



(12) Wirtschaftspatent

Teilweise bestätigt gemäß § 18 Absatz 1
Patentgesetz

(19) **DD** (11) **213 373 B1**

4(51) B 23 K 1/04

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21)	WP B 23 K / 247 670 1	(22)	02.02.83	(45)	27.05.87
				(44)	12.09.84

(71)	VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow, 1530 Teltow, Oderstraße 74/76, DD
(72)	Bogdahn, Heiner, Dipl.-Ing.; Langhanki, Manfred; Salzberg, Bernd-Peter, Dipl.-Ing., DD

(54) Verfahren zum Schutzgaslöten hochlegierter Cr-Ni-Stahlbauteile

Patentanspruch:

Verfahren zum Löten hochlegierter Cr-Ni-Stahlbauteile, insbesondere hochlegierter Stahlrohre, mit inertem Schutzgas, die nach dem Prinzip der direkten elektrischen Widerstandserwärmung in einer die Lötstelle umgebenden Schutzgaskammer erwärmt werden, **gekennzeichnet durch** die Verwendung eines die Schutzgaskammer durchströmenden Inertgases mit technischen Verunreinigungen bis 100 vpm, wobei der Feuchtigkeitsgehalt bis 35 vpm, der Sauerstoffgehalt bis 8 vpm, der Methangehalt bis 10 vpm, der Wasserstoffgehalt bis 10 vpm und der Kohlendioxidgehalt bis 1 vpm betragen darf, bei einem Kammervolumen, welches 20 bis 30 mal größer als das am Lötprozeß beteiligte Bauteilvolumen, jedoch nicht größer als 200 cm³ sein darf, wobei das Inertgas maximal 2 bis 3 cm von der Lötstelle entfernt in die Kammer eingeleitet wird.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Löten hochlegierter Cr-Ni-Stahlbauteile unter Montagebedingungen, insbesondere zum Fügen von Rohren kleiner Durchmesser.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Das Hauptproblem beim Löten von hochlegierten Cr-Ni-Stählen stellt die Beseitigung der auf dem Metall haftenden Oxidschicht dar. Diese wird bei bekannten Lötverfahren durch Salzflußmittel beseitigt. Der Nachteil dieser Verfahren besteht darin, daß nach dem Löten aggressive Flußmittelreste zurückbleiben, die in Verbindung mit Feuchtigkeit zu einer Korrosion des Grundwerkstoffes führen. Das mechanische Entfernen dieser Flußmittelreste ist sehr aufwendig und kann praktisch sogar undurchführbar werden.

Bleiben selbst bei einer aufwendigen chemischen Behandlung der Lötstelle Flußmittelreste zurück, so können diese später zu folgenschweren Materialausfällen führen.

Aufgrund der genannten Probleme wird häufig auf Ofenlötverfahren zurückgegriffen, bei denen die Beseitigung der Oxidschicht durch ein Vakuum oder durch ein Schutzgas erreicht wird. Als Schutzgase kommen entweder reduzierende Gase (z. B. trockener Wasserstoff oder Ammoniak-Spaltgas) oder inerte Gase zur Anwendung, wobei der Einsatz von inerten Gasen eine hohe Reinheit (Summe aller Verunreinigungen < 10 vpm) voraussetzt. Dabei stellt das technisch wichtigste Argon dar, das durch Luftzerlegung gewonnen wird, wodurch, wie in Rubel/Bernsdorf „Löttechnik für den Praktiker“ auf Seite 107 ausgeführt wird, es nie frei von Sauerstoff ist, der die auf den Werkstück- und Lotoberflächen immer vorhandenen dünnen Oxidschichten trotz Luftabschluß während der Erwärmung verdicken würde. Eine Bindung zwischen Werkstück- und Lotoberfläche wäre unter diesen Umständen gar nicht möglich.

Damit wird die Möglichkeit des Einsatzes von Argon bzw. einem anderen Inertgas mit Verunreinigungen > 10 vpm völlig ausgeschlossen. Da Cr-Ni-Stähle auch häufig noch andere Metalle mit großer Affinität zum Sauerstoff enthalten, wie z. B. Titan, muß bei Verwendung eines inerten Gases außerdem mit einem extrem trockenen Schutzgas (Taupunkt — 70°C) gearbeitet werden.

Um nun eine Benetzung des Grundwerkstoffes zu erreichen, muß die Oberfläche aufwendig, mechanisch oder chemisch abgearbeitet werden, damit nur eine dünne Oxidhaut vorhanden ist. Bei hoher Löttemperatur (1000°C) reißt diese Oxidhaut auf und ermöglicht so dem Lot den erforderlichen Kontakt mit dem Grundwerkstoff. An den Bruchstellen der Oxidhaut wird diese vom Lot unterwandert, abgehoben und in das Lotgefüge eingebaut (Zimmermann, K. F. „Mechanisiertes Hartlöten auf Lötvorrichtungen und Lötmaschinen — Ausführungsbeispiele für Ofenloteinrichtungen mit und ohne Schutzgasatmosphäre“, Technik die verbindet, Berichte aus Forschung und Praxis Nr. 25).

Bei Verwendung reduzierender Schutzgase werden die Oxidschichten durch die reduzierenden Bestandteile des Schutzgases — im wesentlichen Wasserstoff — beseitigt. Die Höhe der Temperatur und die Zusammensetzung des Schutzgases sind maßgeblich für seine reduzierende Wirkung verantwortlich. Schwer zu reduzierende Metalloxide (z. B. Chromoxid) benötigen praktisch ein von Sauerstoff und Sauerstoffverbindungen freies und extrem trockenes Schutzgas. Aus diesem Grunde werden häufig als Schutzgas trockener Wasserstoff oder trockenes Ammoniak-Spaltgas verwendet. Eine weitere Methode, die störenden Oxidschichten beim Löten zu entfernen, liegt in der Anwendung des Vakuums. Hier basiert die Beseitigung der Oxidschicht bei kohlenstoffhaltigen Werkstoffen auf der reduzierenden Wirkung des Kohlenstoffs selbst. Die Bedingungen für einen schnellen Ablauf dieser Reaktion werden günstiger mit steigendem Kohlenstoffgehalt des Stahls, niedriger Stabilität des zu reduzierenden Oxides und fallendem Druck im Vakuumofen. Da die Stabilität des Oxides von der Temperatur abhängt, ist die CO-Reaktion für die Oxide temperatur- und druckabhängig. So wird z. B. Chromoxid bereits bei 680°C von Kohlenstoff reduziert, wenn der CO-Partialdruck unter 10⁻⁶ at liegt. Bei 1000°C ist dieselbe Reaktion auch dann noch möglich, wenn der Druck auf 10⁻² at angestiegen ist. (Ogiermann, G.; Zimmermann, K. F.; „Mechanisiertes Hartlöten auf Lötvorrichtungen und Lötmaschinen...“ Technik die verbindet — Berichte aus Forschung und Praxis, Nr. 26). Bei nicht kohlenstoffhaltigen Werkstoffen werden die Oxide entweder vom Wasserstoff gelöst oder die Oxidschichten brechen beim Erwärmen auf und werden dann vom flüssigen Lot unterwandert, abgehoben und in das Lotgefüge mit eingebaut. (Mahler, W.; Zimmermann, K. F.; „Bindungsverhalten einiger Hartlote unter Wasserstoff auf verschiedenen Grundwerkstoffen“, Schweißen und Schneiden 21 (1969) H. 6, S. 249–254). Diesen hier beschriebenen Verfahren haften aber im wesentlichen folgende Nachteile an:

- Wegen des hohen apparativen Aufwandes ist das Löten unter Vakuum nur für den Bereich der stationären Fertigung anwendbar.
- Reduzierende Gase, die vorwiegend Wasserstoff als Reduktionsmittel enthalten, scheiden aus Sicherheitsgründen aus, weil die Gefahr einer Knallgasexplosion unter Baustellenmontagebedingungen zu groß ist.

Eine weitere bekannte Methode des Fügens von Cr-Ni-Stählen ist das induktive Löten unter Verwendung von Reinstargon. (Kaiser, L.; „Induktionslöten von Hochdruckrohrleitungen im Flug- und Raumfahrzeugbau“, Schweißen und Schneiden 24 (1972) Heft 5, S. 161–165).

Wegen des hohen apparativen Aufwandes für die Erwärmeinrichtung ist diese Methode ebenfalls nur für die stationäre Fertigung geeignet, wobei sich außerdem der hohe Aufwand für die mechanische Abarbeitung der Oxidschichten und die hohen Schutzgaskosten (Reinstargon) negativ auf die Wirtschaftlichkeit dieser Fügetechnologie auswirken.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Fügen von Bauteilen aus hochlegierten Cr-Ni-Stählen zu schaffen, das insbesondere unter Montagebedingungen ein einfaches und zuverlässiges Verbinden derartiger Bauteile ermöglicht.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Löten von Bauteilen aus hochlegierten Cr-Ni-Stählen in inerter Schutzgasatmosphäre zu schaffen, bei dem eine separate chemische bzw. mechanische Vorbehandlung der auf dem Metall haftenden Oxidschicht entfällt.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die nach dem Prinzip der direkten elektrischen Widerstandserwärmung zu erwärmenden Lötstelle von einer Schutzkammer umgeben wird. Diese Anordnung wird dann während der Erwärmungsphase und der sich anschließenden Abkühlungsphase von einem Inertgas durchströmt. Dabei darf die maximale technische Verunreinigung 100 vpm betragen, wobei der Feuchtigkeitsgehalt nicht größer als 35 vpm, der Sauerstoffgehalt nicht größer als 8 vpm, der Methangehalt nicht größer als 10 vpm, der Wasserstoffgehalt nicht größer als 1 vpm und der Kohlenstoffdioxidgehalt nicht größer als 1 vpm sein darf. Das Kammervolumen der Schutzgaskammer darf dabei 20 bis 30mal größer sein als das am Lötprozeß beteiligte Bauteil, jedoch nicht größer als 200 cm³. Die Eintrittsöffnung für das Inertgas befindet sich dabei maximal 2–3 cm von der Lötstelle entfernt.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll anschließend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden.

Hochlegierte Stahlrohre (X8CrNiTi 18,10) der Abmessungen 12 × 2 mm sollen auf einer Rohrtrasse miteinander gelötet werden. Hierzu wird die Lötstelle mit einem fettlösenden Lösungsmittel gesäubert und folgendermaßen vorbereitet: Zunächst werden auf beide Rohrenden Lotringe aus z. B. CuMa 10 Co 3 geschoben und mit einer Lehre ausgerichtet. Dann wird eine Lötuffe auf ein Rohrende geschoben und das zweite Rohr ebenfalls in diese Lötuffe geschoben, so daß sich die Rohrstoßstellen berühren. Um die so vorbereitete Lötstelle wird eine Schutzgaskammer positioniert, die an ihrer Oberseite mit einer Klarsichtscheibe ausgerüstet ist.

Rechts und links der Kammer werden die elektrischen Kontakte eines Widerstands-lötgerätes an die Rohre geklemmt und an eine Seite der zu verlötenden Rohre wird ein Anschluß zum Einleiten eines inertes Schutzgases in das Rohrinne befesigt. Dann wird das Rohr von dem Schutzgas durchspült (10 l/min), so daß keine Luft mehr im Rohrinne vorhanden ist. Jetzt wird das andere Rohrende verschlossen und das eingeleitete Schutzgas wird über den Rohrstoß durch den Lötspalt in die Schutzgaskammer gedrückt. Nachdem auch die Schutzgaskammer über einen separaten Anschluß ca. 30 s lang mit dem gleichen Durchfluß wie die zu verlötenden Rohre mit dem Schutzgas geflutet wurde und auch hier die vorhandene Luft entwichen ist, kann der Lötprozeß eingeleitet werden.

Die beim Lötprozeß den Lötfluß hemmenden Oxidschichten brechen bei Temperaturen über 1000 °C auf. Das Fließen des Lotes ist erst dann möglich, wenn eine Reoxidation des Grundwerkstoffes verhindert wird. Dies wird durch die inerte Schutzgasatmosphäre erreicht, die aus Argon bzw. Stickstoff mit technischen Verunreinigungen bis 100 vpm (Argon: Feuchte 35 vpm, Sauerstoff 8 vpm, Methan 1 vpm; Stickstoff: Feuchte 30 vpm, Sauerstoff 1 vpm, Kohlendioxid 1 vpm, Wasserstoff 10 vpm) bestehen kann. Unter diesen Verhältnissen unterwandert das flüssige Lot die aufgerissenen Oxidschichten, hebt diese ab und baut sie in das Lotgefüge ein. Voraussetzung für das Löten mit den beschriebenen Gasen ist die Anwendung einer Schutzgaskammer. Dabei sind die Abmaße der Schutzgaskammer so zu wählen, daß ihr Volumen nicht größer als 200 cm³ ist, wobei im konkreten Fall das Kammervolumen so zu wählen ist, daß es 20 bis 30mal, vorzugsweise 25mal, größer ist als das am Lötprozeß beteiligte Bauteilvolumen. Die Eintrittsöffnung für das Schutzgas in die Schutzgaskammer soll lediglich 2 bis 3 cm von der Lötstelle entfernt sein. Außerdem muß die Erwärmung der Lötstelle nach dem Prinzip der direkten elektrischen Widerstandserwärmung erfolgen, damit eine kurzzeitige Erwärmung des Lötspaltes gewährleistet ist, und das Lot in den Lötspalt schließen kann. Sind die Lotringe um den gesamten Rohrumfang geschmolzen, kann die Erwärmung beendet werden. Die Lötverbindung muß jetzt noch etwa 30 s in der Schutzgasatmosphäre abgekühlt werden, um einer Verzunderung des Grundwerkstoffes entgegenzuwirken. Dann werden Lötkebel und Schutzgaskammer abgenommen und eventuell vorhandene Anlaßfarben mit Schmirgelleinen entfernt.

Durch die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es möglich, entgegen der Auffassung weiter Kreise der Fachwelt, zum Schutzgaslöten hochlegierter Bauteile unter Baustellenmontagebedingungen technisches Argon der Reinheit 99,99 % mit den üblichen Verunreinigungen oder ein anderes Inertgas ähnlicher Qualität einzusetzen.

In Betracht gezogene Druckschriften:

DD-PS 85495 (B 23 K, 1/04)

G. Bernsdorf, W. Rubel:

Löttechnik für den Praktiker

TWA Nr. 67 des Zentralinstituts für Schweißtechnik Halle (S.) 1970, S. 108–109.