere Vorsichtsmaßnahme zu berücksichtigen: umhüllte Elektroden sollten nach dem Öffnen der Verpackung prinzipiell in einem beheizten Trockenschrank bzw. beheizten Behälter aufbewahrt werden. Für Schweißarbeiten außerhalb der Schweißwerkstatt ist ein tragbarer, beheizbarer Behälter für die Aufbewahrung der Elektroden von Nutzen. Bei feucht gewordenen Elektroden empfiehlt sich eine Rücktrocknung. (Anhaltswerte können bei UTP, in Bad Krozingen, Deutschland hinterfragt werden.)

Arbeitstemperatur vor und während des Schweißens

Bei Umgebungstemperaturen unter + 5 °C sind zusätzliche Maßnahmen festzulegen:

Abdecken der Bauteile, großflächiges Anwärmen, Vorwärmen insbesondere beim Schweißen mit relativ geringer Wärmeeinbringung (Streckenenergie), z.B. bei dünnen Kehlnähten, oder bei rascher Wärmeableitung, z.B. bei dickwandigen Bauteilen. Die allgemeine Notwendigkeit zum Vorwärmen der Stähle und die Höhe der Vorwärmtemperatur sind abhängig von mehreren Einflussfaktoren (die Komplexität des Bauteils, das angewandte Schweißverfahren, die Umgebungstemperatur). Die Einflussfaktoren auf die Höhe der Vorwärmtemperatur sind der Tabelle zu entnehmen.

Einfluss der verschiedenen Faktoren auf die Höhe der Vorwärmung		
Verschiebung der Vorwärmtemperatur zu niedrigeren Werten	Einflussfaktoren auf die Vorwärmung	Verschiebung der Vorwärmtemperatur zu höheren Werten
klein	Werkstück- bzw. Bauteildicke, Wärmeableitung, Steifigkeit, Eigenspannungszustand	groß
Stumpfstöße, dicke (mehrlagige) Nähte	Stoßart, Nahtform und -abmessung	T-Stöße, dünne (einlagige) Nähte
hoch	Umgebungs- bzw. Werkstücktemperatur	niedrig
hoch	Wärmeeinbringung (Streckenenergie) beim Schweißen	niedrig
niedrig	Wasserstoffgehalt des Schweißgutes (Art und Rücktrocknung der Schweißzusätze)	hoch

Bei der Reparatur von Werkzeugen sollten die Hinweise der Werkzeugstahlhersteller wie Vorwärmung und Zwischenlagentemperatur beachtet werden. Werkstoffe mit hohem Chrom- und Wolframgehalt sollten langsam vorgewärmt werden, um Risse infolge von Spannungen, die durch die geringe Wärmeleitfähigkeit verursacht werden, zu vermeiden.

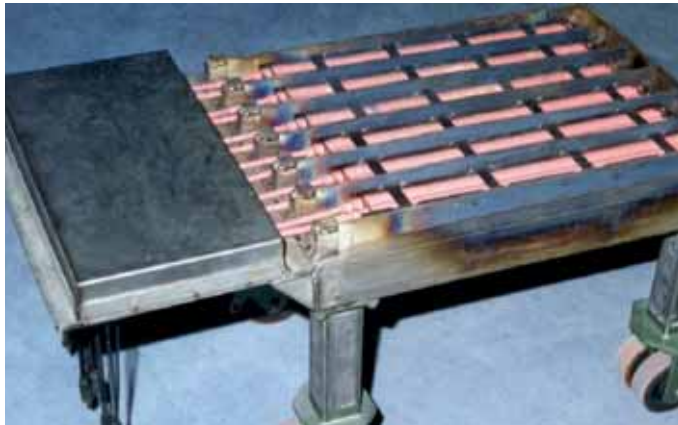
Der Hauptgrund für das Schweißen von Werkzeugstählen unter erhöhten Temperaturen liegt in der hohen Härtebarkeit und daraus abzuleitenden Risempfindlichkeit des Schweißguts und der Wärmeeinflusszone. Wenn ein nicht vorgewärmtes Werkzeug geschweißt wird, werden das Schweißgut und die Wärmeeinflusszone sehr schnell abgekühlt. Die daraus resultierende Umwandlung in spröden Martensit führt zu einem erhöhten Risiko der Rissbildung. Risse, die sich in der Schweißnaht gebildet haben, können sich durchaus durch das ganze Werkzeug fortsetzen, wenn das Werkzeug kalt ist. Wenn bei einem bei richtiger Temperatur vorgewärmten Werkzeug mehrlagig geschweißt wird, wird der größte Teil des Schweißguts während des gesamten Schweißvorganges im austenitischen Zustand bleiben und sich langsam während des Abkühlens des Werkzeugs umwandeln. Dadurch werden im gesamten Schweißgut eine gleich bleibende Härte und ein gleich bleibendes Gefüge erzielt.

Aus dem oben beschriebenen Grund sollte die Form / das Werkzeug während des Schweißens immer bei 50 – 100 °C über der MS-Temperatur (der Beginn der Austenit-Martensit-Umwandlung) des zu schweißenden Stahls gehalten werden. Genaugenommen ist die kritische Temperatur die Ms-Temperatur des Schweißguts, die nicht unbedingt die gleiche ist wie die des Grundwerkstoffs. Manchmal kommt es vor, dass der durchgehärtete Grundwerkstoff bei einer Temperatur unter der der MS-Temperatur angelassen worden ist. In diesem Fall führt ein Vorwärmen zu einem Härteabfall. Dies geschieht z.B. bei den meisten Kaltarbeitsstählen, die im niedrigen Temperaturbereich (ca. 200 °C) angelassen werden. Dieser Härteabfall muss jedoch zugunsten des Vorwärmens und der Verminderung der Rissbildungsgefahr in Kauf genommen werden.

Der gesamte Schweißvorgang sollte immer im vorgewärmten Zustand durchgeführt werden. Es ist nicht zu empfehlen, zuerst nur einen Teil des Schweißvorganges durchzuführen, das Werkzeug abkühlen zu lassen und erst später vorzuwärmen, um den Schweißvorgang zu beenden, da dann ein erhebliches Risiko besteht, dass das Werkzeug durchreißt. Die minimale Vorwärmtemperatur entspricht der minimalen Zwischenlagentemperatur. Sie darf während des gesamten Schweißvorgangs nicht unterschritten werden. Sie liegt über der Martensitbildungstemperatur (Martensitlinie nach ZTU-Schaubild).

Wenn Schnittwerkzeuge repariert werden, müssen die beschädigten Bereiche zuerst gereinigt und dann auf ca. 150 °C vorgewärmt werden. Diese Vorwärmung ist ausreichend bei kleineren Fehlern oder bei Rissen, die nicht bis in das Grundmaterial gehen. Wenn größere Fehler repariert werden müssen, ist eine Vorwärmung von ca. 450 – 600 °C notwendig. Die Chrom-Molybdän Stähle sind bei Auftragsschweißungen auf 400 °C, die NiCrMo Stähle auf 300 °C vorzuwärmen.

Vorwärmen kann sowohl in Glührichtungen als auch mittels mobilen Heizgeräten, z. B. Gasbrennern oder elektrischen Induktions- bzw. Widerstands-Heizgeräten erfolgen. Voraussetzung hierfür ist, dass die vorgeschriebenen bzw. gewünschten Vorwärm- und Zwischenlagentemperaturen während des gesamten Schweißvorganges damit konstant gehalten und kontrolliert werden können. Die Kontrolle kann dabei mittels geeigneter Geräte bzw. Hilfsmittel, z. B. Aufsetzthermometer, Temperaturfühler oder Farbumschlag-Stifte erfolgen. Dazu eignet sich ein gleichstromregulierter Vorwärm- und Warmhaltetisch, das den Vorteil des gleichmäßigen, kontrollierten Aufwärmens bietet. Um Abkühlgeschwindigkeit der vorgewärmten Bauteile möglichst zu verringern, wird ein



Vorwärm- und Warmhaltetisch für das Schweißen von Werkzeugen

Abdecken der Bauteile während des Schweißvorganges unbedingt empfohlen. Für kleinere Reparaturen bzw. Korrekturen kann das Vorwärmen mit einem Propangasbrenner erfolgen. In diesem Fall sollte mit weicher, aber nicht rußender Flamme gearbeitet werden, so dass Verunreinigungen im Nahtbereich vermieden werden. Örtliche Überhitzungen sind zu vermeiden.

Es ist natürlich möglich das Werkzeug in einem Ofen vorzuwärmen. Dabei können vier Probleme auftreten:

- Die Temperatur im Ofen ist nicht unbedingt gleichmäßig (Spannungen können entstehen);
- Eine langsame Durchführung des Vorwärmens im Ofen kann zur Beheizung des gesamten Werkzeugs (bis zum Kern) auf die vorgesehene Vorwärmtemperatur führen.
- Nach dem Herausnehmen des Werkstücks aus dem Ofen ist es durch geeignete Maßnahmen gegen Abkühlung zu schützen.
- Die Temperatur kann, vor Beendigung des Schweißvorgangs, viel zu stark abfallen (besonders bei kleinen Werkzeugen), so dass ein nochmaliges Vorwärmen nötig wird.



Lichtbogenhandschweißen mit dem Abdecken der Bauteile

SCHWEISSTECHNISCHE REGELUNGEN IM WERKZEUGBAU

Durchführung der Schweißarbeit

Bei schwierigen Schweißarbeiten, wie beispielsweise beim Werkzeugstahl, ist es sehr wichtig, dass der Schweißer möglichst bequeme Arbeitsbedingungen hat. Daher benötigt er eine stabile Werkbank in der richtigen Höhe mit einer möglichst waagerechten Arbeitsfläche, damit das zu schweißende Werkzeug sicher und genau gelagert werden kann. Weiterhin ist es von Vorteil, das die Werkbank dreh- und höhenverstellbar ist.

Beim Werkzeugschweißen z.B. an Werkzeugstählen ist neben der Vorwärmung und der Zwischenlagentemperatur die Wärmeeinbringung bzw. Streckenenergie zu kontrollieren. Eine zu hohe Wärmeeinbringung führt nicht nur zum möglichen Verzug und der verstärkten Eigenspannung nach dem Schweißen, sondern führt auch zu geringen Abkühlgeschwindigkeiten, so dass die Gefahr eines ungewollten Kornwachstums bzw. Kornvergrößerung im Schweißgut besteht.

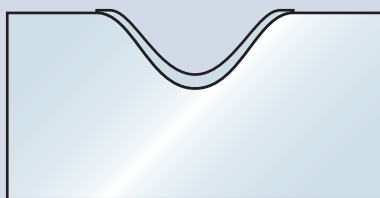
Im Allgemeinen wird mit minimaler Streckenenergie geschweißt. Neben einer richtigen Einstellung der Schweißparameter für die passende Wärmeeinbringung ist eine Mehrlagentechnik bei größeren Bauteildicken einzusetzen. Dabei ist ein kleiner Elektrodendurchmesser für die Verringerung der gesamten Wärmeeinbringung vorteilhaft. Beim Lichtbogenhandschweißen sollte die erste Lage mit einer Elektrode mit kleinem Durchmesser (max. 3,25 mm Ø) ausgeführt werden. Beim WIG-Schweißen sollte eine max. Stromstärke von 120 A benutzt werden. Alle folgenden Lagen werden dann auf schon vorhandenem Schweißgut aufgebracht. Die zweite Lage wird mit demselben Elektrodendurchmesser und derselben Stromstärke wie bei der ersten Lage aufgetragen, damit die Wärmeeinflusszone nicht zu breit wird. Auf diese Weise wird das harte, spröde Gefüge, das sich in der durch die erste Lage bedingten Wärmeeinflusszone im Grundwerkstoff bildet, durch die Wärme von der zweiten

Lage angelassen. Dadurch wird die Neigung zur Rissbildung verringert. Die Fülllagen können mit größeren Elektrodendurchmessern und höheren Stromstärken aufgetragen werden. Die Decklagen sollen nicht mit der Oberfläche des Werkzeugs abschließen, sondern sie auf jeden Fall mind. 1,5 bis 2 mm überragen, um gut mechanisch bearbeiten oder schleifen zu können. Selbst kleine Schweißungen sollten aus mindestens zwei Lagen bestehen.

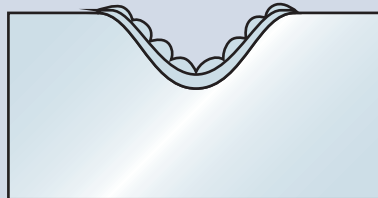
Werkzeugstähle werden normalerweise mit einer hohen Härte eingesetzt. Hier ist es ratsam, für die ersten Lagen eine weiche Elektrode zu benutzen und anschließend die Schweißung mit einer harten Elektrode zu beenden. Diese Arbeitsweise führt dann zu einer zäheren Schweißstelle, verglichen mit dem Einsatz einer harten Elektrode. An rissempfindlichen Werkzeugstählen wird mit kurzen Strichraupen geschweißt. Es werden geringe Durchmesser der Elektroden eingesetzt, um Spannungsrisse durch Schrumpfungen zu verhindern. Während des Schweißens sollte der Lichtbogen kurz gehalten werden, und die Raupen sollten einzeln gelegt werden. Die Elektrode sollte senkrecht zur Seitenkante der Fuge gehalten werden, um Auswaschung möglichst gering zu halten. Außerdem sollte die Elektrode in einem Winkel von 75 – 80° zur Schweißrichtung gehalten werden.

Der Lichtbogen sollte immer in der Fuge gezündet werden und nicht irgendwo auf der Oberfläche des Werkzeugs, da an der Zündstelle Rissbildungen möglich ist. Um Porenbildung zu vermeiden, sollte darauf geachtet werden, dass das Metall an der ersten Zündstelle richtig geschmolzen ist. Beim Lichtbogenhandschweißen sollte die Elektrodenspitze einer bereits benutzten Elektrode vor dem Nachzünden von Schlacke befreit werden. Dies erleichtert das Zünden des Lichtbogens und schließt gleichzeitig eine weitere Möglichkeit der Porenbildung aus.

Schweißfolge beim Mehrlagenschweißen



Erste Lage



Zweite Lage



Fülllagen

Beim Aufbau von Kanten oder Ecken können sowohl Zeit als auch Schweißzusatzwerkstoffe eingespart werden, wenn eine Kupfer- oder Graphitplatte als Stütze für das Schweißgut eingesetzt wird. Mit dieser Stütze ist das flüssige Schweißgut heißer, wodurch das Risiko der Porenbildung vermindert ist. Dies ist besonders vorteilhaft beim Aufbau von scharfen Kanten oder Ecken, da niedrige Stromstärken benutzt werden müssen. Wenn beim Lichtbogenhandschweißen eine Kupfer- oder Graphitstützplatte eingesetzt wird, ist ein Hohlraum von 1,5 mm zwischen Platte und Werkstück für die Aufnahme der Schlacke notwendig. Der, bei dem Reparaturschweißen von Schnittwerkzeugen, typische Aufbau von Schnittkanten mit einem geringen und einem großen Schnittdruck wird in der Grafik unten dargestellt.

Für das Reparatur- oder Korrekturschweißen von teuren Werkzeugen ist eine gute Stromverbindung zwischen dem Werkzeug und dem Schweißkabel unerlässlich. Wenn dies nicht der Fall ist, kann die teuer behandelte Oberfläche durch Funkenbildung beschädigt werden. Bei solchen Arbeiten sollten die Werkzeuge auf einer Kupferplatte liegen damit die bestmögliche Stromverbin-

dung besteht. Die Kupferplatte muss mit dem Werkzeug vorgewärmt werden. Nach Beendigung des Schweißens muß die Schweißnaht sofort gehämmert werden und anschließend sorgfältig gereinigt und kontrolliert werden, bevor das Werkzeug abgekühlt wird. Defekte, wie z.B. Einbrandkerben oder Auswaschungen, müssen noch vor dem Abkühlen beseitigt werden. Nach dem Abkühlen kann die Schweißnaht bis auf das Niveau der umliegenden Werkzeugoberfläche abgeschliffen werden. Danach kann weitergearbeitet werden.

Dort wo geschweißte Stellen an Formen poliert oder fotogeätzt werden müssen, sollten die letzten Lagen mittels WIG-Schweißens ausgeführt werden, da dann das Risiko der Porenbildung oder von Einschlüssen im Schweißgut geringer ist.

Aufbau von Schnittkanten mit geringem und großem Schnittdruck

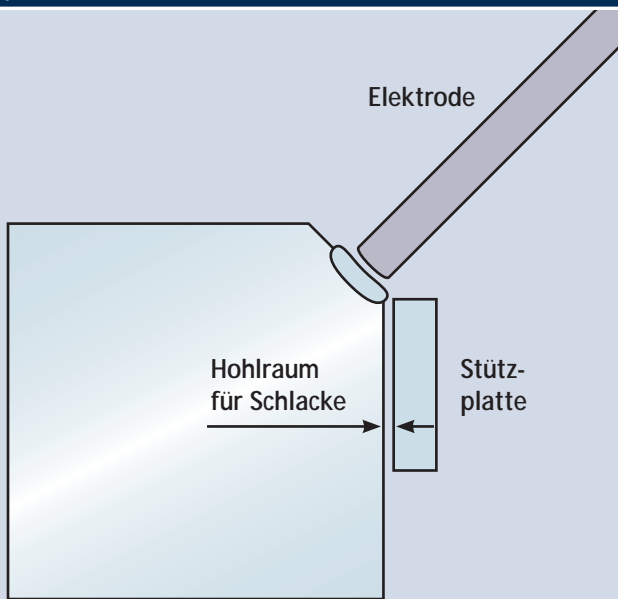
Geringer Schnittdruck
(Schnittkante abgeschrägt)



Großer Schnittdruck
(Außnehmung mit gerundeten Ecken und Kanten)



Stützplatte für den Aufbau von Kanten oder Ecken



SCHWEISSTECHNISCHE REGELUNGEN IM WERKZEUGBAU

Wärmebehandlung nach dem Schweißen

Vielfach werden die Werkzeugstähle und die Kunststoffformenstähle nach dem Schweißen, insbesondere nach großen Schweißaufgaben wie Formänderungen, wärmebehandelt, um gewisse Eigenschaften zu beeinflussen. Abhängig vom Ausgangszustand des Werkzeugs können die thermischen Nachbehandlungen wie Weichglühen, Anlassen und Spannungsarmglühen durchgeführt werden. Um möglichst optimale Ergebnisse nach der Wärmebehandlung zu erhalten, werden nachfolgend einige Hinweise zur zweckmäßigen Durchführung einer Wärmebehandlung gegeben.

Weichglühen

In den meisten Fällen ist der weichgeglühte Zustand zum Zerspanen und Kaltumformen am Zweckmäßigsten. Das Weichglühgefüge ist das günstigste Gefüge für das Härten. Falls vorvergütete Stähle auf höhere Festigkeiten wärmebehandelt werden sollen, ist ein Weichglühen vor der Härtung sehr vorteilhaft. Werkzeuge im weichgeglühten Zustand, die wegen Designänderungen oder Bearbeitungsfehlern geschweißt werden müssen, müssen nach dem Schweißen wärmebehandelt werden. Da das Schweißgut jedoch während des Abkühlens gehärtet wird, ist es eigentlich notwendig, das Werkzeug weichzuglühen, bevor gehärtet und angelassen wird. Das Weichglühen erfolgt wie beim Grundwerkstoff. Die Schweißstelle kann dann wie üblich bearbeitet und wärmebehandelt werden. Auch wenn nur ein Schleifvorgang für die Fertigstellung des Werkzeugs nötig ist, wird trotzdem ein Weichglühen empfohlen, um das Risiko einer Rissbildung während der Wärmebehandlung zu vermindern.

Anlassen

Das Ziel des Anlassens liegt in der Zähigkeitserhöhung gehärteter Bauteile. Durchgehärtete Werkzeuge, die reparaturgeschweißt wurden, sollten damit nach Möglichkeit nach dem Schweißen angelassen werden, um die Zähigkeit des Schweißguts zu verbessern. Sehr kleine Reparaturschweißungen werden normalerweise nicht angelassen. Die Höhe der Anlasstemperatur sollte gezielt ausgewählt werden damit die Härte des Schweißguts und des Grundwerkstoffs einander möglichst ähnlich sind. Wenn das Schweißgut eine wesentlich verbesserte Anlassbeständigkeit gegenüber dem Grundwerkstoff hat, sollte die Schweißstelle mit der höchstmöglichen Temperatur angelassen werden. In diesem Fall lässt sich eine typische Anlasstemperatur feststellen, die sich 20 °C unter der letztbenutzten Anlasstemperatur am Grundwerkstoff befindet.

Das Erwärmen auf Anlasstemperatur sollte langsam erfolgen. Die gesamte Verweildauer im Anlassofen sollte 1 Stunde je 20 mm Wanddicke, mindestens jedoch 2 Stunden betragen. Anschließend erfolgt die Abkühlung an der Luft. Es ist vorteilhaft mindestens zweimal anzulassen, um den nach dem ersten Abkühlen von der Anlasstemperatur aus Restaustenit gebildeten Martensit ebenfalls anzulassen.

Spannungsarmglühen

Ein Spannungsarmglühen wird manchmal nach dem Schweißen durchgeführt, um Eigenspannungen zu vermindern. Es gibt drei Ursachen für Schweißspannungen:

- Schrumpfung während der Erstarrung des flüssigen Schweißguts;
- Temperaturunterschiede zwischen der Schweißnaht, der wärmebeeinflussten Zone und dem Grundwerkstoff;
- Umwandlungsspannungen, wenn das Schweißgut und die wärmebeeinflusste Zone durch das Abkühlen gehärtet werden.

Im Allgemeinen haben diese Spannungen in der Umgebung der Schweißnaht die gleiche Größenordnung wie die Streckgrenze des Grundwerkstoffs. Größere, unregelmäßige Formänderungen nach dem Schweißen können durch die gesamten Spannungen entstehen. Diese hohen Spannungen sind nicht vermeidbar, trotzdem können die Spannungsverhältnisse ein wenig vermindert werden durch eine richtige Auslegung der Nahtform, durch Schweißen mit minimaler Streckenergie, durch konsequentes Anwenden der Strichraupentechnik, durch Vermeiden überhöhter Schweißnähte, durch die Schweißnahtfolge.

Bei sehr großen Schweißungen oder Schweißungen, die sehr stark eingezwängt sind, ist das Spannungsarmglühen eine sehr wichtige Vorsichtsmaßnahme. Da normalerweise keine andere Wärmebehandlung nach dem Schweißen bei vorvergüteten Werkzeugstählen durchgeführt wird, ist es daher insbesondere zu empfehlen vor der letzten mechanischen Bearbeitung 1 bis 2 Stunden bei 550 – 650 °C zum Abbau dieser Spannungen zu glühen, um kostspielige Nacharbeiten am fertigen Werkzeug einzuschränken. Das Spannungsarmglühen muss durch ein langsames und gleichmäßiges Erwärmen der Bauteile auf die vorgeschriebenen Temperaturbereiche, ein Halten in diesen Bereichen von 2 Minuten je mm Wanddicke, mindestens aber für 30 Minuten, ein langsames Abkühlen im Ofen oder in der Glühvorrichtung bis auf 400 °C und ein anschließendes Abkühlen an ruhender Luft erfolgen. Bei dickwandigen Bauteilen sollte eine Haltezeit von 150 Minuten nicht überschritten werden.

Das Spannungsarmglühen ist normalerweise nicht nötig wenn die Schweißstelle nachher angelassen oder weichgeglüht wird. Sehr kleine Reparatur- oder Korrekturschweißungen brauchen ebenso nicht spannungsarmgeglüht zu werden.

Prüfung der Schweißbeignung des Elektro-Schlacke-Umgeschmolzenen BÖHLER K340 ISODUR und des pulvermetallurgisch hergestellten BÖHLER K390 MICROCLEAN.

In einem Praxisversuch wurde der BÖHLER Werkstoff K340 ISODUR (Elektroschlackeumgeschmolzener 8% Cr-Kaltarbeitsstahl mit optimierter Zähigkeit) und der pulvermetallurgisch hergestellte BÖHLER K390 MICROCLEAN Schneidkanten auftragsgeschweißt. Die angeführten Stähle wurden auf eine für ihre Anwendung typische Härte von 61 HRC gehärtet und angelassen. Die Kanten der Versuchsplatten wurden für den mehrlagigen Kantenauftrag 5 mm breit in einem Winkel von 45° angefast.

Pro Platte wurden jeweils zwei Seiten mit einer UTP Stabelektrode nach dem Lichtbogenhandschweißverfahren aufgeschweißt. Folgende Stabelektroden wurden verwendet: UTP 73 G2; UTP 690. Es wurden Stabelektroden mit einem Durchmesser von 2,5 mm bei 50A verschweißt. Die Platten wurden auf 600 °C im Ofen vorgewärmt, während der Verschweißung wurde die Temperatur auf einem Warmhaltetisch zwischen 550 und 600 °C gehalten. Zusätzlich wurden die Versuchsplatten mit Alufolie gegen Abstrahlung abgedeckt.

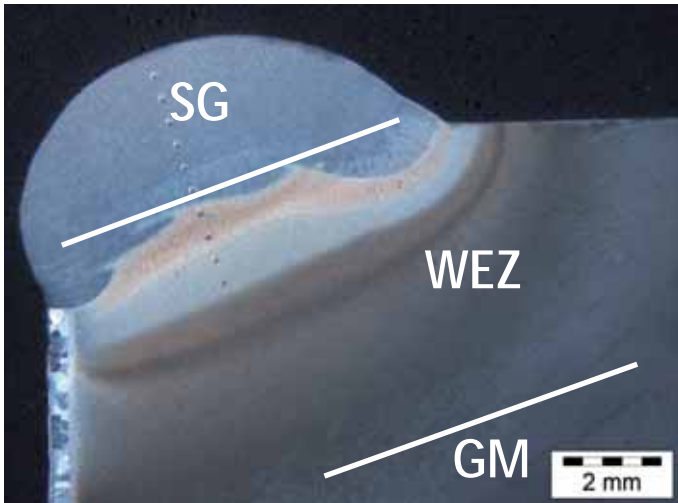
Nach dem Schweißen wurde die Schweißnaht abgehämmert, um Druckspannungen einzubringen, welche der Rissempfindlichkeit entgegenwirken und dann erfolgte eine langsame Ofenabkühlung um die Eigenspannungen gering zu halten. Anschließend wurde die Schnittkante einseitig manuell angeschliffen und eine Oberflächenrisprüfung nach dem Farbeindringverfahren durchgeführt. Dabei zeigten sich bei beiden Werkstoffen und beiden verwendeten Schweißelektroden keine Risse.

Abschließend wurde zur Darstellung der Verwendbarkeit der UTP-Elektroden ein Härteverlauf im Schweißgut (in den Bildern mit „SG“ bezeichnet), in der Übergangzone bzw. WEZ (Wärmeeinflusszone) und im Grundmaterial (GM) bestimmt; hier dargestellt ist die mehrlagige Schweißung mit der UTP-Elektrode 690 für die BÖHLER Werkstoffe K340 ISODUR und K390 MICROCLEAN.

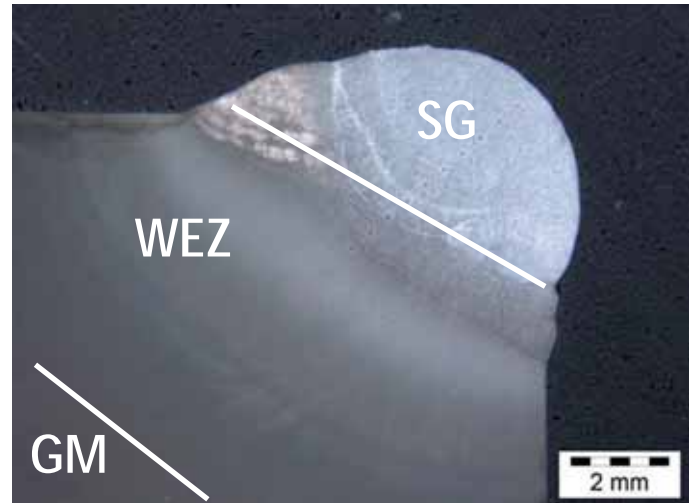
Die Härte in der Schweißzone bewegt sich mindestens in der Größenordnung der Härte des Grundwerkstoffs. In der Wärmeeinflusszone fällt die Härte durch den Anlasseffekt aufgrund der hohen Temperaturbeeinflussung durch das Schweißgut ab.

Das Grundmaterial zeigt auch nach dem Schweißen keine Härteverminderung. Des Weiteren sind auch die feinen Karbide des PM-Werkstoffs durch den Schweißprozess nicht vergrößert. Die zweite verwendete Stabelektrode UTP 73G2 zeigte für beide oben genannten Werkstoffe denselben Härteverlauf wie mit Elektrode UTP 690.

PRAXISBEZOGENER SCHWEISSVERSUCH MIT DIVERSEN BÖHLER-HOCHLEISTUNGSWERKSTOFFEN

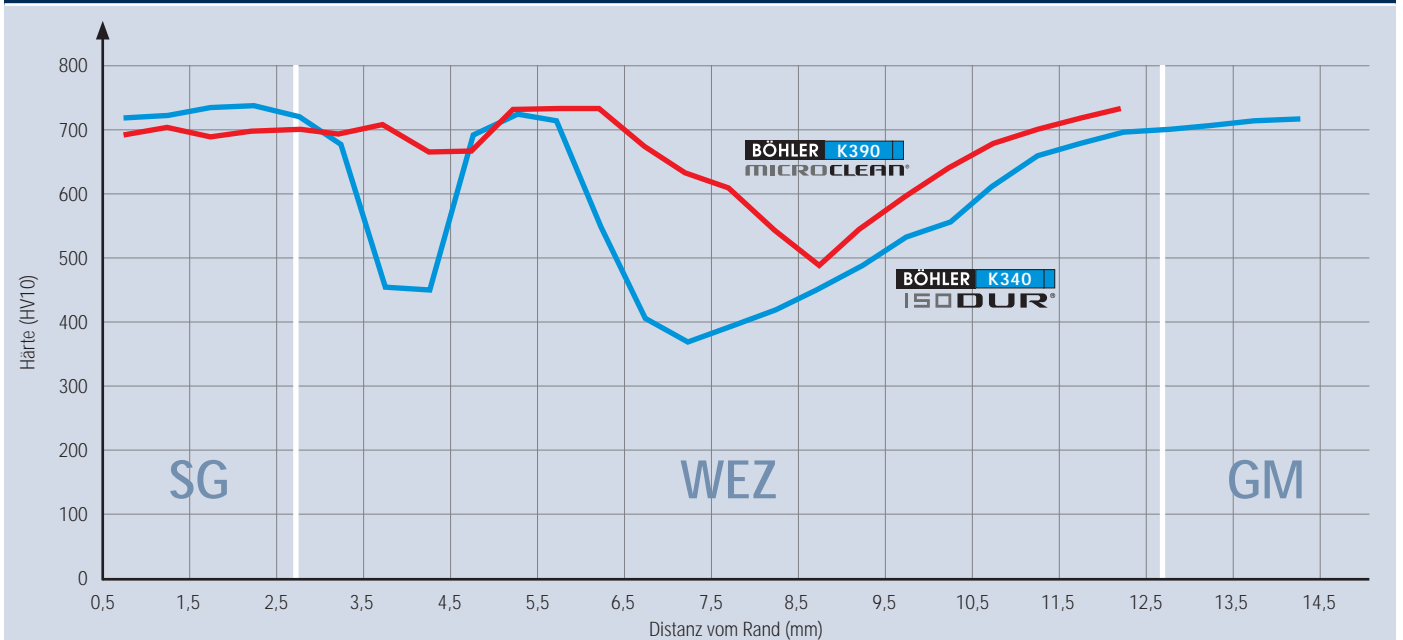


BOHLER K340 ISODUR, mehrlagig, UTP 690



BOHLER K390 MICROCLEAN, mehrlagig, UTP 690

Härteverlauf (HV) über Schweißnaht, mehrlagig, UTP 690



SG = Schweißgut
 WEZ = Übergangszone bzw. Wärmeeinflusszone
 GM = Grundmaterial



WERKSTOFFBEZOGENE SCHWEISSEMPFEHLUNGEN

Die folgenden Tabellen enthalten Einzelheiten über Reparatur- bzw. Korrekturschweißungen an Werkzeugen oder Formen, hergestellt mit BÖHLER Warmarbeits-, Kunststoffformen-, Kaltarbeits- und Schnellarbeitsstählen. Die Empfehlungen wurden in Zusammenarbeit zwischen BÖHLER Edelstahl GmbH & Co KG und UTP Schweißmaterial GmbH ausgearbeitet.

Schweißen von pulvermetallurgischen Werkstoffen

BÖHLER hat den Herstellungsprozess für pulvermetallurgische Schnellarbeitsstähle und Werkzeugstähle weiterentwickelt. Mit der weltweit modernsten Anlage in Kapfenberg werden MICROCLEAN-Werkstoffe der 3. Generation mit noch besseren Leistungsmerkmalen hergestellt.

Die mit BÖHLER MICROCLEAN bezeichneten Hochleistungsstähle definieren die Leistungsstärken in Bezug auf **Zähigkeit, Verschleißfestigkeit, Druckbelastbarkeit** und **Korrosionsbeständigkeit** überzeugend neu.

Ein umfangreiches Sortiment an Kaltarbeits-, Kunststoffformen- sowie Schnellarbeitsstählen verschafft dadurch unseren Kunden klare Wettbewerbsvorteile.

Es wurden auch erstmals Schweißempfehlungen für die pulvermetallurgisch hergestellten BÖHLER-Stähle, welche aufgrund des hohen C-Gehaltes diffizil zu schweißen sind, angegeben.

BÖHLER Marke	Normbezeichnung	Werkzeugzustand	Schweißmethode	Schweißzusatzwerkstoff	Härte reines Schweißgutes	Vorwärmtemperatur	Abkühlung	Wärmebehandlung	Bemerkungen
BÖHLER K460	1.2510 100MnCrW4	vergütet ⁵⁾	LHS ¹⁾	UTP 65 D UTP 67S UTP 73 G2 UTP 673	ca. 220 HB ⁴⁾ 55 – 58 HRc ca. 58 HRc ca. 58 HRc	200 – 250 °C	2)	Langsame Abkühlung (im Ofen oder unter Decke)	Für eine dicke Auftragung werden die ersten Lagen mit weichen Elektroden ausgeführt. Für die letzten Lagen werden Elektroden gewählt, die eine geeignete Härte erbringen. Kurze Strichraupen (ca. 50 – 60 mm) schweißen und sofort abhämmern.
BÖHLER K720	1.2842 90MnCrV8								
BÖHLER K455	1.2550 60WCrV7	vergütet ⁵⁾	LHS ¹⁾	UTP 65 D UTP 66S UTP 67S UTP 73 G2	ca. 220 HB ⁴⁾ 55 – 58 HRc 55 – 58 HRc ca. 58 HRc (für 1–2 Lagen)	200 – 250 °C	2)		
BÖHLER K600 BÖHLER K605	1.2767 X45NiCrMo4 –1.2721 –50NiCr13	vergütet ⁵⁾	LHS ¹⁾	UTP A 651 UTP A 73 G2 UTP A 73 G3 UTP A 73 G4 UTP A 702	ca. 220 HB ⁴⁾ 55 – 58 HRc 45 – 48 HRc 38 – 42 HRc ca. 37 HRc	300 – 400 °C	2)	Sehr langsame Abkühlung.	UTP A 702: 3 – 4h/480 °C ausgehärtet 50 – 54 HRc
BÖHLER K305	1.2363 X100CrMoV5-1	vergütet ⁵⁾	LHS ¹⁾	UTP 66S – UTP 65 D UTP 67S UTP 73 G2 UTP 673	ca. 55 HRc (für 1 – 2 Lagen) ca. 220 HB ⁴⁾ 55 – 58 HRc 55 – 58 HRc ca. 58 HRc	150 °C (Schnell-reparatur) 200 – 250 °C	2)	Sehr langsame Abkühlung, ggf. Anlassen 4h/500 °C mit Ofen-Abkühlung	Für eine dicke Auftragung werden die ersten Lagen mit weichen Elektroden ausgeführt. Für die letzten Lagen werden Elektroden gewählt, die eine geeignete Härte erbringen. Kurze Strichraupen (ca. 50 – 60 mm) schweißen und sofort abhämmern.
BÖHLER K329	– X50CrMoV8-2	vergütet ⁵⁾	LHS ¹⁾	UTP 65 D UTP 67S UTP 73 G2 UTP 673	ca. 220 HB ⁴⁾ 55 – 58 HRc 55 – 58 HRc ca. 58 HRc	400 °C	2)		
BÖHLER K110	1.2379 X153CrMoV12	vergütet ⁵⁾	LHS ¹⁾	UTP 66S UTP 65 D UTP 67S UTP 73 G2 UTP 673	ca. 55 HRc (für 1–2 Lagen) ca. 220 HB ⁴⁾ 55 – 58 HRc 55 – 58 HRc ca. 58 HRc	150 °C (Schnell-reparatur) 450 – 500 °C	2)		
BÖHLER K340 ISODUR® BÖHLER K360 ISODUR®	Patent: X110CrMoV8-2 X125CrMoV9-3-1	vergütet ⁵⁾	LHS ¹⁾	UTP 66S – UTP 65 D UTP 67S UTP 73 G2 UTP 690 UTP 702	ca. 55 HRc (für 1–2 Lagen) ca. 220 HB ⁴⁾ 55 – 58 HRc 55 – 58 HRc 62 HRc 34 – 37 HRc	150 °C (Schnell-reparatur) 450 – 500 °C	3)	Sehr langsame Abkühlung, ggf. Anlassen 4h/500 °C mit Ofen-Abkühlung	Kurze Strichraupen (ca. 50 – 60 mm) schweißen und sofort abhämmern. UTP 702: 3 – 4h/480 °C ausgehärtet 50 – 54 HRc.
BÖHLER K390 MICROCLEAN®	Patent: X250VCrMo9-4-4	vergütet ⁵⁾	LHS ¹⁾	UTP 690	ca. 62 HRc	500 °C	2)	Sehr langsame Abkühlung, ggf. Anlassen 4h/500 °C mit Ofen-Abkühlung	Für eine dicke Auftragung werden die ersten Lagen mit weichen Elektroden ausgeführt. Für die letzten Lagen werden Elektroden gewählt, die eine geeignete Härte erbringen. Kurze Strichraupen (ca. 50 – 60 mm) schweißen und sofort abhämmern.
BÖHLER K890 MICROCLEAN®	Patent: X85CrWMoV4-3-3	vergütet ⁵⁾	LHS ¹⁾	UTP 690	ca. 62 HRc	500 °C	2)	Sehr langsame Abkühlung	Kurze Nähte schweißen, abhämmern der Nähte, langsame Abkühlung.
BÖHLER S600 BÖHLER S705 BÖHLER S500	1.3343 (HS6-5-2C) 1.3243 (HS6-5-2-5) 1.3247 (HS2-9-1-8)	vergütet ⁵⁾	LHS ¹⁾	UTP 65 D UTP 653 UTP 690	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 62 HRc	500 – 600 °C	2)		
BÖHLER S790 MICROCLEAN®	1.3345 (HS6-5-3C)	vergütet ⁵⁾	LHS ¹⁾	UTP 65 D UTP 653 UTP 690	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 62 HRc	500 – 600 °C	2)		
BÖHLER S690 MICROCLEAN®	–1.3351 (–HS6-5-4)	vergütet ⁵⁾	LHS ¹⁾	UTP 65 D UTP 653 UTP 690	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 62 HRc	500 – 600 °C	2)		
BÖHLER S590 MICROCLEAN®	1.3244 (HS6-5-3-8)	vergütet ⁵⁾	LHS ¹⁾	UTP 65 D UTP 653 UTP 690	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 62 HRc	500 – 600 °C	2)		
BÖHLER S390 MICROCLEAN®	Patent: HS11-2-5-8	vergütet ⁵⁾	LHS ¹⁾	UTP 65 D UTP 653 UTP 690	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 62 HRc	500 – 600 °C	2)		
BÖHLER S290 MICROCLEAN®	Patent: HS14-2-5-11	vergütet ⁵⁾	LHS ¹⁾	UTP 65 D UTP 653 UTP 690	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 62 HRc	500 – 600 °C	2)		

¹⁾ Lichtbogenhandschweißen, ²⁾ Nach dem Schweißen langsam herunterkühlen: 10 – 20 °C/h für 2 h, dann 50 °C/h, ³⁾ 20 – 40 °C/h die ersten 2 h, dann 50 °C/h,

⁴⁾ Verbindungsschweißen, ⁵⁾ vergütet = gehärtet und angelassen

WERKSTOFFBEZOGENE SCHWEISSEMPFEHLUNGEN: KALTARBEITS- UND SCHNELLARBEITSSTÄHLE

BÖHLER Marke	Normbezeichnung	Werkzeugzustand	Schweißmethode	Schweißzusatzwerkstoff	Härte reines Schweißgutes	Vorwärmtemperatur	Abkühlung	Wärmebehandlung	Bemerkungen
BÖHLER K460	1.2510 100MnCrW4	vergütet ⁵⁾	WIG MAG	UTP A 651 UTP A DUR 600 UTP A 73 G2 UTP A 673	ca. 220 HB ⁴⁾ 55 – 58 HRc ca. 58 HRc ca. 58 HRc	200 – 250 °C	2)	Langsame Abkühlung (im Ofen oder unter Decke)	Für eine dicke Auftragung werden die ersten Lagen mit weichen Elektroden ausgeführt. Für die letzten Lagen werden Elektroden gewählt, die eine geeignete Härte erbringen. Kurze Strichraupen (ca. 50 – 60 mm) schweißen und sofort abhämmern.
BÖHLER K720	1.2842 90MnCrV8								
BÖHLER K455	1.2550 60WCrV7	vergütet ⁵⁾	WIG MAG	UTP A 651 UTP A DUR 600 UTP A 73 G2	ca. 220 HB ⁴⁾ 55 – 58 HRc ca. 58 HRc	200 °C 250 °C	2)		
BÖHLER K600 BÖHLER K605	1.2767 X45NiCrMo4 ~1.2721 ~50NiCr13	vergütet ⁵⁾	WIG MAG	UTP A 651 UTP A 73 G2 UTP A 73 G3 UTP A 73 G4 UTP A 702	ca. 220 HB ⁴⁾ 55 – 58 HRc 45 – 48 HRc 38 – 42 HRc ca. 37 HRc	300 – 400 °C	2)	Sehr langsame Abkühlung.	UTP A 702: 3 – 4h/480 °C ausgehärtet 50 – 54 HRc
BÖHLER K305	1.2363 X100CrMoV5-1	vergütet ⁵⁾	WIG MAG	UTP A 660 – UTP A 651 UTP A 068 HH UTP A DUR 600 UTP A 73 G2 UTP A 673	ca. 55 HRc (für 1 bis 2 Lagen) ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 180 HB ⁴⁾ 55 – 58 HRc 55 – 58 HRc ca. 58 HRc	150 °C (Schnell- reparatur) 200 – 250 °C	2)	Sehr langsame Abkühlung, ggf. Anlassen 4h/500 °C mit Ofen-Abkühlung	Für eine dicke Auftragung werden die ersten Lagen mit weichen Elektroden ausgeführt. Für die letzten Lagen werden Elektroden gewählt, die eine geeignete Härte erbringen. Kurze Strichraupen (ca. 50 – 60 mm) schweißen und sofort abhämmern.
BÖHLER K329	– X50CrMoV8-2	vergütet ⁵⁾	WIG MAG	UTP A 651 UTP A 068 HH UTP A DUR 600 UTP A 73 G2 UTP A 673	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 180 HB ⁴⁾ 55 – 58 HRc 55 – 58 HRc ca. 58 HRc	400 °C	2)		
BÖHLER K110	1.2379 X153CrMoV12	vergütet ⁵⁾	WIG MAG	UTP A 660 – UTP A 651 UTP A 068 HH UTP A DUR 600 UTP A 73 G2 UTP A 673	ca. 55 HRc (für 1 bis 2 Lagen) ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 180 HB ⁴⁾ 55 – 58 HRc 55 – 58 HRc ca. 58 HRc	150 °C (Schnell- reparatur) 450 – 500 °C	2)		
BÖHLER K340 ISODUR® BÖHLER K360 ISODUR®	Patent: X110CrMoV8-2 X125CrMoV9-3-1	vergütet ⁵⁾	WIG MAG	UTP A 660 – UTP A 651 UTP A DUR 600 UTP A 73 G2 UTP A 696 UTP A 702	ca. 55 HRc (für 1 bis 2 Lagen) ca. 220 HB ⁴⁾ 55 – 58 HRc 55 – 58 HRc 62 HRc 32 – 35 HRc	150 °C (Schnell- reparatur) 450 – 500 °C	3)	Sehr langsame Abkühlung, ggf. Anlassen 4h/500 °C mit Ofen-Abkühlung	Kurze Strichraupen (ca. 50 – 60 mm) schweißen und sofort abhämmern. UTP 702: 3 – 4h/480 °C ausgehärtet 50 – 54 HRc.
BÖHLER K390 MICROCLEAN®	Patent: X250VCrMo9-4-4	vergütet ⁵⁾	WIG	UTP A 696	ca. 62 HRc	500 °C	2)	Sehr langsame Abkühlung, ggf. Anlassen 4h/500 °C mit Ofen-Abkühlung	Für eine dicke Auftragung werden die ersten Lagen mit weichen Elektroden ausgeführt. Für die letzten Lagen werden Elektroden gewählt, die eine geeignete Härte erbringen. Kurze Strichraupen (ca. 50 – 60 mm) schweißen und sofort abhämmern.
BÖHLER K890 MICROCLEAN®	Patent: X85CrWMoV4-3-3	vergütet ⁵⁾	WIG	UTP A 696	ca. 62 HRc	500 °C	2)	Sehr langsame Abkühlung	Kurze Nähte schweißen, abhämmern der Nähte, langsame Abkühlung.
BÖHLER S600 BÖHLER S705 BÖHLER S500	1.3343 (HS6-5-2C) 1.3243 (HS6-5-2-5) 1.3247 (HS2-9-1-8)	vergütet ⁵⁾	WIG	UTP A 651 UTP A 696	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 62 HRc	500 – 600 °C	2)		
BÖHLER S790 MICROCLEAN®	1.3345 (HS6-5-3C)	vergütet ⁵⁾	WIG	UTP A 651 UTP A 696	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 62 HRc	500 – 600 °C	2)		
BÖHLER S690 MICROCLEAN®	~1.3351 (~HS6-5-4)	vergütet ⁵⁾	WIG	UTP A 651 UTP A 696	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 62 HRc	500 – 600 °C	2)		
BÖHLER S590 MICROCLEAN®	1.3244 (HS6-5-3-8)	vergütet ⁵⁾	WIG	UTP A 651 UTP A 696	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 62 HRc	500 – 600 °C	2)		
BÖHLER S390 MICROCLEAN®	Patent: HS11-2-5-8	vergütet ⁵⁾	WIG	UTP A 651 UTP A 696	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 62 HRc	500 – 600 °C	2)		
BÖHLER S290 MICROCLEAN®	Patent: HS14-2-5-11	vergütet ⁵⁾	WIG	UTP A 651 UTP A 696	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 62 HRc	500 – 600 °C	2)		

²⁾ Nach dem Schweißen langsam herunterkühlen: 10 – 20 °C/h für 2 h, dann 50 °C/h, ³⁾ 20 – 40 °C/h die ersten 2 h, dann 50 °C/h, ⁴⁾ Verbindungsschweißen bzw. Pufferschicht,

⁵⁾ vergütet = gehärtet und angelassen

BÖHLER Marke	Normbezeichnung	Werkzeugzustand	Schweißmethode	Schweißzusatzwerkstoff	Härte reines Schweißgutes	Vorwärmtemperatur	Abkühlung	Wärmebehandlung	Bemerkungen
BÖHLER W300 BÖHLER W302	1.2343 X38CrMoV5-1 1.2344 X40CrMoV5-1	Weichgeglüht	LHS ¹⁾	UTP 73 G2 UTP 73 G3 UTP 73 G4	55 HRc 45 HRc 40 HRc	350 – 400 °C	²⁾	Weichglühen	Unmittelbar nach dem Schweißen weichglühen bei 850 °C in geschützter Atmosphäre. Anschließend im Ofen abkühlen und 10 °C/h bis 650 °C dann an Luft legen.
BÖHLER W303	1.2367 X38CrMoV5-3	Weichgeglüht	LHS ¹⁾	UTP 73 G2 UTP 73 G3 UTP 73 G4	55 HRc 45 HRc 40 HRc	350 – 400 °C	²⁾	Weichglühen	Kurze Strichraupen (ca. 50 – 60 mm) schweißen und sofort abhämmern.
BÖHLER W400 VMR BÖHLER W403 VMR	~1.2343 ~X37CrMoV5-1 ~1.2367 ~X38CrMoV5-3	Weichgeglüht	LHS ¹⁾	UTP 73 G2 UTP 73 G3 UTP 73 G4	55 HRc 45 HRc 40 HRc	350 – 400 °C	²⁾	Weichglühen	
BÖHLER W320	1.2365 X32CrMoV3-3	Weichgeglüht	LHS ¹⁾	UTP 73 G2 UTP 73 G3 UTP 73 G4	55 HRc 45 HRc 40 HRc	350 – 400 °C	²⁾	Weichglühen	Unmittelbar nach dem Schweißen weichglühen bei 850 °C in geschützter Atmosphäre. Anschließend im Ofen abkühlen und 10 °C/h bis 650 °C dann an Luft legen. UTP 702: 3–4h/480 °C ausgehärtet 50 – 54 HRc.
BÖHLER W321	~1.2885 ~X32CrMoCoV3-3-3	Weichgeglüht	LHS ¹⁾	UTP 702 UTP 750	37 – 40 HRc 48 – 52 HRc	350 – 400 °C	²⁾	Weichglühen	
BÖHLER W360 ISOBLOC	Patent	Weichgeglüht	LHS ¹⁾	UTP 702 UTP 73 G2 UTP 67S	37 – 40 HRc 55 – 58 HRc 55 – 58 HRc	350 – 400 °C	³⁾	Weichglühen	Unmittelbar nach dem Schweißen weichglühen bei 850 °C in geschützter Atmosphäre. Anschließend im Ofen abkühlen und 10 °C/h bis 600 °C dann an Luft legen. UTP 702: 3–4h/480 °C ausgehärtet 50 – 54 HRc.

¹⁾ Lichtbogenhandschweißen, ²⁾ Nach dem Schweißen langsam herunterkühlen: 10 – 20 °C/h für 2 h, dann 50 °C/h, ³⁾ 20 – 40 °C/h die ersten 2 h, dann 50 °C/h

BÖHLER Marke	Normbezeichnung	Werkzeugzustand	Schweißmethode	Schweißzusatzwerkstoff	Härte reines Schweißgutes	Vorwärmtemperatur	Abkühlung	Wärmebehandlung	Bemerkungen
BÖHLER W300 BÖHLER W302	1.2343 X38CrMoV5-1 1.2344 X40CrMoV5-1	vergütet ⁴⁾	LHS ¹⁾	UTP 73 G2 UTP 73 G3 UTP 73 G4	55 HRc 45 HRc 40 HRc	400 – 450 °C	²⁾	Spannungsarmglühen: 25 °C unter letzter Anlaßtemperatur, 2 h	Kurze Strichraupen (ca. 50 – 60 mm) schweißen und sofort abhämmern.
BÖHLER W303	1.2367 X38CrMoV5-3	vergütet ⁴⁾	LHS ¹⁾	UTP 73 G2 UTP 73 G3 UTP 73 G4	55 HRc 45 HRc 40 HRc	400 – 450 °C	²⁾		
BÖHLER W400 VMR BÖHLER W403 VMR	~1.2343 ~X37CrMoV5-1 ~1.2367 ~X38CrMoV5-3	vergütet ⁴⁾	LHS ¹⁾	UTP 73 G2 UTP 73 G3 UTP 73 G4	55 HRc 45 HRc 40 HRc	400 – 450 °C	²⁾		
BÖHLER W320	1.2365 X32CrMoV3-3	vergütet ⁴⁾	LHS ¹⁾	UTP 73 G2 UTP 73 G3 UTP 73 G4	55 HRc 45 HRc 40 HRc	400 – 450 °C	²⁾		
BÖHLER W321	~1.2885 ~X32CrMoCoV3-3-3	vergütet ⁴⁾	LHS ¹⁾	UTP 702 UTP 750	37 – 40 HRc 48 – 52 HRc	400 – 450 °C	²⁾	Spannungsarmglühen: 25 °C unter letzter Anlaßtemperatur, 2 h	Kurze Strichraupen (ca. 50 – 60 mm) schweißen und sofort abhämmern. UTP 702: 3–4h/480 °C ausgehärtet 50 – 54 HRc
BÖHLER W360 ISOBLOC	Patent	vergütet ⁴⁾	LHS ¹⁾	UTP 702 UTP 73 G2 UTP 67S	37 – 40 HRc 55 – 58 HRc 55 – 58 HRc	400 – 450 °C	³⁾		

¹⁾ Lichtbogenhandschweißen, ²⁾ Nach dem Schweißen langsam herunterkühlen: 10 – 20 °C/h für 2 h, dann 50 °C/h, ³⁾ 20 – 40 °C/h die ersten 2 h, dann 50 °C/h,

⁴⁾ vergütet = gehärtet und angelassen

WERKSTOFFBEZOGENE SCHWEISSEMPFEHLUNGEN: WARMARBEITSSTÄHLE

BÖHLER Marke	Normbezeichnung	Werkzeugzustand	Schweißmethode	Schweißzusatzwerkstoff	Härte reines Schweißgutes	Vorwärmtemperatur	Abkühlung	Wärmebehandlung	Bemerkungen
BÖHLER W300 BÖHLER W302	1.2343 X38CrMoV5-1 1.2344 X40CrMoV5-1	Weichgeglüht	WIG MAG	UTP A 73 G2 UTP A 73 G3 UTP A 73 G4	55 HRc 45 HRc 40 HRc	350 – 400 °C	2)	Weichglühen	Unmittelbar nach dem Schweißen weichglühen bei 850 °C in geschützter Atmosphäre. Anschließend im Ofen abkühlen und 10 °C/h bis 650 °C dann an Luft legen.
BÖHLER W303	1.2367 X38CrMoV5-3	Weichgeglüht	WIG MAG	UTP A 73 G2 UTP A 73 G3 UTP A 73 G4	55 HRc 45 HRc 40 HRc	350 – 400 °C	2)	Weichglühen	Kurze Strichraupen (ca. 50 – 60 mm) schweißen und sofort abhämmern.
BÖHLER W400 VMR BÖHLER W403 VMR	~1.2343 ~X37CrMoV5-1 ~1.2367 ~X38CrMoV5-3	Weichgeglüht	WIG MAG	UTP A 73 G2 UTP A 73 G3 UTP A 73 G4	55 HRc 45 HRc 40 HRc	350 – 400 °C	2)	Weichglühen	
BÖHLER W320	1.2365 X32CrMoV3-3	Weichgeglüht	WIG MAG	UTP A 73 G2 UTP A 73 G3 UTP A 73 G4	55 HRc 45 HRc 40 HRc	350 – 400 °C	2)	Weichglühen	Unmittelbar nach dem Schweißen weichglühen bei 850 °C in geschützter Atmosphäre. Anschließend im Ofen abkühlen und 10 °C/h bis 650 °C dann an Luft legen. UTP 702: 3–4h/480 °C ausgehärtet 50 – 54 HRc.
BÖHLER W321	~1.2885 ~X32CrMoCoV3-3-3	Weichgeglüht	WIG MAG	UTP A 702	37 – 40 HRc	350 – 400 °C	2)	Weichglühen	
BÖHLER W360 ISO BLOC	Patent	Weichgeglüht	WIG MAG	UTP 702 UTP A 73 G2 UTP A DUR 600	37 – 40 HRc 55 – 58 HRc 55 – 58 HRc	350 – 400 °C	3)	Weichglühen	Unmittelbar nach dem Schweißen weichglühen bei 850 °C in geschützter Atmosphäre. Anschließend im Ofen abkühlen und 10 °C/h bis 600 °C dann an Luft legen. UTP 702: 3–4h/480 °C ausgehärtet 50 – 54 HRc.

2) Nach dem Schweißen langsam herunterkühlen: 10 – 20 °C/h für 2 h, dann 50 °C/h, 3) 20 – 40 °C/h die ersten 2 h, dann 50 °C/h

BÖHLER Marke	Normbezeichnung	Werkzeugzustand	Schweißmethode	Schweißzusatzwerkstoff	Härte reines Schweißgutes	Vorwärmtemperatur	Abkühlung	Wärmebehandlung	Bemerkungen
BÖHLER W300 BÖHLER W302	1.2343 X38CrMoV5-1 1.2344 X40CrMoV5-1	vergütet ⁴⁾	WIG MAG	UTP A 73 G2 UTP A 73 G3 UTP A 73 G4	55 HRc 45 HRc 40 HRc	400 – 450 °C	2)	Spannungsarmglühen: 25 °C unter letzter Anlaßtemperatur, 2 h	Kurze Strichraupen (ca. 50 – 60 mm) schweißen und sofort abhämmern.
BÖHLER W303	1.2367 X38CrMoV5-3	vergütet ⁴⁾	WIG MAG	UTP A 73 G2 UTP A 73 G3 UTP A 73 G4	55 HRc 45 HRc 40 HRc	400 – 450 °C	2)		
BÖHLER W400 VMR BÖHLER W403 VMR	~1.2343 ~X37CrMoV5-1 ~1.2367 ~X38CrMoV5-3	vergütet ⁴⁾	WIG MAG	UTP A 73 G2 UTP A 73 G3 UTP A 73 G4	55 HRc 45 HRc 40 HRc	400 – 450 °C	2)		
BÖHLER W320	1.2365 X32CrMoV3-3	vergütet ⁴⁾	WIG MAG	UTP A 73 G2 UTP A 73 G3 UTP A 73 G4	55 HRc 45 HRc 40 HRc	400 – 450 °C	2)		
BÖHLER W321	~1.2885 ~X32CrMoCoV3-3-3	vergütet ⁴⁾	WIG MAG	UTP A 702	37 – 40 HRc	400 – 450 °C	2)	Spannungsarmglühen: 25 °C unter letzter Anlaßtemperatur, 2 h	Kurze Strichraupen (ca. 50 – 60 mm) schweißen und sofort abhämmern. UTP 702: 3–4h/480 °C ausgehärtet 50 – 54 HRc
BÖHLER W360 ISO BLOC	Patent	vergütet ⁴⁾	WIG MAG	UTP A 702 UTP A 73 G2 UTP A DUR 600	37 – 40 HRc 55 – 58 HRc 55 – 58 HRc	400 – 450 °C	3)	Spannungsarmglühen: 25 °C unter letzter Anlaßtemperatur, 2 h	

2) Nach dem Schweißen langsam herunterkühlen: 10 – 20 °C/h für 2 h, dann 50 °C/h, 3) 20 – 40 °C/h die ersten 2 h, dann 50 °C/h, 4) vergütet = gehärtet und angelassen

BÖHLER Marke	Normbezeichnung	Werkzeugzustand	Schweißmethode	Schweißzusatzwerkstoff	Härte reines Schweißgutes	Vorwärmtemperatur	Abkühlung	Wärmebehandlung	Bemerkungen
BÖHLER M200	1.2312 40CrMnMoS8-6	Vorvergütet	LHS ¹⁾	UTP 641 Kb UTP 73 G4	200 HB ⁴⁾ 38 – 42 HRC	300 – 400 °C	²⁾	Langsame Abkühlung, ggf. Anlassen 2h/590 °C mit Ofen-Abkühlung	Spannungsarmglühen nach größeren Reparaturen bei ca. 550 °C.
BÖHLER M238	1.2738 40CrMnMo7	Vorvergütet	LHS ¹⁾	UTP 65 D UTP 73 G2	ca. 220 HB ⁴⁾ 55 – 58 HRC	300 – 400 °C	²⁾	Langsame Abkühlung (im Ofen oder unter Decke)	
BÖHLER M268 VMR	1.2738 VMR 40CrMnMo7	Vorvergütet	LHS ¹⁾	UTP 73 G3 UTP 73 G4	45 – 48 HRC 38 – 42 HRC				
BÖHLER M261 EXTRA	X13NiCuAlS4-1-1 X13NiCuAl4-1-1	Vorvergütet	LHS ¹⁾	UTP 73 G4 UTP 702	38 – 42 HRC ca. 37 HRC	100 – 150 °C	²⁾	Langsame Abkühlung (im Ofen oder unter Decke)	Kurze Strichraupen (ca. 50 – 60 mm) schweißen und sofort abhämmern. UTP 702: 3 – 4h/480 °C ausgehärtet 50 – 54 HRC.
BÖHLER M314 EXTRA	–1.2085 X33CrS16	Vorvergütet	LHS ¹⁾	UTP 65 D UTP 665	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 350 HB	400 – 450 °C	²⁾	Anlassen	Anlaßtemperatur: M314: ca. 550 °C; M315: ca. 480 °C;
BÖHLER M315 EXTRA	M315: Patent (X5CrCuS13)	Vorvergütet	LHS ¹⁾	UTP 750	42 – 52 HRC				
BÖHLER M303 EXTRA	Patent: –1.2316 X38CrMo16	Vorvergütet	LHS ¹⁾	UTP 65 D UTP 665 UTP 750	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 350 HB 42 – 52 HRC	300 – 400 °C	²⁾	Langsame Abkühlung, ggf. Anlassen 2h/580 °C mit Ofen-Abkühlung	Spannungsarmglühen nach größeren Reparaturen bei ca. 550 °C.
BÖHLER M310 ISOPLAST	–1.2083 X40Cr14	Weichgeglüht	LHS ¹⁾	UTP 65 D UTP 665 UTP 750	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 350 HB 42 – 52 HRC	200 – 250 °C	²⁾	Weichglühen	Wärmebehandlung siehe Broschüre für Grundwerkstoff.
BÖHLER M333 ISOPLAST	M333: Patent (X30CrN14)								
BÖHLER M310 ISOPLAST	–1.2083 X40Cr14	vergütet ⁵⁾	LHS ¹⁾	UTP 65 D UTP 665 UTP 750	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 350 HB 42 – 52 HRC	200 – 250 °C	²⁾	Anlassen	Anlaßtemperatur: 200 – 250 °C
BÖHLER M333 ISOPLAST	M333: Patent (X30CrN14)								
BÖHLER M340 ISOPLAST	M340: Patent (X55CrMoN17-1)								
BÖHLER M390 MICROCLEAN	Patent: X190CrVMo20-4	vergütet ⁵⁾	LHS ¹⁾	UTP 73 G2 UTP 690	55 – 58 HRC 62 HRC	500 – 600 °C	²⁾	Anlassen auf 500 °C/1h	Kurze Nähte schweißen, abhämmern der Nähte, langsame Abkühlung.

¹⁾ Lichtbogenhandschweißen, ²⁾ Nach dem Schweißen langsam herunterkühlen: 10 – 20 °C/h für 2 h, dann 50 °C/h, ⁴⁾ Verbindungsschweißen bzw. Pufferschicht,

⁵⁾ vergütet = gehärtet und angelassen

WERKSTOFFBEZOGENE SCHWEISSEMPFEHLUNGEN: KUNSTSTOFFFORMENSTÄHLE

BÖHLER Marke	Normbezeichnung	Werkzeugzustand	Schweißmethode	Schweißzusatzwerkstoff	Härte reines Schweißgutes	Vorwärmtemperatur	Abkühlung	Wärmebehandlung	Bemerkungen
BÖHLER M200	1.2312 40CrMnMoS8-6	Vorvergütet	WIG MAG	UTP A 641 UTP A 73 G4	200 HB ⁴⁾ 38 – 42 HRC	300 – 400 °C	2)	Langsame Abkühlung, ggf. Anlassen 2h/590 °C mit Ofen-Abkühlung	Spannungsarmglühen nach größeren Reparaturen bei ca. 550 °C.
BÖHLER M238	1.2738 40CrMnMo7	Vorvergütet	WIG MAG	UTP A 651 UTP A 73 G2	ca. 220 HB ⁴⁾ 55 – 58 HRC	300 – 400 °C	2)	Langsame Abkühlung (im Ofen oder unter Decke)	
BÖHLER M268 VMR®	1.2738 VMR 40CrMnMo7			UTP A 73 G3 UTP A 73 G4	45 – 48 HRC 38 – 42 HRC				
BÖHLER M261 EXTRA	X13NiCuAlS4-1-1 X13NiCuAl4-1-1	Vorvergütet	WIG MAG	UTP A 73 G4 UTP A 702	38 – 42 HRC ca. 37 HRC	100 – 150 °C	2)	Langsame Abkühlung (im Ofen oder unter Decke)	UTP A 702: 3 – 4h/480°C ausgehärtet 50 – 54 HRC
BÖHLER M461 EXTRA									
BÖHLER M314 EXTRA	~1.2085 X33CrS16	Vorvergütet	WIG MAG	UTP A 651 UTP A 661	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 40 HRC	400 – 450 °C	2)	Anlassen	Anlaßtemperatur: M314: ca. 550 °C; M315: ca. 480 °C;
BÖHLER M315 EXTRA	M315: Patent (X5CrCuS13)								
BÖHLER M303 EXTRA	Patent: ~1.2316 X38CrMo16	Vorvergütet	WIG MAG	UTP A 651 UTP A 661	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 40 HRC	300 – 400 °C	2)	Langsame Abkühlung, ggf. Anlassen 2h/580 °C mit Ofen-Abkühlung	Spannungsarmglühen nach größeren Reparaturen bei ca. 550 °C.
BÖHLER M310 ISOPLAST®	~1.2083 X40Cr14	Weichgeglüht	WIG MAG	UTP A 651 UTP A 661	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 40 HRC	200 – 250 °C	2)	Weichglühen	Wärmebehandlung siehe Broschüre für Grundwerkstoff.
BÖHLER M333 ISOPLAST®	M333: Patent (X30CrN14)								
BÖHLER M310 ISOPLAST®	~1.2083 X40Cr14	vergütet ⁵⁾	WIG MAG	UTP A 651 UTP A 661	ca. 220 HB ⁴⁾ ca. 40 HRC	200 – 250 °C	2)	Anlassen	Anlaßtemperatur: 200 – 250 °C
BÖHLER M333 ISOPLAST®	M333: Patent (X30CrN14)								
BÖHLER M340 ISOPLAST®	M340: Patent (X55CrMoN17-1)								
BÖHLER M390 MICROCLEAN®	Patent: X190CrVMo20-4	vergütet ⁵⁾	WIG MAG	UTP A 73 G2 UTP A 696	55 – 58 HRC 62 HRC	500 – 600 °C	2)	Anlassen auf 500 °C/1h	Kurze Nähte schweißen, abhämmern der Nähte, langsame Abkühlung.

²⁾ Nach dem Schweißen langsam herunterkühlen: 10 – 20 °C/h für 2 h, dann 50 °C/h, ⁴⁾ Verbindungsschweißen bzw. Pufferschicht, ⁵⁾ vergütet = gehärtet und angelassen

Überreicht durch: _____



BÖHLER Edelstahl GmbH & Co KG
Mariazeller Straße 25
A-8605 Kapfenberg/Austria
Telefon: +43-3862-20-71 81
Fax: +43-3862-20-75 76
E-Mail: info@bohler-edelstahl.com
www.bohler-edelstahl.com