

Verfahren und eine Vorrichtung zum Verschweißen von
befahrbaren Komponenten eines Gleises mittels
Abbrennstumpfschweißen

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Verschweißen von befahrbaren Komponenten eines Gleises, insbesondere Schienen, mittels Abbrennstumpfschweißen.

Beim Abbrennstumpfschweißen von stumpf miteinander zu
10 verbindenden Teilen, wie z.B. Schienen, werden die Fügeteile in eine Stumpfschweißmaschine eingespannt und nach Einschalten des Stromes in Verbindung gebracht, wobei in einer ersten Phase ein Planbrennen („straight flashing“) erfolgt, das dem Einebnen von Ungleichmäßigkeiten in den
15 Stoßflächen der Verbindung dient. In einer nachfolgenden Vorwärmphase („preheating“) werden die unter Spannung stehenden Fügeteile mit einer bestimmten Kontaktkraft gegeneinander gefahren und wieder auseinander gezogen, und an den Kontaktstellen durch den elektrischen Widerstand eine
20 hohe Erwärmung auftritt. Dieser Vorgang wird mehrere Male wiederholt bis sich eine ausreichende Erwärmung über den ganzen Querschnitt gebildet hat und die Stoßflächen so warm geworden sind, dass die zugeführte Energie ausreicht, um den sich daran anschließenden Abbrennprozess einzuleiten. In der
25 Abbrennphase („flashing“) wird der Werkstoff an den Stoßflächen unter starkem Funkensprühen abgeschmolzen und möglichst gleichmäßig auf Schweißtemperatur gebracht, worauf in einem Stauchprozess („upsetting“) der eigentliche Schweißvorgang erfolgt, bei dem die auf Schweißtemperatur
30 gebrachten Stoßflächen der beiden Teile nach dem Abschalten des Stroms mit der erforderlichen Schweißkraft zusammengepresst werden. Dabei werden die schmelzflüssigen

Werkstoffbereiche aus den Kontaktflächenbereichen in einen Schweißwulst gepresst.

Nach dem Stauchen wird die Kontaktkraft zwischen den
5 Fügeteilen für einige Zeit aufrechterhalten bzw. schrittweise oder kontinuierlich verringert.

Der Schweißvorgang verursacht im Schweißstoß und in den angrenzenden Wärmeeinflusszonen Gefügeveränderungen, die sich
10 nachteilig auf die Bauteileigenschaften, insbesondere auf die Härte, auswirken. Der Schweißbereich, d.h. der Schweißstoß und die angrenzenden Wärmeeinflusszonen, wird daher in manchen Fällen einer Wärmebehandlung unterzogen. Dies umfasst in der Regel ein Normalisieren, bestehend aus einem
15 Austenitisieren und nachfolgendem beschleunigten Abkühlen an Luft, wodurch Gefügeungleichmäßigkeiten beseitigt und ein feinkörniges, gleichmäßiges Gefüge mit reproduzierbaren Festigkeits- und Verformbarkeitseigenschaften erreicht werden soll.

20 Das Normalisieren wird in einer von der Stumpfschweißmaschine gesonderten Wärmebehandlungsvorrichtung vorgenommen. Die Aufwärmung erfolgt hierbei meist mittels induktiver Heizung unter Verwendung eines an den Schienenquerschnitt angepassten
25 Induktors oder mittels einer Brennerflamme. Alternativ ist auch die Verwendung einer Widerstandsheizung vorgeschlagen worden.

Es besteht ein Bedarf einer verbesserten Wärmebehandlung,
30 welche zu einer Härtesteigerung am Schienenkopf und einem feinkörnigen perlitischen Gefüges mit einem sehr feinen Ferritnetzwerk führt.

Die vorliegende Erfindung zielt daher darauf ab, ein Abbrennstumpfschweißverfahren hinsichtlich der genannten Eigenschaften weiterzuentwickeln.

- 5 Zur Lösung dieser Aufgabe sieht die Erfindung gemäß einem ersten Aspekt ein Verfahren zum Verschweißen von befahrbaren Komponenten eines Gleises, insbesondere Schienen, mittels Abbrennstumpfschweißen in einer Schweißvorrichtung vor, umfassend die Schritte Planbrennen, Vorwärmen, Abbrennen und
- 10 Stauchen, wobei durch den Stauchprozess ein Schweißbereich erzeugt wird, worauf der Schweißbereich aus der Schweißwärme einem Abkühlschritt unterworfen wird, in dem ein Austenitgefüge des Schweißbereichs in ein Perlitgefüge umgewandelt wird, wonach der Schweißbereich einem
- 15 Nachwärmeschritt unterworfen wird, in dem der Schweißbereich über die Acl-Umwandlungstemperatur erwärmt wird, wobei die Erwärmung durch elektrische Widerstandsheizung in der Schweißvorrichtung unter Verwendung der für das Planbrennen, Vorwärmen und Abbrennen genutzten Stromquelle erfolgt, worauf
- 20 ein mit einem Rad in Kontakt kommender Bereich der Komponente, insbesondere Schienenkopf, im Schweißbereich einer Kühlung unterworfen wird.

- Die Erfindung beruht somit einerseits auf einer besonderen
- 25 Ausbildung der einzelnen Schritte einer Wärmebehandlung und andererseits auf der Idee die Wärmebehandlung im Zusammenspiel mit dem Schweißprozess in der Schweißvorrichtung selbst durchzuführen. Dadurch, dass die verschweißten Schienen bzw. Gleiskomponenten für die
- 30 Wärmebehandlung nicht aus der Schweißvorrichtung entnommen werden müssen, kann der Nachwärmeschritt unmittelbar nach dem Abkühlschritt vorgenommen werden. Es wird hierbei eine Abkühlung vorgenommen, die gerade dafür ausreicht, dass ein

- Austenitgefüge des Schweißbereichs in ein Perlitgefüge umgewandelt wird. Eine weitere Abkühlung, welche während eines für das Verlagern der Schienen in eine aus der Schweißvorrichtung entnommene Position erforderlichen
- 5 Zeitraums passieren würde, muss nicht in Kauf genommen werden. Dies erhöht die Energieeffizienz, weil die solcherart verloren gegangene Restwärme im nachfolgenden Nachwärmvorgang nicht neuerlich eingebracht werden muss.
- 10 Bevorzugt wird der an den Schweißvorgang unmittelbar anschließende Abkühlschritt an Umgebungsluft mit natürlicher Konvektion durchgeführt.
- Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird der
- 15 Abkühlschritt bis zu einer Temperatur des Schweißbereichs von unter 500°C durchgeführt. Dies stellt sicher, dass die Abkühlkurve in einem Zeit-Temperatur-Umwandlungs (ZTU)-Diagramm in oder durch den Perlitbereich führt, insbesondere in denjenigen Bereich, in dem eine vollständige Umwandlung
- 20 des Austenits in Perlit sichergestellt ist. Der Abkühlschritt wird hierbei somit erst nach der erfolgten vollständigen Umwandlung von Austenit in Perlit abgebrochen.
- Die Dauer des Abkühlschritts beträgt hierbei mit Vorteil 120-
- 25 240 Sekunden.
- Um den oben angesprochenen Energieverlust durch zu starke Abkühlung des Schweißbereichs zu minimieren, ist bevorzugt vorgesehen, dass der Nachwärmschritt unmittelbar nach
- 30 Abschluss der Abkühlschritts bei einer Temperatur des Schweißbereichs von > 400°C, insbesondere bei einer Temperatur des Schweißbereichs von zwischen 400°C und 500°C, begonnen wird.

Die Wärmezufuhr für den Nachwärmsschritt erfolgt erfindungsgemäß durch elektrische Widerstandsheizung unter Verwendung der für das Planbrennen, Vorwärmen und Abbrennen
5 genutzten Schweißstromquelle. Dabei wird vorzugsweise ein Gleichstrom durch den Schweißbereich geleitet. Es kann aber auch ein Wechselstrom angewendet werden. Die Stromzufuhr erfolgt vorzugsweise in einer Mehrzahl von aufeinanderfolgenden Stromimpulsen, zwischen denen stromlose
10 Zeiträume liegen. Durch geeignete Wahl der Impulsform und der Dauer der einzelnen Stromimpulse im Verhältnis zur Länge der stromlosen Zeiträume kann die Wärmezufuhr gesteuert werden, insbesondere hinsichtlich einer gewünschten Aufwärmcharakteristik, wie z.B. einer gewünschten
15 Temperaturkurve über die Zeit. Erfindungsgemäß wird der Nachwärmsschritt so durchgeführt, dass der Schweißbereich über die Acl-Umwandlungstemperatur erwärmt wird. Unter der Acl-Umwandlungstemperatur wird hierbei diejenige Temperatur eines Stahls verstanden, bei der die Bildung des Austenits bei
20 einem Wärmen beginnt.

Hierbei kann so vorgegangen werden, dass der Schweißbereich im Nachwärmsschritt auf eine Temperatur von $> 850^{\circ}\text{C}$,
vorzugsweise auf eine Temperatur von $900-950^{\circ}\text{C}$, erwärmt wird.
25

Vorzugsweise beträgt die Dauer des Nachwärmsschritts maximal 30 Sekunden, insbesondere 25-30 Sekunden.

Bevorzugt kann weiters vorgesehen sein, dass der
30 Nachwärmsschritt mit einer durchschnittlichen Heizrate von $13 - 20^{\circ}\text{C}/\text{Sek}$ durchgeführt wird, um die Ausbildung eines feinkörnigen Austenits zu begünstigen und den Wärmeeintrag möglichst auf den Schweißbereich zu begrenzen. Diese und

höhere Heizraten werden von der Stromquelle ohne weiteres erreicht.

Der letzte Schritt der Wärmebehandlung wird durch eine
5 Kühlung des mit einem Rad in Kontakt kommenden Bereichs der
Komponente, insbesondere Schienenkopfes, gebildet. Die
Kühlung kann hierbei entweder in der Schweißvorrichtung oder
in einer aus der Schweißvorrichtung entnommenen Position der
Gleiskomponente erfolgen. Die Kühlung kann je nach Typ des
10 Stahls beschleunigt oder nicht beschleunigt vorgenommen
werden. Durch die beschleunigte Kühlung wird eine
Härtesteigerung des Schienenkopfes und ein feinkörniges
perlitisches Gefüge mit einem sehr feinen Ferritnetzwerk
erzielt.

15 Im Falle einer beschleunigten Kühlung des mit einem Rad in
Kontakt kommenden Bereichs der Komponente, insbesondere des
Schienenkopfes, kann bevorzugt derart vorgegangen werden,
dass ein Bereich ohne Radkontakt, insbesondere ein
20 Schienenfuß, der Gleiskomponente im Schweißbereich einer
langsameren Abkühlung unterworfen wird als der mit einem Rad
in Kontakt kommende Bereich der Komponente, insbesondere
Schienenkopf. Dies bewirkt ein zäheres Gefüge am Schienenfuß.
Der Schienenfuß kann hierbei ebenfalls beschleunigt abgekühlt
25 werden, dies jedoch mit einer geringeren Kühlgeschwindigkeit
als der Schienenkopf, oder die Kühlung des Schienenfußes kann
auf natürliche Weise, d.h. an ruhender Luft ohne erzwungene
Konvektion erfolgen.

30 Bevorzugt wird die beschleunigte Kühlung so durchgeführt,
dass der Perlit-Bereich „P“ im Zeit-Temperatur-
Umwandlungsdiagramm so durchquert wird, dass zumindest 90%
feinperlitisches Gefüge vorliegt (bevorzugt nach ca. 80 sek).

Danach kann die beschleunigte Kühlung bis zur Erreichung einer Temperatur von unter 500°C, vorzugsweise unter 400°C, besonders bevorzugt unter 350°C fortgesetzt werden. Bevorzugt beträgt die Dauer des beschleunigten Abkühlens 80-150
5 Sekunden.

Das beschleunigte Abkühlen des mit einem Rad in Kontakt kommenden Bereichs der Komponente, insbesondere Schienenkopfes, erfolgt vorzugsweise durch erzwungene
10 Konvektion eines Kühlgases, bevorzugt Luft.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich besonders für das Abbrennstumpfverschweißen von Eisenbahnschienen untereinander und für das Abbrennstumpfverschweißen von Eisenbahnschienen
15 mit anderen Teiles des Gleises, wie z.B. Kreuzungsstücken und dergleichen, sowie zu deren Herstellung, da besonders eingeschränkt zugängliche Schweißbereiche von Kreuzungsstücken durch Induktoren oder Gasbrenner nur schwer
gleichmäßig erwärmbar sind.

20

Das erfindungsgemäße Verfahren ohne beschleunigter Kühlung eignet sich besonders für das Abbrennstumpfverschweißen von Gleiskomponenten bestehend aus Stahl des Typs R260 oder ähnliche naturharte Schienenstähle mit einem C-Gehalt von <
25 0,75%.

Das erfindungsgemäße Verfahren mit beschleunigter Kühlung eignet sich besonders für das Abbrennstumpfverschweißen von Gleiskomponenten bestehend aus Stahl des Typs R350HT oder
30 ähnliche kopfgehärtete Schienenstähle mit einem C-Gehalt von > 0,75%.

Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird eine Schweißvorrichtung zum Verschweißen von befahrbaren Komponenten eines Gleises mittels Abbrennstumpfschweißen bereitgestellt, umfassend eine Schweißstromquelle, eine

5 Vorschubeinrichtung zum Aneinanderdrücken der Gleiskomponenten und eine speicherprogrammierbare Steuereinheit zur Steuerung einer zeitlichen Abfolge von Stromimpulsen der Schweißstromquelle und einer Vorschubbewegung der Vorschubeinrichtung, dadurch

10 gekennzeichnet, dass die Steuereinheit eingerichtet ist, um in einer Schweißphase die Vorschubeinrichtung und die Schweißstromquelle zur Durchführung der Schritte Planbrennen, Vorwärmen, Abbrennen und Stauchen anzusteuern, wobei durch den Stauchprozess ein Schweißbereich erzeugt wird, um in

15 einer nachfolgenden Nachwärmphase die Schweißstromquelle zur Durchführung eines Nachwärmsteps anzusteuern, und um den Nachwärmstep nach einem Abkühlstep zu beginnen, in dem der Schweißbereich aus der Schweißwärme abgekühlt wird. Die erfindungsgemäße Schweißvorrichtung eignet sich insbesondere

20 zur Durchführung eines Verfahrens gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung.

Bevorzugte Weiterbildungen der Schweißvorrichtung sind nachfolgend angegeben und entsprechen im Wesentlichen

25 Merkmale zur Durchführung von bevorzugten Ausbildungen des oben beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens.

Vorzugsweise hat die Steuereinheit eine metallurgische Spezifikation der zu verschweißenden Gleiskomponenten

30 gespeichert und ist dazu eingerichtet, den Schweißbereich im Nachwärmstep über die Acl-Umwandlungstemperatur zu erwärmen.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Steuereinheit eingerichtet ist, den Nachwärmeschritt zu beginnen, nachdem im Abkühlschritt ein Austenitgefüge des Schweißbereichs in ein Perlitgefüge umgewandelt wurde, wobei vorzugsweise eine aus
5 der Schweißphase im Schweißbereich vorhandene Restwärme nutzbar ist.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Steuereinheit eingerichtet ist, um den Abkühlschritt bis zu einer Temperatur des
10 Schweißbereichs von unter 500°C durchzuführen.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Steuereinheit eingerichtet ist, um den Nachwärmeschritt während einer Dauer von 120-240 Sekunden durchzuführen.

15 Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Steuereinheit eingerichtet ist, um den Nachwärmeschritt unmittelbar nach Abschluss des Abkühlschritts und vorzugsweise zeitlich fest von der Schweißung beabstandet bei einer Temperatur des
20 Schweißbereichs von zwischen 400°C und 500°C zu beginnen.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Steuereinheit eingerichtet ist, um den Nachwärmeschritt während einer Dauer von maximal 30 Sekunden durchzuführen.

25 Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Steuereinheit eingerichtet ist, um den Nachwärmeschritt mit einer durchschnittlichen Heizrate von 13-20°C/Sek durchzuführen.

30 Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Steuereinheit eingerichtet ist, um den Schweißbereich im Nachwärmeschritt auf eine Temperatur von > 850°C, vorzugsweise auf eine Temperatur von 900-950°C, zu erwärmen.

- Bevorzugt umfasst die Schweißvorrichtung weiters eine Kühlvorrichtung zur beschleunigten Abkühlung des Schweißbereichs, wobei die Steuereinheit mit der
- 5 Kühlvorrichtung derart zusammenwirkt, dass ein mit einem Rad in Kontakt kommender Bereich der Komponente, insbesondere Schienenkopf, im Schweißbereich nach dem Nachwärmeschritt einer beschleunigten Kühlung unterworfen wird.
- 10 Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Kühlvorrichtung zum Aufblasen eines Gases oder Gasgemisches auf zumindest einen Abschnitt des Schweißbereiches zu dessen beschleunigter Kühlung ausgebildet ist.
- 15 Bevorzugt ist vorgesehen, dass zumindest ein Durchflussstrom des Gases oder Gasgemisches durch die Kühlvorrichtung oder deren Druck steuerbar ist.
- Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Steuereinheit eingerichtet
- 20 ist, um die beschleunigte Kühlung bis zu einer Temperatur von unter 500°C, vorzugsweise unter 400°C, besonders bevorzugt unter 350°C durchzuführen, wobei die Dauer des beschleunigten Abkühlens vorzugsweise 80-150 Sekunden beträgt.
- 25 Die Durchführung einer Schweißung mit folgender Wärmebehandlung des Schweißbereichs in derselben Schweißmaschine erlaubt der Steuerung der Schweißmaschine die Einhaltung einer bestimmten zeitlichen Abfolge aus Schweißung und Wärmebehandlung. So können Stromimpulse der Stromquelle
- 30 für eine bekannte Kombination von Komponenten nach einem dafür zeitlich fest vorgegebenen Ablauf sowohl die gewünschte Verschweißung als auch die erforderliche Temperaturführung für die Wärmebehandlung des Schweißbereichs bewirken. Im

Rahmen der Erstellung eines Programmes für die Steuerung der Schweißmaschine wird der gewünschte zeitliche Temperaturverlauf des Schweißbereichs durch eine zeitliche Abfolge von Stromimpulsen und deren Impulsformen einmalig für
5 eine bestimmte Kombination von zwei Komponenten festgelegt. Dabei ist durch die zeitlich fest von der Schweißung beabstandete Wärmebehandlung eine konstante Anfangsbedingung für die Wärmebehandlung im Sinne einer vorhandenen Schweißwärme bzw. Temperaturverteilung im Schweißbereich
10 sichergestellt. Durch die von der Steuerung der Schweißmaschine gewährleistete Einhaltung einer programmierten zeitlichen Abfolge aus Schweißung und Wärmebehandlung und der für die Wärmebehandlung zeitlich festgelegten Abfolge von Stromimpulsen entfällt eine Messung
15 oder Regelung einer Temperatur des Schweißbereichs.

Optional ist in einer weiteren Ausführungsform der Schweißmaschine zumindest eine steuerbare Kühlvorrichtung zur Beschleunigung einer Abkühlung des Schweißbereichs
20 vorgesehen, wobei diese von der Steuerung der Schweißmaschine gesteuert werden kann. Bei der Erstellung eines Programmes für die Steuerung der Schweißmaschine wird der gewünschte zeitliche Temperaturverlauf des Schweißbereichs neben einer zeitliche Abfolge von Stromimpulsen und deren Impulsformen
25 durch die zeitliche Abfolge von Betriebszuständen der Kühlvorrichtung einmalig für eine bestimmte Kombination von zwei Komponenten festgelegt.

Im Ergebnis wird mit einer erfindungsgemäßen Schweißmaschine
30 eine Schweißung mit Wärmebehandlung mit hoher Robustheit und Wiederholgenauigkeit ermöglicht, wobei speziell für die Wärmebehandlung eine Messung oder Regelung einer Temperatur des Schweißbereichs nicht weiter erforderlich ist.

Es wird zudem eine Schweißmaschine mit den folgenden Merkmalen offenbart:

- 5 Schweißmaschine zum Verschweißen von zwei Komponenten eines Gleises für Schienenfahrzeuge mittels Abbrennstumpfschweißen, aufweisend eine Schweißstromquelle und eine speicherprogrammierbare Steuerung mit jeweils einem Programm für ein Verschweißen einer bestimmten Kombination von zwei
- 10 Komponenten eines Gleises, wobei das Programm für ein Verschweißen eine zeitliche Abfolge von Stromimpulsen der Schweißstromquelle vorgibt, wobei ein Programm für eine Wärmebehandlung des Schweißbereichs der zwei Komponenten, bevorzugt zur Ausführung auf der speicherprogrammierbaren
- 15 Steuerung der Schweißmaschine, zur Steuerung der Schweißstromquelle in zeitlichem Zusammenhang zu einem Programm für ein Verschweißen vorgesehen ist oder von einem Programm für ein Verschweißen umfasst ist.
- 20 Die Schweißmaschine ist bevorzugt derart weitergebildet, dass in einem Programm für eine Wärmebehandlung Abfolgen von Stromimpulsen der Schweißstromquelle derart programmierbar sind, dass für einen Schweißbereich eine unbeeinflusste Abkühlung, eine verzögerte Abkühlung, ein Halten einer
- 25 Temperatur als auch eine Erwärmung erzielbar sind, wobei für eine Erwärmung des Schweißbereichs, für eine vorzugsweise zumindest teilweise Austenitisierung des Gefüges des Schweißbereichs, aus einer vorangegangenen Abbrennstumpfschweißung im Schweißbereich vorhandene
- 30 Restwärme nutzbar ist.

Die Schweißmaschine ist bevorzugt derart weitergebildet, dass zumindest eine, vorzugsweise durch deren

speicherprogrammierbare Steuerung, steuerbare Vorrichtung zur beschleunigten Kühlung des Schweißbereiches vorgesehen ist.

Die Schweißmaschine ist bevorzugt derart weitergebildet, dass
5 das Programm für eine Wärmebehandlung weiters die Steuerung der Vorrichtung zur beschleunigten Kühlung umfasst.

Die Schweißmaschine ist bevorzugt derart weitergebildet, dass eine steuerbare Vorrichtung zur Kühlung zum Aufblasen eines
10 Gases oder Gasgemisches auf zumindest einen Abschnitt des Schweißbereiches zu dessen beschleunigter Kühlung ausgebildet ist.

Die Schweißmaschine ist bevorzugt derart weitergebildet, dass
15 zumindest ein Durchflussstrom eines Gases oder Gasgemisches durch die Vorrichtung zur beschleunigten Kühlung oder deren Druck steuerbar ist.

Die Schweißmaschine ist bevorzugt derart weitergebildet,
20 gekennzeichnet, dass im Anschluss an eine Abbrennstupfschweißung die Mikrostruktur des Schweißbereichs, vorzugsweise die Feinheit eines perlitischen Gefüges, über ein angegliedertes oder integriertes Programm für eine Wärmebehandlung beeinflussbar ist.

25 Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In dieser zeigen Fig. 1 den Verlauf der Kraft, des Stroms, des Wegs und der Temperatur der zueinanderbewegten
30 Fügepartner während eines erfindungsgemäßen Abbrennstupfschweißverfahrens, Fig. 2 ein Temperatur-Zeit-Umwandlungs-Diagramm, in dem die Abkühlkurve während des Abkühlschritts dargestellt ist, Fig. 3 ein Temperatur-Zeit-

Autstentitisierungs-Diagramm, in das die Aufwärmkurve während des Nachwärmstschritts eingezeichnet ist, und Fig. 4 ein Temperatur-Zeit-Umwandlungs-Diagramm, in dem Abkühlkurven während einer abschließenden beschleunigten Kühlung
5 dargestellt sind.

Fig. 1 zeigt die verschiedenen Phasen eines Abbrennstumpfschweißverfahrens, umfassend das Planbrennen 1, Vorwärmen 2, Abbrennen 3 und Stauchen 4. Nach dem Stauchen
10 folgt unter Aufrechterhaltung der Kraft, mit welcher die beiden Schienen gegeneinandergedrückt werden, ein Abkühlschritt 5, der im vorliegenden Beispiel ca. 180 Sekunden dauert. Nach dem Abkühlschritt 5 wird ein Nachwärmstschritt 6 über die „A_{c1}“ - Umwandlungstemperaturlinie
15 vorgenommen, in dem der Schweißbereich durch hindurchleiten mehrerer aufeinanderfolgender Stromimpulse resistiv erwärmt wird, wobei die Stromstärke abfallend gewählt ist und eine stauchende Kraft auf den Schweißbereich einwirkt.

20 Unter dem Schweißbereich wird hierbei derjenige Längsabschnitt miteinander verschweißter Komponenten eines Gleises, bspw. Schienen, verstanden, der den Schweißstoß und die zu beiden Seiten des Schweißstoßes angeordneten Wärmeeinflusszonen aufweist oder aus diesen besteht.

25 Am Ende der Wärmebehandlung wird beispielsweise der Schweißbereich an einem Schienenkopf einer beschleunigten Kühlung 7 unterworfen.

30 In Fig. 2 ist die Temperaturkurve für den Abkühlschritt 5 dargestellt, wobei mit der bei etwa 910°C ausgehenden Linie eine mögliche Abkühlkurve 8 eingezeichnet ist. Die Abkühlkurve 8 stellt eine Abkühlung über eine Dauer von etwa

2-3 Minuten dar. Jedenfalls erreicht die Abkühlkurve den mit „P“ bezeichneten Perlitbereich bzw. durchquert diesen, sodass eine Umwandlung des Austenits in Perlit erfolgt. Der Abkühlschritt wird im vorliegenden Beispiel bei einer
5 Temperatur von unterhalb von 500°C abgebrochen.

Fig. 3 zeigt die von 600°C kommende Temperaturkurve 9 während des Nachwärmeschriffs 6 und es ist ersichtlich, dass die Aufwärmung innerhalb eines Zeitraums von ca. 30 Sekunden bis
10 über die Acl-Umwandlungstemperatur 10 erfolgt, wobei in diesem Beispiel eine etwa 90 prozentige Austenitisierung erreicht wird.

In Fig. 4 sind verschiedene Abkühlkurven des auf das
15 Nachwärmen 6 folgenden beschleunigten Abkühlens 7 dargestellt. Hierbei zeigt die Kurve 11 einen Verlauf des beschleunigten Kühlens des Schienenkopfes mit einer schnelleren Abkühlgeschwindigkeit und die Kurve 12 einen Verlauf des beschleunigten Kühlens des zugehörigen
20 Schienenfußes mit einer langsameren Abkühlgeschwindigkeit.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Verschweißen von befahrbaren Komponenten eines Gleises mittels Abbrennstumpfschweißen in einer
5 Schweißvorrichtung, umfassend die Schritte Planbrennen, Vorwärmen, Abbrennen und Stauchen, wobei durch den Stauchprozess ein Schweißbereich erzeugt wird, worauf der Schweißbereich aus der Schweißwärme einem Abkühlschritt (5) unterworfen wird, in dem ein Austenitgefüge des
10 Schweißbereichs in ein Perlitgefüge umgewandelt wird, wonach der Schweißbereich einem Nachwärmeschritt (6) unterworfen wird, in dem der Schweißbereich über die Acl-Umwandlungstemperatur erwärmt wird, wobei die Erwärmung durch elektrische Widerstandsheizung in der Schweißvorrichtung
15 unter Verwendung der für das Planbrennen, Vorwärmen und Abbrennen genutzten Schweißstromquelle erfolgt, worauf ein mit einem Rad in Kontakt kommender Bereich der Komponente, insbesondere Schienenkopf, im Schweißbereich einer Kühlung (7) unterworfen wird.
20
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der mit einem Rad in Kontakt kommende Bereich der Komponente einer beschleunigten Kühlung (7) unterworfen wird.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Abkühlschritt (5) bis zu einer Temperatur des Schweißbereichs von unter 500°C durchgeführt wird.
- 30 4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Dauer des Abkühlschritts (5) 120-240 Sekunden beträgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Nachwärmeschritt (6) unmittelbar nach Abschluss der Abkühlschritts (5) und vorzugsweise zeitlich fest von der Schweißung beabstandet bei einer Temperatur des
5 Schweißbereichs von zwischen 400°C und 500°C begonnen wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Dauer des Nachwärmeschritts (6) maximal 30 Sekunden beträgt.

10

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Nachwärmeschritt (6) mit einer durchschnittlichen Heizrate von 13-20°C/Sek durchgeführt wird.

15

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Schweißbereich im Nachwärmeschritt (6) auf eine Temperatur von > 850°C, vorzugsweise auf eine Temperatur von 900-950°C, erwärmt wird.

20

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die beschleunigte Kühlung (7) bis zu einer Temperatur von unter 500°C, vorzugsweise unter 400°C, besonders bevorzugt unter 350°C durchgeführt wird, wobei die
25 Dauer der beschleunigten Kühlung (7) vorzugsweise 80-150 Sekunden beträgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die beschleunigte Kühlung (7) durch
30 erzwungene Konvektion, insbesondere durch Aufblasen, eines Kühlgases, bevorzugt Luft, erfolgt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Schienenfuß der Gleiskomponente im Schweißbereich einer langsameren Abkühlung unterworfen wird als der mit einem Rad in Kontakt kommende Bereich der
5 Komponente, insbesondere Schienenkopf.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Schienen aus einem härtbaren Schienenstahl mit einem Kohlenstoffgehalt $> 0,75\%$ bestehen.
10

13. Schweißvorrichtung zum Verschweißen von befahrbaren Komponenten eines Gleises mittels Abbrennstumpfschweißen, umfassend eine Schweißstromquelle, eine Vorschubeinrichtung zum Aneinanderdrücken der Gleiskomponenten und eine
15 speicherprogrammierbare Steuereinheit zur Steuerung einer zeitlichen Abfolge von Stromimpulsen der Schweißstromquelle und einer Vorschubbewegung der Vorschubeinrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit eingerichtet ist, um in einer Schweißphase die Vorschubeinrichtung und die
20 Schweißstromquelle zur Durchführung der Schritte Planbrennen, Vorwärmen, Abbrennen und Stauchen anzusteuern, wobei durch den Stauchprozess ein Schweißbereich erzeugt wird, um in einer nachfolgenden Nachwärmphase die Schweißstromquelle zur Durchführung eines Nachwärmsteps (6) anzusteuern, und um
25 den Nachwärmstep (6) nach einem Abkühlstep (5) zu beginnen, in dem der Schweißbereich aus der Schweißwärme abgekühlt wird.

14. Schweißvorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit eine metallurgische Spezifikation der zu verschweißenden Gleiskomponenten gespeichert hat und eingerichtet ist, den Schweißbereich im
30

Nachwärmeschritt (6) über die Acl-Umwandlungstemperatur zu erwärmen.

15. Schweißvorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch
5 gekennzeichnet, dass die Steuereinheit eingerichtet ist, den
Nachwärmeschritt (6) zu beginnen, nachdem im Abkühlschritt (5)
ein Austenitgefüge des Schweißbereichs in ein Perlitgefüge
umgewandelt wurde, wobei vorzugsweise eine aus der
Schweißphase im Schweißbereich vorhandene Restwärme nutzbar
10 ist.

16. Schweißvorrichtung nach Anspruch 13, 14 oder 15, dadurch
gekennzeichnet, dass die Steuereinheit eingerichtet ist, um
den Abkühlschritt (5) bis zu einer Temperatur des
15 Schweißbereichs von unter 500°C durchzuführen.

17. Schweißvorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit eingerichtet
ist, um den Nachwärmeschritt (6) während einer Dauer von 120-
20 240 Sekunden durchzuführen.

18. Schweißvorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17,
dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit eingerichtet
ist, um den Nachwärmeschritt (6) unmittelbar nach Abschluss
25 des Abkühlschritts (5) bei einer Temperatur des
Schweißbereichs von zwischen 400°C und 500°C zu beginnen.

19. Schweißvorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 18,
dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit eingerichtet
30 ist, um den Nachwärmeschritt (6) während einer Dauer von
maximal 30 Sekunden durchzuführen.

20. Schweißvorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit eingerichtet ist, um den Nachwärmeschritt (6) mit einer durchschnittlichen Heizrate von 13-20°C/Sek durchzuführen.

5

21. Schweißvorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit eingerichtet ist, um den Schweißbereich im Nachwärmeschritt (6) auf eine Temperatur von > 850°C, vorzugsweise auf eine Temperatur von
10 900-950°C, zu erwärmen.

22. Schweißvorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 21, weiters umfassend eine Kühlvorrichtung zur beschleunigten Abkühlung des Schweißbereichs, wobei die Steuereinheit mit
15 der Kühlvorrichtung derart zusammenwirkt, dass ein mit einem Rad in Kontakt kommender Bereich der Komponente, insbesondere Schienenkopf, im Schweißbereich nach dem Nachwärmeschritt einer beschleunigten Kühlung (7) unterworfen wird.

20 23. Schweißvorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlvorrichtung zum Aufblasen eines Gases oder Gasgemisches auf zumindest einen Abschnitt des Schweißbereiches zu dessen beschleunigter Kühlung (7) ausgebildet ist.

25

24. Schweißvorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Durchflussstrom des Gases oder Gasgemisches durch die Kühlvorrichtung oder deren Druck steuerbar ist.

30

25. Schweißvorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit eingerichtet ist, um die beschleunigte Kühlung (7) bis zu einer Temperatur

von unter 500°C, vorzugsweise unter 400°C, besonders bevorzugt unter 350°C durchzuführen, wobei die Dauer der beschleunigten Kühlung (7) vorzugsweise 80-150 Sekunden beträgt.