

# Best Practices für das WIG-Schweißen von 4130-Chrom-Molybdän-Rohren in allgemeinen Motorsport- und Luft- und Raumfahrtanwendungen

Chrom-Moly-Stahl bietet eine gute Mischung aus Festigkeit, Gewicht und Verformbarkeit für viele Anwendungen im Motorsport und in der Luftfahrt. Im folgenden Artikel werden einige der empfohlenen Verfahren und Ausrüstungen für das erfolgreiche WIG-Schweißen von 4130 Chrom-Moly-Stahl beschrieben.

Veröffentlicht: März 18, 2010



So wie ein NHRA (National Hot Rod Association)-Drag-Racing-Team auf die Mischung von Teamtalenten angewiesen ist, um Rennen zu gewinnen, so erfordert auch das für eine bestimmte Anwendung ausgewählte Material eine Mischung von Eigenschaften, um den jeweiligen Belastungen standzuhalten. Für ein Drag-Racing-Chassis und für viele andere Motorsport- und Luft- und Raumfahrtanwendungen ist dieses Material 4130 Chrom-Molybdän oder Chrom-Moly, das aufgrund seiner Mischung aus Verformbarkeit, Festigkeit, Gewicht und Verarbeitungsvorteilen ausgewählt wird.

Die Chrom-Molybdän-Sorte 4130 ist ein hochfester, niedrig legierter Stahl (HSLA), der Molybdän (0,15 - 0,25 Gewichtsprozent) und Chrom (0,8 - 1,1 Gewichtsprozent) als Verstärkungstoffe enthält. Er hat jedoch einen relativ geringen Kohlenstoffgehalt (nominell 0,30 %), so dass er sich fast genauso leicht schweißen, bearbeiten und biegen lässt wie 1018 DOM-Weichstahlrohre (mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,18 %).

ig.

Werkstoff	Zugfestigkeit	Streckgrenze	Härte Rockwell B	Dehnung
41340 Chrom-Molybdän	97.200 psi	63.100 psi	92	25.5%
1018 DOM	63.800 psi	53.700 psi	71	15%

1-A Vergleich von 4130 Chrom-Moly mit 1018 DOM-Rohren (kaltgezogen, normalisierter Zustand)

Chrom-Molybdän ist nicht leichter als Stahl, ein weit verbreiteter Irrglaube. Beide wiegen etwa 491 lbs. (222kg) pro Kubikfuß. Wie Abb. 1 zeigt, bietet Chrom-Moly jedoch ein besseres Verhältnis von Festigkeit zu Gewicht und eine bessere Dehnung (ein Maß für die Duktilität), so dass Konstrukteure dünnwandigere Rohre und/oder Rohre mit kleinerem Durchmesser verwenden können, um das Gesamtgewicht zu reduzieren.

Da bei vielen Anwendungen im Motorsport, in der Luft- und Raumfahrt und bei Sportartikeln normalisierte 4130-Chrom-Moly-Rohre mit einer Wandstärke von < 0,125 Zoll (3,175mm) geschweißt werden, konzentriert sich dieser Artikel auf die besten Verfahren für diese Anwendungen.

## Schweißzusätze und -variablen

Abb. 2 fasst die für die meisten Rohranwendungen erforderlichen Schweißverfahren, Zusatzwerkstoffe und Variablen zusammen. Die folgenden Bilder und Texte erweitern diese Informationen, um weitere Klarstellungen und Anleitungen zu geben.

Werkstoff	4130 Chrom-Molybdän-Rohr (normalisiert).
Dicke	< 0,125 inch (3,175mm). Die meisten Fahrgestellrohre haben eine Wandstärke von 0,035 (0,889mm) - 0,083 (2,1mm) inch und Durchmesser von 1/4 - 1-5/8 Zoll (6,35mm bis 41,27mm)
Stromstärke	1 Ampere pro 0,001 inch (0,0254mm) Wandstärke. Wandstärke 1,5mm – 59A ~ <b>40 A / mm</b> (Wanddicke)
Polarität	DC Elektrode Negativ. HF nur für Lichtbogenstarts.
Pulsieren	optional.
Schweißzusatzwerkstoff	ER70S-2 oder ER80S-D2.
Durchmesser des Schweißzusatzes	0,030 (0,761mm) - 1/8 Zoll (3,175mm). Im Allgemeinen sollte kein Stab verwendet werden, der größer als die Dicke des Grundmetalls ist.
Wolfram Typ	2% Typ (Ceriated ist die erste Wahl, dann Thoriated)
Wolfram-Durchmesser	1/16 (1,5mm) - 3/32 (2,38mm) (kleinerer Durchmesser für dünnere Wände).
Wolfram Prep	Pointed
Bogenlänge	Weniger als oder gleich dem Elektrodendurchmesser. Im Allgemeinen gilt: je kürzer, desto besser, da kürzere Lichtbogenlängen den Wärmeeintrag verringern.
Elektrodenüberstand	Nicht weiter als der Innendurchmesser des verwendeten Bechers. Die Verwendung einer Gaslinse kann diesen Abstand jedoch verlängern.
Gaslinse	Nicht erforderlich, aber hilfreich, wenn eine enge Konfiguration einen längeren Stickout erfordert oder mehrere Rohre beteiligt sind. Halten Sie den Schirm frei von

	Ablagerungen und Spritzern.
Schutzgas	100% Argon, 15 - 20 CFH. Mehr ist nicht besser, da durch Turbulenzen Atmosphäre in die Schweißnaht gesaugt werden könnte.
Vorströmung	0.4 bis 0.6 Sekunden.
Nachströmung	10 - 15 Sekunden.
Schutzgas	Gegebenenfalls geltende Vorschriften/Normen beachten; für NHRA-Anwendungen nicht erforderlich.
Vorwärmen	nicht erforderlich, solange die Rohre über 60 - 70 Grad F liegen → 15°C - 23°C
Spannungsabbau	Nicht erforderlich bei Material < 0,125 Zoll (3,175mm); einfach die Schweißnaht an der Luft abkühlen lassen.
Heftschweißungen	Vier Punkte im Abstand von 90 Grad; die Punkte sollten idealerweise länger als breit sein.
Vorbereitung der Naht Rohrausklinkung für die Bearbeitung,	Trommelschleifer für die endgültige Anpassung, Entgraten für die Kantenvorbereitung, Scotch-Brite™ oder 120er-Schleifpapier zum Reinigen ca. 1 Zoll (2,54cm) von der Naht entfernt und abschließende Reinigung mit Aceton, Lackverdünner oder einem ähnlichen Lösungsmittel zum Entfernen von Öl.
Fugenspalt	Keine! Realistischerweise sind Fugen kleiner als 0,010 (0,254mm) zulässig; größere Fugen fördern eine schlechte Qualität.
Schweißnahtgröße	Halten Sie die Schweißnähte innerhalb der vorgegebenen Größe: Eine Schweißnaht darf nicht größer sein als ihr dünnster Abschnitt, der das "schwächste Glied" in der Kette darstellt. Größere Schweißnähte führen zu überschüssiger Hitze und verschwenden Gas, Schweißdraht und Zeit.
Schweißtechnik	Schweißen Sie in einer kontinuierlichen Bewegung, indem Sie den Fußanlasser pulsieren und Fülldraht hinzufügen, um das "Stack of Dimes"-Erscheinungsbild zu erzeugen (oder verwenden Sie die pulsierende Steuerung der Maschine). Stapeln Sie keine einzelnen Pfützen übereinander, da dies zu einer unvollständigen Verschmelzung führen kann.
Verfahren am Ende der Schweißung	Vermeiden Sie Nadellöcher, indem Sie die Wärmezufuhr am Ende der Schweißung verringern und einen konstanten Abstand zwischen dem Wolfram und dem Schweißteil einhalten.

Erscheinungsbild der Schweißnaht	Eine gute Schweißnaht sieht glänzend aus und hat eine bläuliche Tönung. Eine schmutzige, grau aussehende Schweißnaht kann auf eine schlechte Schutzgasabdeckung oder zu viel Hitze hinweisen.
----------------------------------	---

## Perfekte Passgenauigkeit

Beim Schweißen von dünnwandigen Rohren, ob aus Chrom-Molybdän oder anderen Metallen, scherzen die Schweißer bei Cagnazzi Racing, dass ihre Toleranzen von perfekt bis fast nicht perfekt reichen. Das heißt, wenn die Teile nicht perfekt passen, fangen sie von vorne an, weil dünnwandige Rohre nicht genügend Masse haben, um überschüssige Wärme zu absorbieren.

Der übliche "Trick" zum Füllen von Lücken beim WIG-Schweißen besteht darin, einen Füllstab mit größerem Durchmesser zu verwenden. Größere Stäbe erfordern jedoch mehr Wärme, und überschüssige Wärme fördert Durchbrennen, Verzug und Versprödung. Die Verwendung eines größeren Stabes mag bei einer unkritischen Anwendung eine akzeptable Lösung sein, beim Schweißen von Chrom-Molybdän ist dies jedoch eine schlechte Praxis. Abb. 3 zeigt ein Beispiel für eine perfekte Passung, wobei der richtige Durchmesser des Schweißdrahtes zur Veranschaulichung dargestellt ist.



## Konsistenz

Cagnazzi verwendet Hunderte von Vorrichtungen, die auf einer bis auf wenige Tausendstel Zoll ebenen Oberfläche verschraubt sind, um auch bei der Herstellung kleinster Teile einen festen Sitz und eine konsistente Rohrplatzierung zu gewährleisten, was eine Wiederholbarkeit ermöglicht (siehe Abb. 4).

Konsistenz der Chrom-Molybdän-Rohre



## Mechanismen zur Anpassung

Die meisten Vorrichtungen von Cagnazzi haben eine "Go/No-Go"-Passform, die es ermöglicht, eine perfekte Passform durch kleine, schrittweise Anpassungen zu "erschleichen".



Nach dem Zuschnitt auf die ungefähre Länge mit einer Bandsäge verwendet Cagnazzi einen Rohrausklinker (Abb. 5) für die Grobbearbeitung. Der Verarbeiter überprüft dann die Länge und verwendet einen Trommelschleifer, um die perfekte Passform durch langsames Abschleifen des überschüssigen Metalls an der Rohröffnung zu erreichen (Abb. 6). Vor dem Schweißen entgratet der Verarbeiter die Kante (Abb. 7), säubert mit Scotch-Brite oder Schleifpapier der Körnung 120 einen Zentimeter von der Kante und entfernt Öle oder andere Verunreinigungen mit einem Lösungsmittel (Abb. 8). Tragen Sie unbedingt Nitrilhandschuhe, da die natürlichen Öle Ihrer Finger eine Schweißnaht ebenso gründlich ruinieren können wie Fett oder Schneidflüssigkeit. Vergessen Sie nicht, das Schleifpapier und das Lösungsmittel auch für den Schweißdraht zu verwenden.

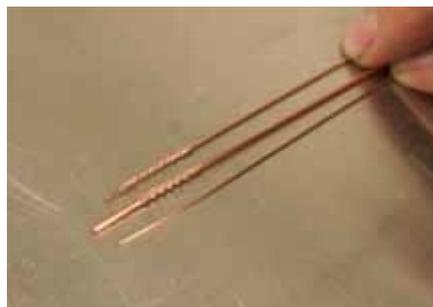


## Auswahl der Schweißzusatzwerkstoffe

Bei vielen Anwendungen im Motorsport und in der Luft- und Raumfahrt wünschen sich die Ingenieure ein gewisses Maß an Dehnbarkeit in der Schweißnaht, um Stöße zu absorbieren und Risse zu vermeiden. Aus diesem Grund schwächen die meisten NHRA-Hersteller die Festigkeit des Grundmaterials absichtlich ab, indem sie ER70S-2 als Schweißzusatzwerkstoff für Überrollkäfige, Fahrgestelle und andere Anwendungen wählen, die mehr Flexibilität erfordern. Während die tatsächliche Zugfestigkeit der Schweißnaht variiert und von anderen Faktoren abhängt, ergibt 4130 verdünnt mit ER70S-2-Zusatzwerkstoff wahrscheinlich eine Schweißnaht mit einer Zugfestigkeit im Bereich von 80.000 bis 82.000 psi.

Für Bereiche, die eine höhere Festigkeit erfordern, wie z. B. Spindeln und obere und untere Querlenker, wählen die Hersteller den Füllstoff ER80S-D2, der Schweißnähte mit einer hohen Zugfestigkeit erzeugt (als Nebenbemerkung ist zu beachten, dass S-2-Füllstoffe Verunreinigungen besser reinigen als D-2-Füllstoffe). In jedem Fall sollte kein 4130-Zusatzwerkstoff verwendet werden, da die Schweißnaht keine ausreichende Duktilität aufweist, es sei denn, sie wird einem Spannungsabbau unterzogen.

Was den Durchmesser des Schweißzusatzes anbelangt, so sollte dieser der Dicke des Grundmetalls entsprechen. Der Versuch, 0,035-Zoll-Rohre mit einem 1/16-Zoll-Zusatzwerkstoff (0,063-Zoll) zu schweißen, ist eine schlechte Idee, da die Rohrwand schmelzen wird, bevor der Zusatzwerkstoff auf Temperatur ist. Cagnazzi verwendet überwiegend 0,030 (0,76mm)-, 0,045 (1,1mm)- und 0,063 (1,6mm)-Zoll (1/16 Zoll) Füllstäbe (Abb. 9), wobei 0,045 und 0,063 am häufigsten verwendet werden. Für dickere Rohre mit größerem Durchmesser werden 3/32- und 1/8-Zoll-Stäbe verwendet.



# Wärmekontrolle

Um 4130 erfolgreich zu schweißen, müssen die mechanischen Eigenschaften durch kontrolliertes Erhitzen und Abkühlen der Schweißnaht erhalten bleiben. Zu viel Wärme führt zu Karbidausscheidungen, und zu schnelles Abkühlen führt zu Versprödung. Glücklicherweise bietet das WIG-Verfahren eine ausreichende Wärmesteuerung. Schweißnähte an Rohren mit einer Dicke von 1/8 Zoll oder dünner erfordern kein Vorwärmen oder Spannungsabbau nach der Schweißung und haben dennoch eine ausreichende Eindringtiefe, solange der Bediener die allgemeine Faustregel befolgt und 1 Ampere pro 0,001 Zoll Metalldicke verwendet. In Abb. 10 bereitet sich der Bediener auf das Schweißen von dünnwandigen Rohren vor.



Beachten Sie, dass das Grundmetall mit einem kleinen Propanbrenner auf bis zu 300 °C erwärmt werden sollte, wenn die Rohre weniger als 60 °C warm sind, da das Metall sonst zu schnell abkühlen und spröde werden könnte. Das Schweißen von kaltem Metall kann auch zu Wasserstoffrisen führen. Dies ist ein weiterer Grund, 4130 vorzuwärmen, wenn es kalt ist.

# Pfützengröße und Lichtbogenlänge

Obwohl zu langsames Schweißen die Gesamtwärmezufuhr erhöht, sollte sich der Schweißer nicht unbedingt auf die Schweißgeschwindigkeit konzentrieren. Vielmehr sollten sie sich darauf konzentrieren, ihren Körper zu kontrollieren (Abb. 11), die Pfützengröße zu kontrollieren, indem sie die Pfütze nur so breit wie nötig machen und eine enge Lichtbogenlänge von 1/8 Zoll oder weniger einhalten (Abb. 12).



Beachten Sie, dass eine größere Lichtbogenlänge bzw. ein größerer Abstand zwischen Wolframspitze und Werkstück die Gesamtwärmezufuhr erhöht, da eine WIG-Stromquelle die Spannung automatisch erhöht, wenn die Lichtbogenlänge zunimmt. Wenn die Verbindungskonfiguration den Zugang aufgrund der Bechergröße einschränkt, versuchen Sie nicht, mit einem längeren Lichtbogen zu schweißen. Verwenden Sie stattdessen einen kleineren Becher oder eine Gaslinse und verlängern Sie den Stickout.

Um die Wärmezufuhr besser kontrollieren zu können und um die Positionierung des Körpers zur besseren Kontrolle der Brennerbewegung zu ermöglichen, schweißen Sie den Umfang eines Rohrs nicht in einem Durchgang. Schweißen Sie es stattdessen in vier Vierteln. Schweißen Sie nur zwei

der Viertel (auf der gegenüberliegenden Seite des Rohrs) und gehen Sie dann zu einer anderen Verbindung über. Wenn die erste Verbindung abgekühlt ist, kommen Sie zurück und vollenden die restlichen Abschnitte.

## **Kein Nachlassen erlaubt – niemals**

Die Autoren dieses Artikels schweißen 4130-Rohre in kritischen Anwendungen, und sie haben zusammen 50 Jahre Erfahrung im Schweißen. Als solche nehmen sie jeden Schritt des Herstellungsprozesses ernst. "Nah genug" ist einfach nicht gut genug für die NHRA oder die Luft- und Raumfahrt und sollte es auch nicht für ein Gokart oder ein Fahrrad für Kinder sein. Während die meisten Chrom-Molybdän-Rohre von Profis geschweißt werden, kann der angehende Chassis-Hersteller oder der Liebhaber von Experimentalflugzeugen sie zu Hause schweißen. Befolgen Sie in jedem Fall ordnungsgemäße Verfahren und alle geltenden Vorschriften und Normen.

Dieser Artikel wurde ins deutsche übersetzt. Den original Artikel finden Sie auf:

<https://www.millerwelds.com/resources/article-library/best-practices-for-tig-welding-of-4130-chrome-moly-tubing-in-general-motorsports-and-aerospace-applications>