



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **258 249 A1**

4(51) C 21 D 8/06

C 21 D 9/52

C 21 D 1/74

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP C 21 D / 300 520 7

(22) 06.03.87

(44) 13.07.88

(71) VEB Walzwerk Hettstedt, Am Lichtlöcherberg 40, Hettstedt, 4270, DD

(72) Menge, Rainer, Dipl.-Ing.; Föllmer, Klaus, Dr.-Ing.; Kirchberg, Klaus, Dr. rer. nat., DD

(54) Verfahren zur kontinuierlichen Wärmebehandlung von kupferummanteltem Stahldraht

(55) Verfahren, Wärmebehandlung, kontinuierlich, kupferummantelter Stahldraht, Metallurgie, Glühtemperatur, Abschrecken, Überalterung, Schutzatmosphäre

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kontinuierlichen Wärmebehandlung von kupferummanteltem Stahldraht, welches auf dem Gebiet der Metallurgie angewendet werden kann. Erfindungsgemäß wurde die Aufgabe dadurch gelöst, daß kupferummantelter Stahldraht mit einem Kohlenstoffgehalt $\leq 0,15\%$ nach einem vorgeschalteten und direkt gekoppelten Umformprozeß bei Durchlaufgeschwindigkeiten ≥ 5 m/s mit einer Aufheizgeschwindigkeit größer 1000 K/s auf eine Glühtemperatur zwischen 750°C und 900°C aufgeheizt, ohne Haltezeit über eine Strecke von ≤ 20 m mit ≤ 5 K/s abgekühlt, anschließend mit ≥ 1000 K/s auf Raumtemperatur abgeschreckt und danach mit ≥ 1000 K/s auf eine Temperatur von $\leq 500^\circ\text{C}$ aufgeheizt und über eine Strecke von ≤ 20 m mit ≤ 5 K/s abgekühlt und danach auf Raumtemperatur abgeschreckt wird, wobei sämtliche Verfahrensschritte unter Schutzatmosphäre zur Erzielung blanker Oberflächen durchgeführt werden.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur kontinuierlichen Wärmebehandlung von kupferummantelten Stahldraht, bei welchem der Verbunddraht mit Aufheizgeschwindigkeiten größer 1000 K/s auf eine Glühtemperatur zwischen 750°C und 900°C aufgeheizt und ohne Haltezeit abgekühlt wird, **gekennzeichnet dadurch**, daß nach einer an sich bekannten kontinuierlichen Schnellwärmebehandlung die Abkühlung über eine Strecke von ≤ 20 m mit ≤ 5 K/s und anschließend mit ≥ 1000 K/s auf Raumtemperatur erfolgt, danach mit einer Aufheizgeschwindigkeit ≥ 1000 K/s auf eine Temperatur $\leq 500^\circ\text{C}$ aufgeheizt, anschließend über eine Strecke von ≤ 20 m mit 5 K/s abgekühlt und abschließend auf Raumtemperatur abgeschreckt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Kernmaterial aus einem unlegierten Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt $\leq 0,15\%$ besteht.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die kontinuierliche Wärmebehandlung direkt mit dem Umformprozeß gekoppelt ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die kontinuierliche Wärmebehandlung mit einer Durchlaufgeschwindigkeit ≥ 5 m/s erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Wärmebehandlung unter Schutzatmosphäre erfolgt.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kontinuierlichen Wärmebehandlung von kupferummantelten Stahldraht, welches auf dem Gebiet der Metallurgie angewendet werden kann.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Allgemein sind für das Weichglühen unlegierter Stahlhalbzeuge mit einem Kohlenstoffgehalt $\leq 0,15\%$ mit oder ohne Kupfermantel verschiedene kontinuierliche Glühverfahren bekannt. Die auf dem Feinblechsektor eingesetzten Durchlaufanlagen arbeiten nach verschiedenen Glühzyklen.

Der erste Zyklus umfaßt das Aufheizen auf eine Glühtemperatur von 650 bis 900°C, eine Haltezeit in diesem Temperaturbereich zwischen 20 s und 5 min, die Abkühlung auf Überalterungstemperatur in zwei Phasen, wobei zunächst mit 5 bis 30 K/s und später mit 400 bis 1100 K/s abgekühlt wird, das Durchlaufen der Überalterungszone in 2 bis 3 min und die Abkühlung auf Raumtemperatur.

Der zweite Zyklus beinhaltet das Aufheizen auf eine Glühtemperatur von 650 bis 900°C, eine Haltezeit in diesem Temperaturbereich zwischen 20 s und 5 min, die Abkühlung auf Raumtemperatur in zwei Phasen, wobei zunächst mit 5 bis 30 K/s und später mit 1000 bis 2000 K/s abgekühlt wird, das anschließende Aufheizen auf Überalterungstemperatur mit einer Haltezeit von 1 min in diesem Temperaturbereich und die Abkühlung auf Raumtemperatur.

Die Durchlaufzeit beträgt bei beiden Zyklen ca. 10 min. Im Feinblech- und Bandsektor sind Anlagen mit langen Durchlaufzeiten und den damit verbundenen Aufwendungen, langen Behandlungsstrecken und erforderlichen Meß- und Regeleinrichtungen sowie die bei Betriebsstörungen anfallenden großen Abfallängen durch die im Vergleich zum Draht wesentlich größeren Bandquerschnitte vertretbar.

Auf dem Drahtsektor, speziell bei dünnen Abmessungen, erscheinen dagegen nur solche Verfahren effektiv, die sich bei entsprechend hohen Durchlaufgeschwindigkeiten mit vorgeschalteten Umformverfahren, beispielsweise Ziehen oder Walzen, verbinden lassen und in der Glüheinrichtung nur kurze Behandlungsstrecken aufweisen, wobei die erforderlichen werkstoffbedingten Verweilzeiten im Rekristallisations- und Überalterungsbereich gewährleistet sein müssen.

Dazu ist ein Verfahren zur kontinuierlichen Wärmebehandlung von Stahlhalbzeugen mit oder ohne Kupfermantel vorgeschlagen worden, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß das aus einem unlegierten Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von kleiner 0,10% bestehende und gegebenenfalls mit einem Kupfermantel versehene Halbzeug unmittelbar nach einem vorgeschalteten und direkt gekoppelten Umformprozeß bei Durchlaufgeschwindigkeiten von größer 5 m/s mit Aufheizgeschwindigkeiten von größer 1000 K/s auf die Glühtemperatur zwischen 750°C und 900°C aufgeheizt wird, ohne Zwischenzeit mit einer Abkühlgeschwindigkeit größer 300 K/s auf 300 bis 450°C abgekühlt, in diesem Temperaturbereich maximal 10 s gehalten und anschließend auf Raumtemperatur abgeschreckt wird.

Die Nachteile des vorgeschlagenen Verfahrens liegen in den relativ langen Strecken im Abkühlbereich, die jedoch trotz Vorteilen gegenüber bekannten Verfahren noch eine aufwendige Anlagenkonstruktion erfordern. Weiterhin sind zur Durchführung der Überalterung im Temperaturbereich 300 bis 450°C in der Zeitspanne von bis zu 10 s zusätzliche Regelvorrichtungen erforderlich. Die beschriebenen Wärmebehandlungsparameter liegen im Grenzbereich zur Erzielung der vorgegebenen Materialeigenschaften im weichen Zustand. Geringe Abweichungen von den vorgegebenen Werten über den Grenzbereich hinaus bedeuten Ausschuß und lassen das Verfahren unsicher erscheinen.

Weiterhin ist ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Stahlhalbzeugen mit oder ohne Kupfermantel bekannt, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß das aus einem unlegierten Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von kleiner 0,15% bestehende und gegebenenfalls mit einem Kupfermantel versehene Halbzeug unmittelbar nach einem vorgeschalteten und direkt gekoppelten Umformprozeß bei Durchlaufgeschwindigkeiten von größer 5 m/s mit Aufheizgeschwindigkeiten von größer 1000 K/s auf die Glühtemperatur zwischen 750°C und 900°C aufgeheizt wird, ohne Zwischenzeit mit größer 300 K/s auf Raumtemperatur abgekühlt und anschließend in einem Ofen bei 300 bis 450°C mit einer Haltezeit von 10 min bis 8 h ausgelagert wird.

Die Nachteile dieses Verfahrens liegen ebenfalls bei den sich im Grenzbereich befindlichen Wärmebehandlungsparametern zur Erzielung der vorgegebenen Materialeigenschaften im weichen Zustand. Weiterhin erscheint die zusätzliche Ofenauslagerung aufwendig, wobei das Verschweißen der Drahtwindungen bei diesem Glühprozeß nicht sicher vermieden wird. Bei beiden Glühverfahren erscheint durch die hohe Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Drahtdurchmesser bei Verbundmaterial die Ausbildung eines Temperaturgradienten über den Drahtquerschnitt möglich, so daß die vollständige Rekristallisation des Kernmaterials nicht sicher gewährleistet ist.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, ein Verfahren zur kontinuierlichen Wärmebehandlung von kupferummantelten Stahldraht zu entwickeln, welches mit weiteren technologischen Verfahrensschritten ökonomisch verknüpft werden kann, dessen Anwendung zur Verringerung der Herstellungskosten der Glüheinrichtung, zur Vereinfachung ihrer Funktionssicherheit und Bedienung führt, den Platzbedarf der Glüheinrichtung vermindert und das durch Verringerung der Abfallängen, durch Vermeidung von Klebeerscheinungen sowie durch eine saubere Oberfläche des Halbzeuges die Wirtschaftlichkeit wesentlich erhöht.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die erforderlichen Verfahrensschritte so zu gestalten, daß sie sich mit einem vorgeschalteten Umformprozeß verketteten lassen und neben der sicheren Erreichung der geforderten Festigkeitswerte im weichen Zustand und ihrer alterungsfreien Beibehaltung einwandfrei blanke Oberflächen ohne Klebeerscheinungen gewährleistet sind.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß kupferummantelter Stahldraht mit einem Kohlenstoffgehalt $\leq 0,15\%$ nach einem vorgeschalteten und direkt gekoppelten Umformprozeß bei Durchlaufgeschwindigkeiten $\geq 5\text{ m/s}$ mit einer Aufheizgeschwindigkeit größer 1000 K/s auf eine Glühtemperatur zwischen 750°C und 900°C aufgeheizt, ohne Haltezeit über eine Strecke von $\leq 20\text{ m}$ mit $\leq 5\text{ K/s}$ abgekühlt, anschließend mit $\geq 1000\text{ K/s}$ auf Raumtemperatur abgeschreckt und danach mit $\geq 1000\text{ K/s}$ auf eine Temperatur von $\leq 500^\circ\text{C}$ aufgeheizt und über eine Strecke von $\leq 20\text{ m}$ mit $\leq 5\text{ K/s}$ abgekühlt und danach auf Raumtemperatur abgeschreckt wird, wobei sämtliche Verfahrensschritte unter Schutzatmosphäre zur Erzielung blanker Oberflächen durchgeführt werden.

Ausführungsbeispiele

Die Erfindung soll nachstehend an zwei Beispielen näher erläutert werden. Beiden Ausführungsbeispielen ist gemeinsam, daß das zu behandelnde Halbzeug unmittelbar vor dem Wärmebehandlungsprozeß einem Umformprozeß größer 50% unterworfen wird. Der Umformprozeß und die Wärmebehandlung sind in einem kontinuierlichen Ablauf miteinander gekoppelt.

Beispiel 1

Das aus einem kupferummantelten Stahldraht mit einem Kohlenstoffgehalt von $0,04\%$ mit einem Durchmesser von $0,5\text{ mm}$ und einer Kupferauflage von $0,04\text{ mm}$ bestehende Halbzeug wird unmittelbar nach dem Einlauf in die Wärmebehandlungsstrecke bei einer Durchlaufgeschwindigkeit von 10 m/s mittels Schnellerwärmung bei einer Aufheizgeschwindigkeit von 3750 K/s auf die Glühtemperatur von 800°C aufgeheizt, in 2 s auf 790°C abgekühlt und anschließend auf Raumtemperatur abgeschreckt, danach mit 1000 K/s auf 450°C aufgeheizt, in 2 s auf 440°C abgekühlt und anschließend auf Raumtemperatur abgeschreckt. Die erreichten mechanischen Kennwerte liegen bei $R_m = 375\text{ MPa}$ und $A_{l_0=100} = 26\%$.

Beispiel 2

Das aus einem kupferummantelten Stahldraht mit einem Kohlenstoffgehalt von $0,03\%$ mit einem Durchmesser von $0,8\text{ mm}$ und einer Kupferauflage von $0,05\text{ mm}$ bestehende Halbzeug wird unmittelbar nach dem Einlauf in die Wärmebehandlungsstrecke bei einer Durchlaufgeschwindigkeit von 6 m/s mittels Schnellerwärmung auf 850°C aufgeheizt mit einer Aufheizgeschwindigkeit von 2400 K/s , in 1 s auf 845°C abgekühlt und anschließend auf Raumtemperatur abgeschreckt, danach mit 1200 K/s auf 400°C aufgeheizt, in 2 s auf 390°C abgekühlt und anschließend auf Raumtemperatur abgeschreckt. Die erzielten mechanischen Kennwerte liegen bei $R_m = 400\text{ MPa}$ und $A_{l_0=100} = 25\%$.