

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 1843/2004 (51) Int. Cl.⁸: **B23K 20/12** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 2004-11-04
(43) Veröffentlicht am: 2007-07-15

(56) Entgegenhaltungen:
JP 5104263A JP 2002153975A
JP 6312279A
EMMERICH & WALTRAUDE
SIMONCSICS, JAPANESE - ENGLISH
CODE-DICTIONARY, ÖBV
PÄDAGOGISCHER VERLAG GMBH,
WIEN 1996, ISBN 3-215-12168-9,
SEITE 705, RECHTE SPALTE

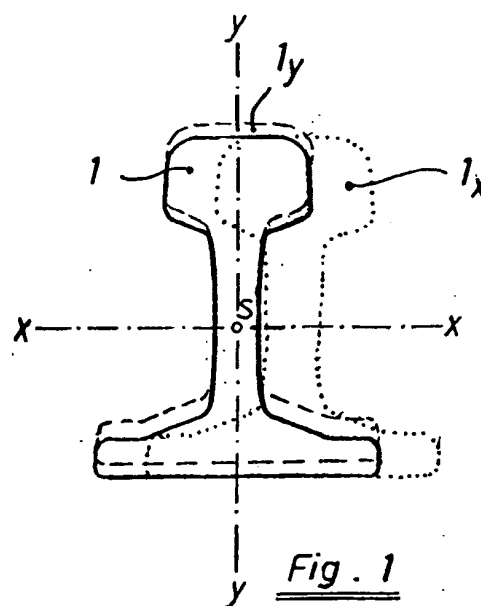
(73) Patentanmelder:
VOESTALPINE SCHIENEN GMBH
A-8700 LEOBEN (AT)

(72) Erfinder:
PFEILER JOHANN
LEOBEN (AT)

(54) **VERFAHREN ZUM VERBINDEN VON SCHIENEN DURCH REIBSCHWEISSEN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum metallischen Verbinden von profilierten Schienen (1) in Längsrichtung, beispielsweise Eisenbahnschienen, Träger oder dgl., durch Reibschweißen, wobei in einem ersten Schritt eine Erwärmung der achsnormal abgerichteten Schienenenden auf eine Verbindungstemperatur durch aneinander Andrücken bei gleichzeitigem Bewegen der Stirflächen relativ zueinander und in einem zweiten Schritt ein Verbinden der Schienen (1) nach einem Ausrichten der Konturen bzw. der Querschnitte durch ein aneinander Pressen der Stirflächen erfolgen.

Zur Verringerung der Stellkräfte für eine Biegung zur Relativbewegung der Schienenenden, zur Verbesserung der Reibart für eine Energieentwicklung an den Stirflächen und zur querschnittskonformen hochwertigen metallischen Verbindung der Schienen (1) ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass beim Erwärmungsschritt die Schienenenden schwingend mit einer größten Schwingungsweite $1x$ senkrecht zur Hauptachsrichtung (Y) mit dem maximalen Trägheitsmoment der Querschnittsfläche relativ zueinander bewegt werden.



Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum metallischen Verbinden von profilierten Schienen in Längsrichtung, beispielsweise Eisenbahnschienen, Träger oder dgl., durch Reibschweißen, wobei in einem ersten Schritt eine Erwärmung der achsnormal abgerichteten Schienenenden auf eine Verbindungstemperatur durch aneinander Andrücken bei gleichzeitigem Bewegen der Stirnflächen relativ zueinander und in einem zweiten Schritt ein Verbinden der Schienen nach einem Ausrichten der Konturen bzw. der Querschnitte durch ein aneinander Pressen der Stirnflächen erfolgen.

Ein metallisches Verbinden der Stirnflächen von Stäben kann mit Vorteil durch Reibschweißen erfolgen, wobei eine Erwärmung der aneinander angedrückten Stirnflächen bzw. ein Wärmebringen in die Stabenden durch ein relatives Bewegen derselben zueinander erreicht werden.

Die Relativbewegung kann als Drehbewegung mindestens eines Stabes mit einer vom gegenüberliegenden Stab unterschiedlichen Drehzahl und/oder Drehrichtung um die gemeinsame Achse erreicht werden, oder es werden mindestens eines der Stabenden senkrecht zur Achse im Vergleich mit dem gegenüberliegenden ungleich gerichtet hin und her und/oder kreisend bzw. orbital bewegt.

Insbesondere für lange Stäbe mit jeweils hoher Masse ist es vorteilhaft für ein Erwärmen der zu verbindenden Stabenden diese im Wesentlichen senkrecht zur Achse, also nicht rotierend, relativ zueinander zyklisch zu bewegen.

Das Dokument JP 510 4263A offenbart ein Reibschweißverfahren für Stäbe und Schienen mit profiliertem Querschnitt, bei welchem die Verbindungsflächen, die bei der Erwärmung relativ zueinander translatorisch bewegt werden, zumindest teilweise mit einem erforderlichen schiefen Winkel zur Pressrichtung ausgebildet sind, um eine hochwertige Schweißverbindung zu erreichen.

Ein Reibschweißverfahren und eine Vorrichtung zum Reibschweißen von Rohren ist aus der US 5 697 545 bekannt, wobei zwei Rohrteile stirnseitig mit einer Druckbeaufschlagung aneinander angestellt werden und eine relative Oszillationsbewegung der Stirnflächen zur Erwärmung des Verbindungsbereiches mittels magnetostruktivem Transducer erfolgt.

Ein Verfahren und ein Schwingschweißkopf zum Reibschweißfügen oder Entgraten technischer Bauteile mit beliebiger Kontur der zu verschweißenden Flächen ist aus der EP 0 707 919 A1 bekannt geworden. Der Reibschweißkopf ist vorschlagsgemäß mit einem Steuerexzenter und einer Parallelführung ausgerüstet, durch die eine eingangsseitige Rotationsenergie in eine zirkulare, parallelgeführte Bewegungsenergie umsetzbar ist. Nach dem Verfahren wird für den Erwärmungsvorgang ein Bauteil mittels eines Schwingschweißkopfes um das Zentrum des festen Bauteiles in Reibverbindung geringfügig bewegt.

In der GB 1 293 531 ist ein Reibschweißverfahren offenbart, nach welchem im Erwärmungsschritt die aneinander angestellten Stirnflächen der Stabenden relativ orbital bewegt werden. Diese relative Orbitalbewegung kann kreisend, ellipsenförmig oder andersartig in einer Form einer Lissajousfigur erfolgen.

Ein Verfahren zum Reibschweißen von Eisenbahnschienen und ähnlichen Trägerprofilen ist aus der DE 198 07 457 A1 bekannt geworden. Anmeldungsgemäß wird vorgeschlagen, ein Zwischenstück zwischen den zu verbindenden Schienenenden linear oder orbital oszillierend zu bewegen, während parallel dazu die beiden festgelegten Schienenenden in Schienenlängsrichtung zueinander an das Zwischenstück gepresst werden, um die zum Schweißen notwendige Wärme durch Reibenergie auf beide Kontaktflächen zwischen je einem Schienenende und je einer Schnittfläche des Zwischenstückes aufzubringen. Eine derartige Verbindung von Schienen weist allerdings verfahrensbedingt zwei Reibschweißverbindungsflächen auf.

5 Für Schienen mit großer Längserstreckung offenbart die AT 411 883 B ein Verfahren zum metallischen Verbinden der Stirn- bzw. Querschnittsflächen durch Reibschweißen. Nach einem achsnormalen Abrichten der Enden ist für einen Erwärmungsschritt vorgesehen, dass die abgerichteten Querschnittsflächen aneinander angestellt, druckbeaufschlagt und die beiden Schienenenden relativ zueinander entgegengerichtet oszillierend bewegt werden.

10 Für eine stirnseitige Verbindung von gegebenenfalls profilierten Stäben durch Reibschweißen ist nach dem technischen Stand für die Erwärmung der stirnseitigen Enden nicht ausschließlich eine Relativbewegung durch Rotation um die Stabachse erforderlich, es können auch Relativbewegungen der druckbeaufschlagten Querschnittsflächen, die oszillierend, gegebenenfalls orbital oszillierend, sind, verwendet werden.

15 Ein metallisches Verbinden von Schienen und Trägern durch Reibschweißen mit oszillierenden Relativbewegungen der druckbeaufschlagten Stirnflächen beim Erwärmen kann jedoch große Kräfte für eine Bewegung der Schienenenden und insbesondere einen in der Folge Versatz der Flanschenden, das ist eine örtliche Diskontinuität des Schienenquerschnittes, in Längsrichtung an der Schweißstelle bewirken.

20 Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen und setzt sich zum Ziel, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, das bei verringerten Stellkräften für eine Biegung zur Relativbewegung der Schienenenden eine verbesserte Reibart für eine Energieentwicklung an den Stirnflächen und eine querschnittskonforme hochwertige metallische Verbindung der Schienen sicherstellt.

25 Dieses Ziel wird bei einem gattungsgemäßen Verfahren dadurch erreicht dass beim Erwärmungsschritt die Schienenenden schwingend mit einer größten Schwingungsweite senkrecht zur Hauptachsrichtung mit dem maximalen Trägheitsmoment der Querschnittsfläche relativ zueinander bewegt werden.

30 Aufbauend auf die Lehren der technischen Mechanik, wonach auf Biegung beanspruchte profilierte Stäbe, wie Schienen, zB Eisenbahnschienen oder Träger, jeweils im Querschnitt gesehen, Hauptachsen aufweisen, für die das axiale Trägheitsmoment ein Maximum bzw. ein Minimum ist, wobei bestimmend für die Hauptträgheitsmomente die Querschnittsflächenbereiche und deren jeweiliger Normalabstand von den Achsen sind, erfolgten Ermittlungen von Erfordernissen und den Wirkungen von dynamischen Stellkräften beim Reiben von profilierten Flächen.

35 Zur Energieentwicklung an den Stirnflächen können die Schienenenden in jede Richtung achsnormal schwingend bewegt werden.

40 Schienen mit einem hohen Biege widerstand in der Hauptbeanspruchungsrichtung besitzen durchwegs von der Achse weitestmöglich beabstandet auskragende Bereiche, wie Schienenfuß- oder Trägerflansche um ein hohes Trägheitsmoment des Querschnittes, gegebenenfalls bei geringem Gewicht je Längseinheit zu erreichen.

45 Die Ermittlungen erbrachten, dass bei einem flächigen orbitalen, konzentrischen Reiben der Schienenquerschnittsflächen auskragende Flansche bei Beanspruchung mit einer Kraftkomponente senkrecht zur Kragrichtung einer vorwiegend elastischen, bei hohen Schwingweiten auch teilweise plastischen Verbiegung unterworfen sind. Weil nun Biegungen der Schienenenden in der Hauptachsrichtung mit dem maximalen Trägheitsmoment diese Flanschbiegungen, welche in der Folge zu einem sogenannten Flansch rattern führen können und geometrische und schweißtechnische Nachteile der metallischen Verbindung bringen, intensivieren können, ist es erfindungswesentlich, die größte Schwingungsweite im Wesentlichen senkrecht zum maximalen Trägheitsmoment der Querschnittsfläche auszurichten.

55 Es kann von Vorteil sein, wenn beim Erwärmungsschritt die Schienenenden relativ zueinander

senkrecht zur Hauptachsrichtung Y mit dem maximalen Trägheitsmoment der Querschnittsfläche im Wesentlichen schwingend bewegt werden.

5 Bei dickeren konisch zum Ende hin verlaufenden Flanschen kann es auch günstig sein, wenn beim Erwärmungsschritt die Schienenenden relativ zueinander senkrecht zur Hauptachsrichtung Y im Wesentlichen schwingend bewegt werden, welcher Bewegung eine Schwingung mit geringerer Intensität in Richtung der Hauptachse Y überlagert wird. Eine geringe Intensität der Schwingung zum Beispiel $1/4$ und weniger in Richtung der Hauptachse kann im Hinblick auf eine homogenflächige Freisetzung von Reibungswärme förderlich sein, wird jedoch durch die geometrische Form der Flansche begrenzt.

10 Nach einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens nach der vorliegenden Erfindung werden beim Erwärmungsschritt die Schienenenden relativ zueinander schwingend torsionsbewegt. Mittels dieser Bewegungsart kann bei geringen Stellkräften eine gezielt intensivierte Wärmeeinbringung in Schienenendenbereiche mit hoher Massekonzentration erreicht werden.

15 Mit Vorteil ist es auch möglich, über die gesamte Fläche des Schienenquerschnittes eine oszillierende Relativbewegung der Schienenenden zu erreichen, wenn eine Torsionsschwingung mit einem Drehpunkt außerhalb der Schienenquerschnittsflächen verwendet wird.

20 Eine hohe Flexibilität des Verfahrens im Hinblick auf unterschiedliche Schienenwerkstoffe und auf einer Optimierung der Verschweißgüte der Schienenenden kann erreicht werden, wenn beim Erwärmungsschritt die Schienenenden relativ zueinander senkrecht zur Hauptachsrichtung Y im Wesentlichen translatorisch schwingend bewegt werden, welcher Bewegung eine Torsionsschwingung überlagert wird.

25 Wird beim erfindungsgemäßen Verfahren zumindest eine der Schienen derart festgelegt, dass deren Endenteil zumindest für eine erzwungene Schwingbewegung im Wesentlichen die Resonanzbedingungen einer harmonischen Schwingung erfüllt, so kann eine wesentliche Verringerung der für die Schwingbewegung aufzuwendenden Kräfte erreicht werden. Obwohl die Reibung der Stirnflächen der Schienenenden zur Erstellung der Wärmeenergie dämpfend auf eine Resonanzschwingung wirkt, konnte überraschend sowohl bei einer translatorischen als auch bei einer Torsionsschwingung eine Verminderung der Schwingungsstellkräfte erreicht werden, wenn die Einspannung im Hinblick auf die Resonanzbedingungen erfolgt.

30 Es ist auch möglich, beim Erwärmungsschritt eine Relativbewegung der Schienenstirnflächen vorzusehen, wobei die Schwingungen Überlagerungs- bzw. Lissajous-Figuren ergeben, die im Wesentlichen flächenfüllend ausgebildet sind und senkrecht zur Hauptachsrichtung Y mit dem maximalen Trägheitsmoment der Querschnittsfläche die größte Ausdehnung aufweisen. Allerdings wird die Schweißgüte nur gefördert, wenn der Unterschied in der Schwingungsweite in den Hauptachsrichtungen größer ist als 4 zu 1, insbesondere 6 zu 1. Dieser Zusammenhang wurde auch für überlagerte Translationsschwingungen gefunden.

35 Anhand von schematischen Zeichnungen soll die Erfindung beispielhaft näher dargestellt werden.

Es zeigen:

- 50 Fig. 1 eine Eisenbahnschiene schematisch mit Endposition einer Stirnfläche
 Fig. 1a Bewegungsvektoren
 Fig. 2 eine Eisenbahnschiene schematisch mit Endposition einer Stirnfläche bei einer Torsionsschwingung
 Fig. 2a Bewegungsvektoren
 55 Fig. 3 eine Eisenbahnschiene schematisch mit Endposition einer Stirnfläche bei Torsionsschwingung um einen außerhalb der Querschnittsfläche gelegenen Drehpunkt

Fig. 3a Bewegungsvektoren.

Aus Fig. 1 ist schematisch eine Schiene 1 ersichtlich, welche eine Hauptachsrichtung Y mit dem maximalen Trägheitsmoment besitzt. Durch den Schwerpunkt S der Schienenquerschnittsfläche verläuft senkrecht zur Hauptachsrichtung Y eine Hauptachse X mit dem minimalen Trägheitsmoment.

Eine distanziert festgelegte Schiene 1 wird zur Reibungserwärmung einer Stirnfläche mit einer axial gegenüberliegenden angestellten Schiene erfindungsgemäß in Richtung der Achse X schwingend relativ bewegt, wobei eine einseitig größte Auslenkung (strichliert dargestellt) in einer Position 1x erreicht wird.

In Fig. 1a sind Bewegungsvektoren bezogen auf den Flächenschwerpunkt S gezeigt. Mit der Bezeichnung L_x ist die Schwingbewegung in Richtung der Achse X, also der Hauptachse mit dem minimalen Trägheitsmoment der Schienenquerschnittsfläche, veranschaulicht. Einer Schwingbewegung X kann eine gleichartige, jedoch wesentlich geringere, vorzugsweise höchstens $1/4$, vorzugsweise $1/8$, des Wertes betragende Schwingbewegung in Y Richtung, also in Richtung des größten Trägheitsmomentes, überlagert sein.

Fig. 2 zeigt eine Stirnfläche einer Schiene 1, wobei ein Schienenende relativ zum axial gegenüberliegenden Schienenende zur Erzeugung von Reibwärme eine schwingende Torsionsbewegung um die Schwerachse S ausführt. $1r$ (punktiert dargestellt) zeigt schematisch eine größte Torsionsauslenkung der Schwingung, die in Fig. 2a als Bewegungsvektor veranschaulicht ist.

Fig. 3 zeigt schematisch eine erzwungene Torsionsschwingung, bei welcher der Schwingungsdrehpunkt R auf einer Hauptachse X mit einem minimalen Trägheitsmoment, jedoch außerhalb der Schienenschwerachse S bzw. außerhalb der Schienenstirnfläche liegt. Bei einer höchsten Torsionsauslenkung stellt sich schematisch eine relative Stirnflächenposition $1r$ dar, wobei die Bewegungsvektoren L_y , wie in Fig. 3a veranschaulicht, ein Schwingen der Schwerachse im Querschnitt um einen Drehpunkt R, welcher einem Abstand a zu dieser aufweist, zeigen.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum metallischen Verbinden von profilierten Schienen in Längsrichtung, beispielsweise Eisenbahnschienen, Träger oder dgl., durch Reibschweißen, wobei in einem ersten Schritt eine Erwärmung der achsnormal abgerichteten Schienenenden auf eine Verbindungstemperatur durch aneinander Andrücken bei gleichzeitigem Bewegen der Stirnflächen relativ zueinander und in einem zweiten Schritt ein Verbinden der Schienen nach einem Ausrichten der Konturen bzw. der Querschnitte durch ein aneinander Pressen der Stirnflächen erfolgen, *dadurch gekennzeichnet*, dass beim Erwärmungsschritt die Schienenenden schwingend mit einer größten Schwingungsweite senkrecht zur Hauptachsrichtung Y mit dem maximalen Trägheitsmoment der Querschnittsfläche relativ zueinander bewegt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass beim Erwärmungsschritt die Schienenenden relativ zueinander senkrecht zur Hauptachsrichtung Y mit dem maximalen Trägheitsmoment der Querschnittsfläche im Wesentlichen schwingend bewegt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass beim Erwärmungsschritt die Schienenenden relativ zueinander senkrecht zur Hauptachsrichtung Y im Wesentlichen schwingend bewegt werden, welcher Bewegung eine Schwingung mit geringerer Intensität in Richtung der Hauptachse Y überlagert wird.
4. Verfahren zum metallischen Verbinden von profilierten Schienen in Längsrichtung,

beispielsweise Eisenbahnschienen, Träger oder dgl., durch Reibschweißen, wobei in einem ersten Schritt eine Erwärmung der achsnormal abgerichteten Schienenenden auf eine Verbindungstemperatur durch aneinander Andrücken bei gleichzeitigem Bewegen der Stirnflächen relativ zueinander und in einem zweiten Schritt ein Verbinden der Schienen nach einem Ausrichten der Konturen bzw. der Querschnitte durch ein aneinander Pressen der Stirnflächen erfolgen, *dadurch gekennzeichnet*, dass beim Erwärmungsschritt die Schienenenden relativ zueinander schwingend torsionsbewegt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass eine Torsionsschwingung mit einem Drehpunkt außerhalb der Schienenquerschnittsflächen verwendet wird.

6. Verfahren zum metallischen Verbinden von profilierten Schienen in Längsrichtung, beispielsweise Eisenbahnschienen, Träger oder dgl., durch Reibschweißen, wobei in einem ersten Schritt eine Erwärmung der achsnormal abgerichteten Schienenenden auf eine Verbindungstemperatur durch aneinander Andrücken bei gleichzeitigem Bewegen der Stirnflächen relativ zueinander und in einem zweiten Schritt ein Verbinden der Schienen nach einem Ausrichten der Konturen bzw. der Querschnitte durch ein aneinander Pressen der Stirnflächen erfolgen, *dadurch gekennzeichnet*, dass beim Erwärmungsschritt die Schienenenden relativ zueinander senkrecht zur Hauptachsrichtung Y im Wesentlichen translatorisch schwingend bewegt werden, welcher Bewegung eine Torsionsschwingung überlagert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, *dadurch gekennzeichnet*, dass zumindest eine der Schienen derart festgelegt wird, dass deren Endenteil zumindest für eine erzwungene Schwingbewegung im Wesentlichen die Resonanzbedingungen einer harmonischen Schwingung erfüllt.

8. Verfahren nach Anspruch 1, 3, 5 und 7, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Schwingungen Überlagerungs- bzw. Lissajous-Figuren ergeben, die im Wesentlichen flächenfüllend ausgebildet sind und senkrecht zur Hauptachsrichtung Y mit dem maximalen Trägheitsmoment der Querschnittsfläche die größte Ausdehnung aufweisen.

Hiezu 1 Blatt Zeichnungen

