



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 260 668 A1

4(51) B 23 K 35/22

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP B 23 K / 302 376 4	(22)	04.05.87	(44)	05.10.88
------	-----------------------	------	----------	------	----------

(71) Institut Chernoi Metallurgii, Dnepropetrovsk, SU

(72) Nikitenko, Valery I.; Bashmakov, Jury V.; Burshtein, Vladislav B.; Anastasiadi, Emanuil F.; Krainik, Yaroslav I.; Demerly, Konstantin P.; Ignatchenko, Pavel V.; Kozachenko, Dmitry E.; Piptjuk, Vitaly P.; Shneerov, Yakov A.; Vikhlevschuk, Valery A.; Asnis, Arkady E.; Kondrashkin, Vitaly A.; Filonov, Oleg V.; Gurov, Vadim N.; Gutman, Liya M.; Poklady, Vadim R.; Zhilinsky, Vasily V.; Polyakov, Valery A., SU

(74) Internationales Patentbüro Berlin, Wallstraße 23/24, Berlin, 1020, DD

(54) Zusammensetzung des Schweißdrahtes

(55) Schweißdraht, Zusammensetzung, Masseanteile in %, Kohlenstoff, Mangan, Silizium, Aluminium, Chrom, Kupfer, Nickel, Kalzium, Seltenerdmetalle, Eisen

(57) Die Erfindung betrifft einen Schweißdraht, insbesondere dessen Zusammensetzung. Die erfindungsgemäße Lösung weist einen Schweißdraht folgender Zusammensetzung in Masseanteilen in % aus:

Kohlenstoff	von 0,03 bis 0,25
Mangan	von 0,8 bis 2,2
Silizium	von 0,7 bis 2,2
Aluminium	von 0,005 bis 0,2
Chrom	von 0,01 bis 0,25
Kupfer	von 0,01 bis 0,25
Nickel	von 0,01 bis 0,25
Kalzium	von 0,001 bis 0,02
Seltenerdmetalle	von 0,01 bis 0,1
Eisen	alles übrige.

Patentansprüche:

1. Schweißdraht, bestehend aus Kohlenstoff, Mangan, Silizium, Aluminium, Chrom, Kupfer, Nickel, Kalzium, Seltenerdmetalle und Eisen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Komponenten bei folgendem Verhältnis in Masseanteilen in % enthalten sind:

Kohlenstoff	von 0,03 bis 0,25
Mangan	von 0,8 bis 2,2
Silizium	von 0,7 bis 2,2
Aluminium	von 0,005 bis 0,2
Chrom	von 0,01 bis 0,25
Kupfer	von 0,01 bis 0,25
Nickel	von 0,01 bis 0,25
Kalzium	von 0,001 bis 0,02
Seltenerdmetalle	von 0,01 bis 0,1
Eisen	alles übrige.

2. Schweißdraht nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zusätzlich Titan in einer Menge von 0,002 bis 0,2 Ma.-%, bezogen auf die Gesamtmenge der Mischung, beigegeben ist.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft einen Schweißdraht, insbesondere seine Zusammensetzung.

Der Schweißdraht findet umfassend bei der Herstellung von geschweißten Metallkonstruktionen und Erzeugnissen aus Kohlenstoffstahl und niedriglegierten Stahlsorten verschiedener Zweckbestimmung Verwendung.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Wie bekannt, werden Schweißdrähte hauptsächlich in Form von aktiviertem Draht mit Vollquerschnitt beziehungsweise in Form eines Pulverdrahtes mit einem Kern aus einem Gemisch der legierenden und anderen Komponenten verwendet.

An die Schweißnähte, die mit solchen Drähten ausgeführt sind, wird eine Reihe von Anforderungen gestellt. Sie sollen eine dichte Makrostruktur aufweisen, die Risse, Poren, Unterschneidungen, Auswüchse und andere Defekte ausschließt. Es ist auch erforderlich, daß solche mechanischen Eigenschaften der jeweiligen Schweißnaht wie statische Festigkeit, Streckgrenze, Kerbschlagzähigkeit und andere Eigenschaften hinter den gleichen Kenndaten des Hauptmetalls der Schweißkonstruktion nicht zurückbleiben.

Bei der Schweißung von Metallkonstruktionen und Erzeugnissen aus Kohlenstoffstahl und aus niedriglegierten Stahlsorten unter Zuhilfenahme von Schweißdrähten ist ein erhöhtes Verspritzen des schmelzflüssigen Metalls zu verzeichnen. Der Grad des Verspritzens und die mechanischen Eigenschaften einer Schweißnaht hängen in einem bedeutenden Maße von der Zusammensetzung des Schweißdrahtes ab.

Bekannt ist eine Zusammensetzung des Schweißdrahtes mit Vollquerschnitt aus der SU, A, 664797, die folgende Komponenten in Ma.-% aufweist:

Kohlenstoff	von 0,03 bis 0,25
Mangan	von 0,8 bis 2,2
Silizium	von 0,7 bis 2,2
Chrom	von 0,03 bis 1,0
Nickel	von 0,03 bis 0,45
Zirkonium	von 0,05 bis 0,3
Kalzium	von 0,001 bis 0,02
Kupfer	von 0,05 bis 0,6
Aluminium	von 0,01 bis 0,5
Eisen	alles übrige.

Diese Zusammensetzung des Schweißdrahtes ermöglicht es, die Schweißung von Kohlenstoffstählen und niedriglegierten Stahlsorten auszuführen, und sie gewährleistet eine erhöhte Korrosions- und Kältebeständigkeit der Schweißnaht. Beim Einsatz des Drahtes kommt es zu einem erhöhten Verspritzen des schmelzflüssigen Metalls. Die Spritzer bleiben am jeweiligen Erzeugnis kleben und verstopfen die Düse des Schweißbrenners. Das führt zu einem arbeitsintensiven Arbeitsgang der Reinigung der Metallkonstruktionen von Spritzern, zur Verengung des Durchlaßquerschnittes der Gasdüse, wodurch der Schutz des Schweißbogens gestört wird.

Bekannt ist eine andere Zusammensetzung des Schweißdrahtes mit Vollquerschnitt, die sich aus folgenden Komponenten in Ma.-% zusammensetzt aus der SU, A. 863264:

Kohlenstoff	von 0,02 bis 0,12
Mangan	von 0,3 bis 1,0
Silizium	von 1,0 bis 1,5
Aluminium	von 0,01 bis 0,2
Chrom	von 10 bis 14,9
Kupfer	von 0,3 bis 1,2
Titan	von 0,01 bis 0,2
Seltenerdmetalle	von 0,01 bis 0,06
Nickel	von 4 bis 8
Kalzium	von 0,001 bis 0,05
Vanadin	von 0,05 bis 0,35
Zirkonium	von 0,01 bis 0,2
Molybdän	von 2,4 bis 3,5
Eisen	alles übrige.

Die Verwendung des Drahtes mit solcher Zusammensetzung bei der Herstellung von großräumigen Konstruktionen ist nicht rationell, weil in dem Draht eine große Menge kostspieliger und defizitärer Elemente, wie Chrom, Nickel, Kupfer, Vanadin, Zirkonium und Molybdän, enthalten sind.

Infolge der bei der Schweißung erfolgenden Kupferausscheidung in einer Menge von 0,6 Ma.-% in Form einer Epsilon-Phase verschlechtert sich außerdem die Güte der Schweißnaht, weil Risse entstehen. Der Einsatz dieses Drahtes geht auch mit großem Verlust an Metall durch Verspritzen einher. Die angeführte Zusammensetzung des Schweißdrahtes weist einen engen Anwendungsbereich auf. Sie erlaubt, Metallkonstruktionen lediglich aus nichtrostendem und legiertem Stahl zu schweißen. Die Verwendung der bekannten Zusammensetzungen des Schweißdrahtes ist mit der Notwendigkeit verbunden, Metallkonstruktionen von den angeschweißten Spritzern zu reinigen. Dabei gehen bis zu 12% des Metalls des Schweißdrahtes für Verspritzen verloren, und der Arbeitsaufwand für die Reinigung der Erzeugnisse von Spritzern beträgt von 30 bis 35% des Aufwandes, bezogen auf den Gesamtaufwand für die Schweißarbeiten.

Mechanische Eigenschaften der Schweißnähte, die unter Einsatz der Schweißdrähte mit bekannten Zusammensetzungen erzielt werden, entsprechen den an sie gestellten Anforderungen, insbesondere bezüglich der Kerbschlagzähigkeit, bei tiefen Temperaturen nicht. Die Makrostruktur der entstehenden Nähte schließt das Vorhandensein von Kristallisationsrissen und anderen Defekten nicht aus.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Schweißdraht zu entwickeln, der die Herausbildung von Schweißnähten bewirkt, die ausreichend hohe mechanische Kenndaten bei einem minimalen Verspritzen von Metall bei der Schweißung aufweisen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Schweißdraht mit dem mengenmäßigen Verhältnis der Komponenten in der Zusammensetzung des Schweißdrahtes zu schaffen, der Kohlenstoff, Mangan, Silizium, Aluminium, Chrom, Kupfer, Nickel, Kalzium, Seltenerdmetalle und Eisen vorsieht.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch einen Schweißdraht mit folgender Zusammensetzung gelöst:

Kohlenstoff	von 0,03 bis 0,25
Mangan	von 0,8 bis 2,2
Silizium	von 0,7 bis 2,2
Aluminium	von 0,005 bis 0,2
Chrom	von 0,01 bis 0,25
Kupfer	von 0,01 bis 0,25
Nickel	von 0,01 bis 0,25
Kalzium	von 0,001 bis 0,02
Seltenerdmetalle	von 0,01 bis 0,1
Eisen	alles übrige.

Der Gehalt an Kohlenstoff in der Zusammensetzung des Schweißdrahtes in einem Bereich von 0,03 bis 0,25 Ma.-% in Verbindung mit der gewählten Menge an Mangan, Silizium und Chrom gewährleistet die erforderliche Festigkeit des Schweißnahtmetalls. Die Einführung von Kohlenstoff in die Zusammensetzung des Schweißdrahtes in einer Menge unter 0,03 Ma.-% ermöglicht es nicht, eine Schweißnaht mit den erforderlichen Festigkeitseigenschaften herzustellen, weil der erforderliche Gehalt des Nahtmetalls an Kohlenstoff nicht gewährleistet wird. Der Gehalt an Kohlenstoff über 0,25 Ma.-% ist im Zusammenhang mit der Entstehung von Warmrissen in der Schweißnaht unzweckmäßig.

Das Vorliegen der gewählten Mengen von Mangan, Silizium und Chrom, und zwar von 0,8 bis 2,2; von 0,7 bis 2,2 bzw. von 0,01 bis 0,25 Ma.-% in der Zusammensetzung des Schweißdrahtes gewährleistet eine dichte Makrostruktur der Schweißnaht ohne Risse, Poren, Unterschneidungen, Auswüchse und andere Defekte. Der Gehalt an diesen Elementen in der Zusammensetzung des Schweißdrahtes in einer Menge unter der unteren Grenze gewährleistet nicht die dichte Makrostruktur der Schweißnaht. Die Vergrößerung des Gehaltes an den genannten Elementen über die obere Grenze hinaus verursacht die Versprödung des Metalls der Naht und die Entstehung seiner chemischen Inhomogenität.

Die gewählte Menge Kupfer in der Zusammensetzung des Schweißdrahtes (von 0,01 bis 0,25 Ma.-%) beeinflusst günstig die

Korrosionsbeständigkeit des Metalls der Naht. Die Vergrößerung des Gehaltes an Kupfer über die obere Grenze hinaus übt einen negativen Einfluß auf die Güte des Schweißdrahtes und der Naht aus. Der Gehalt an Kupfer unter der unteren Grenze in der Zusammensetzung des Schweißdrahtes übt keinen Einfluß auf die Korrosionsbeständigkeit der Schweißnaht aus. Der Gehalt an Aluminium in einer Menge von 0,05 bis 0,2 Ma.-% in der vorgeschlagenen Zusammensetzung gewährleistet die erforderliche Desoxydation des Nahtmetalls und die Herausbildung seiner feinkörnigen Struktur. Die Erhöhung des Gehaltes an Aluminium über 0,2 Ma.-% setzt die Plastizität des Walzdrahtes herab und übt keine weitere desoxydierende Wirkung aus. Der Gehalt an Aluminium unter der genannten unteren Grenze ist für die Desoxydation des Metalls der Schweißnaht und für die Verfeinerung seiner Struktur unzureichend.

Das Vorhandensein von Nickel in dem genannten Bereich in der Zusammensetzung des Schweißdrahtes beeinflusst günstig die Kerbschlagzähigkeit des Metalls der Schweißnaht. Bei einem Gehalt an Nickel unter 0,01 Ma.-% ist sein Einfluß auf die Kerbschlagzähigkeit nicht zu spüren. Die Einführung von Nickel in einer Menge über 0,25 Ma.-% in die Zusammensetzung des Schweißdrahtes führt zur Entstehung seiner niedrigschmelzenden Sulfide im Nahtmetall, die sich an der Nahtachse und an den Körnergrenzen anordnen. Bei der Abkühlung der Naht führen die flüssigen Zwischenschichten der eutektischen Formationen der Nickelsulfide beim Vorhandensein von Zugschweißspannungen zur Entstehung von Kristallisationsrissen.

Die Einführung von Kalzium in dem genannten Bereich in die Zusammensetzung des Schweißdrahtes, und zwar in einer Menge von 0,001 bis 0,02 Ma.-%, übt einen günstigen Einfluß auf die Veränderung der Form und auf die Natur der nichtmetallischen Einschlüsse. Das Vorhandensein eines Gehaltes an Kalzium unter 0,001 Ma.-% übt keinen Einfluß auf die Veränderung der Morphologie der nichtmetallischen Einschlüsse aus. Die Erhöhung der Kalziumkonzentration über die genannte obere Grenze hinaus ist wirtschaftlich unzweckmäßig und praktisch schwer ausführbar.

Die Einführung von Aluminium zusammen mit Kalzium in die Zusammensetzung des Schweißdrahtes ermöglicht es, eine besonders günstige Form zu erhalten. Das Vorliegen von Nickel und Kalzium in der Zusammensetzung des Schweißdrahtes trägt außerdem zur Erzielung hoher Kennziffern der Kerbschlagzähigkeit bei. Das ist auf die Verfeinerung der Mikrostruktur der Schweißnaht und auf die Formänderung der nichtmetallischen Einschlüsse zurückzuführen.

Seltenerdmetalle in einer Menge von 0,01 bis 0,1 Ma.-% verringern das Verspritzen des Metalls bei der Schweißung und erhöhen die Kerbschlagzähigkeit des Metalls der Naht bei tiefen Temperaturen. Der Gehalt an Seltenerdmetallen unter der unteren Grenze in der Zusammensetzung des Schweißdrahtes beeinflusst nicht das Verspritzen des Metalls. Die Einführung von Seltenerdmetallen über die obere Grenze hinaus in die genannte Zusammensetzung ist unzweckmäßig, weil der Grad der Verspritzung des Metalls nicht sinkt, das Äußere der Naht aber schlechter wird.

Die Einführung von Seltenerdmetallen in dem genannten Bereich in Verbindung mit den angeführten Mengen der anderen Komponenten vorgeschlagener Zusammensetzung des Schweißdrahtes führt zu einem unerwarteten Effekt, der in der Entstehung einer feintropfigen (strahlenartigen) Übertragung des Elektrodenmetalls bei der Schweißung und in der Erhöhung der Stabilität des Brennens des Schweißbogens zum Ausdruck kommt.

Es wird empfohlen, in die Zusammensetzung des Schweißdrahtes Titan in einer Menge von 0,002 bis 0,2 Ma.-%, bezogen auf die Gesamtmenge der Mischung, zusätzlich einzuführen.

Die zusätzliche Einführung von Titan in der genannten Menge in die Zusammensetzung des Schweißdrahtes bewirkt eine weitere Desoxydation des Schweißbades, die Verfeinerung der Mikrostruktur des Metalls der Naht und die Senkung des Verspritzens des Elektrodenmetalls bei der Schweißung. Der Gehalt an Titan über 0,2 Ma.-% in der Zusammensetzung des Drahtes ist infolge der Verschlechterung der Plastizität des Walzdrahtes unzweckmäßig. Bei einem Gehalt an Titan unter 0,002 Ma.-% wird die Verfeinerung der Mikrostruktur des Nahtmetalls nicht nachgewiesen.

Die Zusammenführung von Seltenerdmetallen in einer Menge von 0,01 Ma.-% und darüber, von Titan (nicht unter 0,002 Ma.-%) und Aluminium in einer Menge von 0,005 Ma.-% und darüber ermöglicht es, hohe Kennziffern der Kerbschlagzähigkeit der Schweißnaht zu erzielen.

Die erfindungsgemäßen Zusammensetzungen des Schweißdrahtes gewährleisten eine stabile Prozeßführung der Gas- und Lichtbogenschweißung mit einem minimalen Grad des Verspritzens von Elektrodenmetall.

So ist beispielsweise der Koeffizient des Verspritzens (ψ) bei der Verwendung der erfindungsgemäßen Zusammensetzungen des Schweißdrahtes auf das 4- bis 10fache niedriger als bei den bekannten Zusammensetzungen. Der Schweißprozeß wird durch die feintropfige (strahlenförmige) Übertragung des Elektrodenmetalls gekennzeichnet. Die Bogenlänge bis zum Abreißen, die die Stabilität seines Brennens bei der Schweißung bestimmt, ist auf das 1,5- bis 2fache größer als die Länge des Bogens bis zum Abreißen bei den bekannten Zusammensetzungen.

Die Schweißnähte, die unter Zuhilfenahme des Schweißdrahtes mit erfindungsgemäßen Zusammensetzungen hergestellt wurden, zeichnen sich außerdem durch ein dichte Makrostruktur aus, weisen keine Risse, Poren, Unterschneidungen, Auswüchse und anderen Defekte auf. Die Schlagarbeit (KV) des geschweißten Sharpy-Probestückes mit einer V-artigen Naht ist bei Temperaturwerten von 253 K um 10 bis 30 J höher. Die Verwendung der erfindungsgemäßen Zusammensetzungen des Schweißdrahtes erhöht auch die Kennziffern der Festigkeitseigenschaften (R_m , R_e) einer Schweißnaht.

Die erfindungsgemäßen Zusammensetzungen des Schweißdrahtes können bei der Herstellung wichtiger Metallkonstruktionen im Schiffsbau, Lokomotiv- und Waggonbau, im Kraftfahrzeugbau, Kranbau, im chemischen, landwirtschaftlichen und Erdölmaschinenbau, in der Bauindustrie sowie in anderen metallverbrauchenden Zweigen eingesetzt werden. Die Schweißdrähte mit den vorgeschlagenen Zusammensetzungen können anstelle von bekannten Normdrähten mit Vollquerschnitt für die Schweißung im Schutzgasmedium (Kohlendioxidgas, Gemisch der aktiven Gase, Gemisch auf der Grundlage von Argon) verwendet werden.

Die Schweißdrähte mit vorgeschlagenen Zusammensetzungen können auch anstelle von Pulverdraht bei der Schweißung im Kohlendioxidgas eingesetzt werden.

Die erfindungsgemäßen Zusammensetzungen des Schweißdrahtes sollen zweckmäßigerweise bei der automatischen und mechanischen Schweißung eingesetzt werden. Besonders effektiv ist ihre Verwendung bei der Schweißung unter Einsatz von Robotern.

Das Verfahren zur Herstellung der Zusammensetzung des Schweißdrahtes bedarf keiner komplizierten kostspieligen Ausrüstungen und der Verwendung defizitärer und kostspieliger Materialien.

Das Verfahren zur Herstellung der Zusammensetzungen des Schweißdrahtes ist in technologischer Ausführung einfach und wird wie folgt durchgeführt.

Die Zusammensetzungen können in Konvertern, in Elektro-Stahlöfen und in Siemens-Martin-Öfen hergestellt werden. Hierfür werden die Ausgangskomponenten in einer erforderlichen Menge in eine Stahlschmelzanlage aufgegeben, geschmolzen, die erforderliche Zeit gehalten und in die Stahlgießpfanne und die Kokille ausgelassen. Das Metall wird in Rohblöcke vergossen, die dann zu Draht gewalzt werden.

Die Herstellung von Walzdraht mit einem Durchmesser von 5,5 bis 6,5 mm aus der angefallenen Masse verursacht keine technologischen Schwierigkeiten. Die mechanischen Eigenschaften des Walzdrahtes sind folgende: Festigkeitsgrenze nicht über 740 MPa, bezogene Einengung nicht unter 48%.

Der aus dem Walzdraht hergestellte Schweißdraht kann im Kaltziehverfahren des Walzdrahtes bis auf einen Durchmesser von 0,8 mm und darüber hinaus mit anschließender Verkupferung und auch ohne diese hergestellt werden. Die Festigkeitsgrenze des hergestellten Schweißdrahtes beträgt von 830 bis 1320 MPa.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel erläutert werden.

1. Beispiel

Es wird folgende Zusammensetzung des Schweißdrahtes in Masseanteile in % geschmolzen:

Kohlenstoff	bis 0,13
Mangan	bis 2,0
Silizium	bis 1,5
Chrom	bis 0,20
Kupfer	bis 0,15
Aluminium	bis 0,12
Nickel	bis 0,20
Kalzium	bis 0,007
Seltenerdmetalle	bis 0,08
Eisen	alles übrige.

Die Herstellung der Zusammensetzung erfolgt in einer Stahlschmelzanlage. Die Ausgangskomponenten werden in der erforderlichen Menge geschmolzen, die flüssige Schmelze wird gehalten und in eine Stahlgießpfanne gelassen. Das Metall wird zu Rohblöcken gegossen, die zu Walzdraht gewalzt und weiter zum Feindraht mit einem Durchmesser von 1,6 mm gewalzt wird.

Mit dem Schweißdraht der genannten Zusammensetzungen wird die Schweißung von Probestücken aus Stahl mit einer Stärke von 20 mm, der 0,14 bis 0,21 Ma.-% Kohlenstoff enthält, im Kohlendioxidmedium durchgeführt. Die Schweißung erfolgt in der unteren Lage. Die Gleichstromstärke beträgt von 380 bis 400 A, die Spannung am Bogen beträgt von 32 bis 34 V unter Bedingungen eines Betriebes für die Herstellung schwerer Kräne.

Bei der Schweißung mit dem Draht der gewählten Zusammensetzung ist eine feintropfige (strahlenartige) Übertragung des Elektrodenmetalls zu verzeichnen. Die Bogenlänge bis zum Abreißen liegt in einem Bereich von 18 bis 20 mm. Die hergestellte Schweißnaht weist keine Poren, Risse und anderen Makrodefekte auf.

Zum Vergleich wird eine Schweißung von Probestücken ähnlicher Größe unter identischen Bedingungen mit dem Schweißdraht einer bekannten Zusammensetzung in Masseanteile in % durchgeführt:

Kohlenstoff	bis 0,12
Mangan	bis 1,0
Silizium	bis 1,0
Aluminium	bis 0,15
Chrom	bis 12,0
Kupfer	bis 0,5
Titan	bis 0,15
Seltenerdmetalle	bis 0,05
Nickel	bis 5,0
Kalzium	bis 0,007
Vanadin	bis 0,2
Zirkonium	bis 0,15
Molybdän	bis 3,1
Eisen	alles übrige.

Bei der Schweißung mit dem Draht bekannter Zusammensetzung wird eine großtropfige Übertragung des Elektrodenmetalls mit Verspritzungen beobachtet. Die Bogenlänge bis zum Abreißen beträgt von 9 bis 12 mm. Die dabei erhaltene Schweißnaht weist keine Poren auf. Im Zusammenhang mit dem Vorhandensein einer erhöhten Menge von Kupfer in der Zusammensetzung, das sich in Form von Epsilon-Phase ausscheidet, sind im Metall der Naht Kristallisationsrisse zu verzeichnen.

Die Kenndaten der Schweißführung mit dem Draht der bekannten und der erfindungsgemäßen Zusammensetzung sowie die Kennziffern der mechanischen Eigenschaften der hergestellten Schweißnähte sind in der Tabelle 1 angeführt.

Tabelle 1

Zusammensetzung des Schweißdrahtes	Koeffizient d. Verspritzens d. Metalls b. Schweißung ψ , %	Mechanische Kennziffern der Schweißnähte		
		Festigkeitsgrenze Rm, MPa	Streckgrenze Re, MPa	Schlagarbeit bei der Prüfung von Sharpy-Probestücken mit V-artiger Einkerbung bei einer Temperatur von 253 K, KV, J
Bekannte	14–15	480–520	340–360	21–30
Erfindungsgemäße	1,9–2,2	540–550	390–430	48–52

Wie aus den in der Tabelle 1 angeführten Angaben hervorgeht, setzt die Verwendung des Schweißdrahtes mit der erfindungsgemäßen Zusammensetzung das Verspritzen des Elektrodenmetalls wesentlich herab und erhöht die mechanischen Kenndaten der Schweißnaht, insbesondere deren Kerbschlagzähigkeit, bei tiefen Temperaturen.

2. Beispiel

Es wird Schweißdraht folgender Zusammensetzung in Masseanteilen in % hergestellt:

Kohlenstoff	bis 0,03
Mangan	bis 0,8
Silizium	bis 0,7
Chrom	bis 0,01
Kupfer	bis 0,01
Aluminium	bis 0,006
Nickel	bis 0,01
Kalzium	bis 0,001
Seltenerdmetalle	bis 0,01
Eisen	alles übrige.

Mit dem Schweißdraht dieser Zusammensetzung erfolgt die Schweißung von Probestücken mit einer Stärke von 20 mm aus einem Stahl, der von 0,07 bis 0,12 Ma.-% Kohlenstoff enthält, im Kohlendioxidgas-Medium. Die Schweißführung und die räumliche Lage sind ähnlich den in Beispiel 1 angeführten. Die Schweißung erfolgt unter Bedingungen des Landmaschinenbaus.

Durch Schweißung der Probestücke mit dem Draht der erfindungsgemäßen Zusammensetzung wird eine feintropfige (strahlenartige) Übertragung des Elektrodenmetalls nachgewiesen. Die Makrostruktur des Metalls der Schweißnaht weist keine Defekte auf. Die Charakteristik des Schweißprozesses und der Eigenschaften des Metalls der Naht sind in der Tabelle 2 angeführt.

Tabelle 2

Koeffizient des Verspritzens bei der Schweißung ψ , %	Mechanische Kenndaten der Schweißnaht		
	Festigkeitsgrenze, Rm, MPa	Streckgrenze, Re, MPa	Schlagarbeit bei der Prüfung von Sharpy-Probestücken mit V-artiger Einkerbung bei einer Temperatur von 253 K, KV, J
1,9–2,3	540–580	410–430	50–60

3. Beispiel

Es wird ein Schweißdraht folgender Zusammensetzung in Masseanteilen in % hergestellt:

Kohlenstoff	bis 0,25
Mangan	bis 2,18
Silizium	bis 2,19
Chrom	bis 0,25
Kupfer	bis 0,20
Aluminium	bis 0,20
Nickel	bis 0,23
Kalzium	bis 0,017
Seltenerdmetalle	bis 0,09
Eisen	alles übrige

Die Schweißung wird mit dem Schweißdraht von 1,2 mm Durchmesser in senkrechter Lage im Kohlendioxid-Medium vorgenommen. Es werden Probestücke von 20 mm Dicke aus einem Stahl geschweißt, der 0,07 bis 0,12 Masseanteile in % enthält. Der Gleichstromwert 140 bis 160 A, Bogenspannung 19 bis 21 V.

Bei der Schweißung der Probestücke mit dem Draht der erfindungsgemäßen Zusammensetzung ist eine feintropfige (strahlenartige) Übertragung des Elektrodenmetalls zu verzeichnen. Die Schweißnaht weist keine Defekte auf. Die Kenndaten der Schweißführung und der Eigenschaften des Metalls der Naht sind in der Tabelle 3 angeführt.

Tabelle 3

Koeffizient des Verspritzens des Metalls bei der Schweißung ψ , %	Mechanische Kenndaten der Schweißnaht		
	Statische Festigkeitsgrenze Rm MPa	Streckgrenze, Re, MPa	Schlagarbeit bei der Prüfung von Charpy Probestücken mit V-artiger Einkerbung bei einer Temperatur von 253 K, KV, J
2,1–2,8	580–600	420–460	47–51

4. Beispiel

Es wird Schweißdraht folgender Zusammensetzung in Masseanteilen in % hergestellt:

Kohlenstoff	bis 0,7
Mangan	bis 1,2
Silizium	bis 1,5
Chrom	bis 0,15
Kupfer	bis 0,15
Aluminium	bis 0,017
Nickel	bis 0,16
Kalzium	bis 0,009
Seltenerdmetalle	bis 0,06
Eisen	alles übrige.

Mit dem Schweißdraht der angeführten Zusammensetzung erfolgt die Schweißung von Probestücken mit einer Stärke von 20 mm aus Stahl, der von 0,08 bis 0,13 Masseanteile in % Kohlenstoff enthält, im Kohlendioxidgas-Medium. Die Bedingungen der Schweißführung und die räumliche Lage sind in den in Beispiel 1 angeführten ähnlich. Die Schweißung erfolgt unter den Bedingungen des Waggonbaus.

Im Ergebnis der Schweißung der Probestücke mit dem Draht der erfindungsgemäßen Zusammensetzung wird eine feintropfige (strahlenartige) Übertragung des Elektrodenmetalls nachgewiesen. Die Schweißnaht weist keine Defekte auf. Die Kenndaten der Schweißführung und der Eigenschaften der Schweißnaht sind in Tabelle 4 angeführt.

Tabelle 4

Koeffizient des Verspritzens des Metalls bei der Schweißung ψ , %	Mechanische Kenndaten der Schweißnaht		
	Festigkeitsgrenze, Rm, MPa	Streckgrenze, Re, MPa	Schlagarbeit bei der Prüfung von Charpy-Probestücken mit V-artiger Einkerbung bei einer Temperatur von 253 K, KV, J
2,3–2,9	570–600	400–450	52–58

5. Beispiel

Es wurde ein Schweißdraht folgender Zusammensetzung in Masseanteilen in % hergestellt:

Kohlenstoff	–0,09
Mangan	–1,0
Silizium	–2,0
Chrom	–0,11
Kupfer	–0,25
Aluminium	–0,17
Nickel	–0,10
Kalzium	–0,02
Seltenerdmetalle	–0,02
Eisen	alles übrige.

Mit dem Schweißdraht dieser Zusammensetzung erfolgt die Schweißung von Probestücken, die den im Beispiel 4 angeführten ähnlich sind. Die Bedingungen der Schweißführung und die räumlichen Lagen entsprechen den in Beispiel 1 angeführten. Die Schweißung erfolgt unter Bedingungen eines Schiffbaus.

Im Ergebnis der Schweißung der Probestücke mit dem Draht der erfindungsgemäßen Zusammensetzung wird eine feintropfige (strahlenartige) Übertragung des Elektrodenmetalls beobachtet. Die Schweißnaht weist keine Defekte auf. Die Kenndaten der Schweißführung und der Eigenschaften der Schweißnaht sind in Tabelle 5 angeführt.

Tabelle 5

Koeffizient des Verspritzens des Metalls bei der Schweißung ψ , %	Mechanische Kenndaten der Schweißnaht		
	Festigkeitsgrenze, R_m , MPa	Streckgrenze, R_e , MPa	Schlagarbeit bei der Prüfung von Charpy-Probestücken mit V-artiger Einkerbung bei einer Temperatur von 253 K, KV, J
2,4–3,0	570–590	400–440	48–53

6. Beispiel

Es wurde ein Schweißdraht folgender Zusammensetzung in Masseanteilen in % hergestellt:

Kohlenstoff	–0,05
Mangan	–0,8
Silizium	–2,0
Chrom	–0,03
Kupfer	–0,10
Aluminium	–0,10
Nickel	–0,03
Kalzium	–0,018
Seltenerdmetalle	–0,04
Eisen	alles übrige.

Mit dem Schweißdraht dieser Zusammensetzung erfolgt die Schweißung von Probestücken, die den im Beispiel 4 genannten ähnlich sind. Die Bedingungen der Schweißführung und die räumlichen Lagen sind dem Beispiel 1 ähnlich. Die Bedingungen der Schweißung sind wie in Beispiel 1.

Im Ergebnis der Schweißung der Probestücke mit dem Draht der erfindungsgemäßen Zusammensetzung wurde eine feintropfige (strahlenartige) Übertragung des Elektrodenmetalls nachgewiesen. Die Schweißnaht weist keine Defekte auf. Die Kenndaten der Schweißführung und der Eigenschaften der Schweißnaht sind in der Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6

Koeffizient des Verspritzens des Metalls bei der Schweißung ψ , %	Mechanische Kenndaten der Schweißnaht		
	Festigkeitsgrenze, R_m , MPa	Streckgrenze, R_e , MPa	Schlagarbeit bei der Prüfung von Charpy-Probestücken mit V-artiger Einkerbung bei einer Temperatur von 253 K, KV, J
1	2	4	4
1	2	3	4
2,1–2,7	520–560	390–440	49–55

7. Beispiel

Es wurde ein Schweißdraht folgender Zusammensetzung in Masseanteilen in % hergestellt:

Kohlenstoff	–0,03
Mangan	–0,87
Silizium	–0,79
Chrom	–0,01
Kupfer	–0,02
Aluminium	–0,009
Nickel	–0,02
Kalzium	–0,0017
Seltenerdmetalle	–0,01
Titan	–0,002
Eisen	alles übrige.

Mit dem Schweißdraht dieser Zusammensetzung erfolgte die Schweißung der Probestücke, die denen im Beispiel 1 ähnlich sind. Die Bedingungen der Schweißführung und die räumlichen Lagen entsprechen dem Beispiel 1. Die Schweißung erfolgt unter Bedingungen des Schiffbaus.

Im Ergebnis der Schweißung der Probestücke mit dem Draht der erfindungsgemäßen Zusammensetzung wurde eine feintropfige (strahlenartige) Übertragung des Elektrodenmetalls nachgewiesen. Die Schweißnaht weist keine Defekte auf. Die Kenndaten der Prozeßführung und der Eigenschaften der Schweißnaht sind in Tabelle 7 angeführt.

Tabelle 7

Koeffizient des Verspritzens des Metalls bei der Schweißung ψ , %	Mechanische Kenndaten der Schweißnaht		
	Festigkeitsgrenze, Rm, MPa	Streckgrenze, Re, MPa	Schlagarbeit bei der Prüfung von Sharpy-Probestücken mit V-artiger Einkerbung bei einer Temperatur von 253 K, KV, J
1,6–2,0	520–560	380–410	55–65

8. Beispiel

Es wurde ein Schweißdraht folgender Zusammensetzung mit den Masseanteilen in % hergestellt:

Kohlenstoff	–0,25
Mangan	–2,2
Silizium	–2,17
Chrom	–0,25
Kupfer	–0,25
Aluminium	–0,18
Nickel	–0,25
Kalzium	–0,02
Seltenerdmetalle	–0,10
Titan	–0,20
Eisen	alles übrige.

Mit dem Schweißdraht dieser Zusammensetzung erfolgt die Schweißung von Probestücken, die den im Beispiel 2 genannten ähnlich sind.

Die Bedingungen der Schweißung und die räumlichen Lagen sind denen im Beispiel 3 identisch. Die Bedingungen der Schweißung sind gleich denen im Beispiel 3.

Im Ergebnis der Schweißung der Probestücke mit dem Schweißdraht der erfindungsgemäßen Zusammensetzung wird eine feintropfige (strahlenartige) Übertragung des Elektrodenmetalls nachgewiesen. Die Schweißnaht weist keine Defekte auf. Die Kenndaten der Schweißführung und der Güte der Schweißnaht sind in der Tabelle 8 angeführt.

Tabelle 8

Koeffizient des Verspritzens des Metalls bei der Schweißung ψ , %	Mechanische Kenndaten der Schweißnaht		
	Festigkeitsgrenze, Rm, MPa	Streckgrenze, Re, MPa	Schlagarbeit bei der Prüfung der Sharpy-Probestücke mit V-artiger Einkerbung bei einer Temperatur von 253 K, KV, J
1,8–2,1	560–580	480–500	52–58

9. Beispiel

Es wurde ein Schweißdraht folgender Zusammensetzung in Masseanteilen in % hergestellt:

Kohlenstoff	–0,16
Mangan	–1,10
Silizium	–1,80
Chrom	–0,17
Kupfer	–0,14
Aluminium	–0,015
Nickel	–0,10
Kalzium	–0,008
Seltenerdmetalle	–0,05
Titan	–0,11
Eisen	– alles übrige

Mit dem Schweißdraht dieser Zusammensetzung erfolgte die Schweißung von Probestücken, die denen im Beispiel 2 ähnlich sind. Die Bedingungen der Schweißung und die räumlichen Lagen sind denen im Beispiel 1 identisch. Die Schweißung erfolgt entsprechend den Bedingungen des Lokomotivbaus.

Im Ergebnis der Schweißung der Probestücke mit dem Schweißdraht der erfindungsgemäßen Zusammensetzung wurde eine feintropfige (strahlenartige) Übertragung des Elektrodenmetalls nachgewiesen. Die Schweißnaht weist keine Defekte auf. Die Kenndaten der Schweißführung und der Eigenschaften der Schweißnaht sind in der Tabelle 9 angeführt.

Tabelle 9

Koeffizient des Verspritzens des Me- talls bei der Schweißung ψ , %	Mechanische Kenndaten der Schweißnaht		
	Festigkeits- grenze, Rm, MPa	Streckgrenze, Re, MPa	Schlagarbeit bei der Prüfung der Sharpy-Probestük- ke mit V-artiger Einkerbung bei einer Temperatur von 253 K, KV, J
1,5–2,0	570–590	470–510	57–61

10. Beispiel

Es ist ein Schweißdraht der Zusammensetzung in Masseanteilen in % hergestellt worden:

Kohlenstoff	–0,08
Mangan	–1,43
Silizium	–1,56
Chrom	–0,034
Kupfer	–0,06
Aluminium	–0,05
Nickel	–0,05
Kalzium	–0,01
Seltenerdmetalle	–0,02
Titan	–0,03
Eisen	alles übrige.

Mit dem Schweißdraht der genannten Zusammensetzung erfolgte die Schweißung von Probestücken, die denen im Beispiel 4 ähnlich sind.

Die Bedingungen der Schweißung und die räumlichen Lagen sind denen im Beispiel 1 identisch. Die Schweißung erfolgt unter den Bedingungen in der Bauindustrie.

Im Ergebnis der Schweißung der Probestücke mit dem Schweißdraht der erfindungsgemäßen Zusammensetzung wird eine feintropfige (strahlenartige) Übertragung des Elektrodenmetalls nachgewiesen. Die Schweißnaht weist keine Defekte auf. Die Kenndaten der Schweißführung und der Eigenschaften der Schweißnaht sind in der Tabelle 10 angeführt.

Tabelle 10

Koeffizient des Verspritzens des Me- talls bei der Schweißung ψ , %	Mechanische Kenndaten der Schweißnaht		
	Festigkeits- grenze, Rm, MPa	Streckgrenze, Re, MPa	Schlagarbeit bei der Prüfung von Sharpy-Probestük- ken mit V-artiger Einkerbung bei einer Temperatur von 253 K, KV, J
1,6–2,2	530–570	400–470	50–57

11. Beispiel

Es wurde ein Schweißdraht folgender Zusammensetzung in Masseanteilen in % hergestellt:

Kohlenstoff	–0,22
Mangan	–1,70
Silizium	–0,71
Chrom	–0,06
Kupfer	–0,13
Aluminium	–0,12
Nickel	–0,17
Kalzium	–0,005
Seltenerdmetalle	–0,015
Titan	–0,07
Eisen	alles übrige.

Mit dem Schweißdraht dieser Zusammensetzung erfolgte die Schweißung von Probestücken, die denen im Beispiel 4 ähnlich sind. Die Bedingungen der Schweißung und die räumlichen Lagen sind mit denen im Beispiel 1 identisch. Im Ergebnis der Schweißung der Probestücke mit dem Schweißdraht der erfindungsgemäßen Zusammensetzung wird eine tropfenartige (strahlenartige) Übertragung des Elektrodenmetalls nachgewiesen. Die Schweißnaht weist keine Defekte auf. Die Kenndaten der Schweißführung und der Eigenschaften der Schweißnaht sind in der Tabelle 11 angeführt.

Tabelle 11

Koeffizient des Verspritzens des Metalls bei der Schweißung ψ , %	Mechanische Kenndaten der Schweißnaht		
	Festigkeitsgrenze, R_m , MPa	Streckgrenze, R_e , MPa	Schlagarbeit bei der Prüfung von Charpy-Probestücken mit V-artiger Einkerbung bei einer Temperatur von 253 K, KV, J
1,7–2,1	520–580	390–450	52–60