

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50176/2024
(22) Anmeldetag: 29.02.2024
(45) Veröffentlicht am: 15.02.2025

(51) Int. Cl.: **C21D 1/09** (2006.01)
C21D 1/18 (2006.01)
C21D 1/26 (2006.01)
C21D 9/04 (2006.01)
B23K 26/02 (2006.01)
B23K 26/04 (2006.01)
B23K 26/352 (2014.01)
B60B 3/02 (2006.01)
B60B 3/12 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 10337962 A1
US 2004182841 A1
DD 267740 A1
EP 0116359 A2

(73) Patentinhaber:
Siemens Mobility Austria GmbH
1210 Wien (AT)

(72) Erfinder:
Krasa Johannes
8952 Irdning-Donnersbachtal (AT)
Pfennich Salvatore
8112 Gratwein (AT)
Rieger Martin
8311 Markt Hartmannsdorf (AT)
Zöschner Karl
8042 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Prehofer Boris André Dipl.-Ing.
1210 Wien (AT)

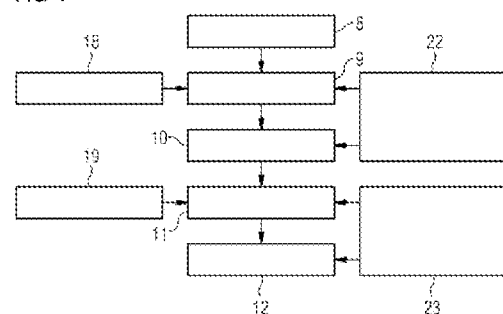
(54) Verfahren und Vorrichtung zur Bearbeitung eines Rads für ein Schienenfahrzeug

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bearbeitung eines Rads (1), wobei mittels zumindest einer Wärmequelle (2) eine Oberfläche (3) eines Radkranzes (4) bearbeitet wird, wobei das Rad (1) und die Wärmequelle (2) relativ zueinander beweglich und voneinander beabstandet sind, eine Relativbewegung zwischen dem Rad (1) und der Wärmequelle (2) eingeleitet wird und Wärmeenergie mittels zumindest eines von der Wärmequelle (2) emittierten ersten Strahls (14) in das Rad (1) eingebracht wird, wobei ein Umfang des Rads (1) zumindest einmal vollständig überstrichen wird.

Es wird vorgeschlagen, dass mittels des ersten Strahls (14) auf der Oberfläche (3) in Umfangsrichtung (17) des Rads (1) zumindest eine erste Spur (15) gebildet wird, deren Winkellage bezüglich der Umfangsrichtung (17) und einer Rotationsachse (7) des Rads (1) abschnittsweise oder/und graduell variiert wird.

Dadurch wird eine effektive und effiziente Wärmebehandlung bewirkt.

FIG 1



Verfahren und Vorrichtung zur Bearbeitung eines Rads für ein Schienenfahrzeug

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bearbeitung eines
5 Rads für ein Schienenfahrzeug, wobei mittels zumindest einer
Wärmequelle eine Oberfläche eines Radkranzes des Rads
bearbeitet wird, wobei das Rad und die zumindest eine
Wärmequelle relativ zueinander beweglich gelagert sind und
10 die zumindest eine Wärmequelle von dem Rad beabstandet
angeordnet ist, wobei eine Relativbewegung zwischen dem Rad
und der zumindest einen Wärmequelle eingeleitet wird, wobei
Wärmeenergie mittels zumindest eines von der zumindest einen
Wärmequelle emittierten ersten Strahls über die Oberfläche in
15 das Rad eingebracht wird, und wobei mittels des zumindest
ersten Strahls oder einer Mehrzahl an Strahlen ein Umfang des
Rads zumindest einmal vollständig überstrichen wird.

Auf Räder von Schienenfahrzeugen wirken häufig hohe
betriebliche Belastungen, welche zu hohen Beanspruchungen der
20 Räder in kleinen Kontaktbereichen zwischen den Rädern und
Schienen führen. Diese Beanspruchungen können zu einem Abtrag
von Radmaterial und folglich zu Fehlstellen in den
Kontaktbereichen führen.

Bei Erreichen definierter Laufleistungen der Räder und/oder
25 bei einer Überschreitung einer Räder-Verschleißgrenze werden
die Räder oft reprofiliert, wobei Laufprofile der Räder
beispielsweise durch einen definierten Materialabtrag (z.B.
mittels einer Drehbearbeitung auf einer Unterflurdrehbank)
regeneriert werden. Um derartige Reprofilierungsvorgänge an
30 den Rädern durchführen zu können, weisen die Räder häufig
Verschleißreserven zwischen Laufkreisdurchmessern der Räder
und Betriebsgrenzmaßen der Räder auf. Bei Erreichen dieser
Betriebsgrenzmaße wird üblicherweise ein Räder- oder
Radsatztausch durchgeführt.

35 Ein Materialverlust an Rädern oder eine
beanspruchungsbedingte Formänderung von Rädern reduzieren

Lebensdauern der Räder und können auch ein Fahrverhalten eines Schienenfahrzeugs verschlechtern.

Daher werden Räder von Schienenfahrzeugen häufig während ihres Herstellungsprozesses vergütet.

5

Aus dem Stand der Technik ist beispielsweise die WO 2022/083907 A1 bekannt, in welcher ein Laserhärteverfahren für ein Eisenbahnrad beschrieben ist. Hierbei wird über einen Laserstrahl ein Laserpunkt auf eine zu bearbeitende
10 Oberfläche des Eisenbahnrads projiziert, wobei das Eisenbahnrad um dessen Rotationsachse gedreht und der Laserstrahl moduliert wird. Auf der Oberfläche wird dadurch eine Laserspур gebildet, welche eine schmale Zeilenform aufweisen kann, wobei Zeilen dieser zeilenförmigen Laserspур
15 schräg zu der Rotationsachse ausgerichtet sein können.

Weiterhin zeigt die EP 0 116 359 A2 ein Rad für ein Schienenfahrzeug, bei dem eine Lauffläche des Rads zumindest teilweise und/oder ein Abschnitt eines Spurkranzes des Rads
20 lasergehärtet sind/ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit welchem hochwertige mechanische Eigenschaften eines Rads erzielt werden können und welches zugleich einfach
25 durchführbar ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst mit einem Verfahren nach Anspruch 1, bei dem mittels des zumindest ersten Strahls auf der Oberfläche in Umfangsrichtung des Rads zumindest eine
30 erste Spur gebildet wird, wobei eine Winkellage der zumindest ersten Spur bezüglich der Umfangsrichtung des Rads und einer Rotationsachse des Rads abschnittsweise oder/und graduell variiert wird.

Durch diese Maßnahme kann eine Bearbeitungsintensität
35 oder/und eine Bearbeitungsgeschwindigkeit bezüglich der Oberfläche in Umfangsrichtung des Rads gesteigert werden. Beispielsweise kann die erste Spur in Umfangsrichtung des

Rads eine Zickzackform oder eine Schlangenlinienform etc. aufweisen. Eine graduelle Variation der Winkellage kann beispielsweise mit einer bogenförmigen ersten Spur erreicht werden. Es ist aber auch möglich, eine Einbringung von
5 Wärmeenergie lokal zu verstärken, indem mittels des ersten Strahls z.B. ein ringförmiges Abtastmuster auf die Oberfläche projiziert wird. In Umfangsrichtung des Rads kann beispielsweise mittels des ersten Strahls eine Sequenz aus ringförmigen Spurelementen auf die Oberfläche projiziert
10 werden.

Es ist auch möglich, mittels des ersten Strahls Bereiche der Oberfläche in kurzen Zeitintervallen mehrfach zu überstreichen etc. Dabei ist es beispielsweise denkbar, dass die Oberfläche von dem ersten Strahl zeitweise in positiver
15 Umfangsrichtung und zeitweise in negativer Umfangsrichtung überstrichen wird etc.

Die Relativbewegung zwischen dem Rad und der Wärmequelle kann z.B. eingeleitet werden, indem das Rad um seine Rotationsachse gedreht wird und mittels des ersten Strahls
20 der Umfang des Rads während einer Rotation des Rads überstrichen wird. Das Rad kann hierzu drehbar gelagert sein. Die mittels des Verfahrens bearbeitete Oberfläche kann beispielsweise eine Lauffläche des Rads und ein Spurkranz des Rads oder ein der Lauffläche zugewandter Abschnitt des
25 Spurkranzes, ausschließlich die Lauffläche oder ausschließlich der Spurkranz etc. sein.

Als Wärmequelle kann beispielsweise eine Laserquelle fungieren, mittels welcher Laserstrahlen emittiert werden. Es ist jedoch z.B. auch möglich, dass die Wärmequelle eine
30 Elektronenstrahlschweißanlage ist, welche Elektronenstrahlen emittiert etc.

Es kann mittels der Wärmequelle der erste Strahl als einziger Strahl emittiert werden, es kann aber auch eine Mehrzahl an Strahlen emittiert werden etc. Es kann die erste Spur als
35 einzige Spur gebildet werden, es kann jedoch auch eine Mehrzahl an Spuren (beispielsweise voneinander abgesetzt) gebildet werden etc.

Es ist sowohl eine direkte oder unmittelbare Bestrahlung der Oberfläche mittels des ersten Strahls oder der Mehrzahl an Strahlen als auch eine indirekte oder mittelbare Bestrahlung der Oberfläche mittels des ersten Strahls oder der Mehrzahl an Strahlen (z.B. durch Reflexion des ersten Strahls oder der Mehrzahl an Strahlen an einem Spiegel bei Ausführung des ersten Strahls als Laserstrahl oder der Mehrzahl an Strahlen als Laserstrahlen etc.) möglich.

Es ist beispielsweise möglich, das Rad mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens zu härten. Denkbar ist es z.B. auch, dass das Rad gehärtet und danach angelassen wird, wodurch eine Vergütung des Rads erreicht werden kann etc. Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens können definierte Werkstoffeigenschaften im Bereich der Oberfläche eingestellt werden. Beispielsweise ist eine Einstellung von Gefügeeigenschaften und/oder eines Härteverlaufs etc. im Bereich der Oberfläche denkbar.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Im Hinblick auf eine Bildung bogenförmiger Spurelemente ist es beispielsweise günstig, wenn die zumindest erste Spur bezüglich der Umfangsrichtung des Rads und der Rotationsachse des Rads gekrümmt ist.

Im Zusammenhang mit einer lokal verstärkten Einbringung von Wärmeenergie kann es zudem beispielsweise empfehlenswert sein, wenn die zumindest erste Spur zumindest ein erstes Spurelement umfasst, mittels welchem ein erster Oberflächenabschnitt der Oberfläche vollständig umschlossen ist.

Hilfreich kann es auch sein, wenn ein erster Abschnitt der zumindest ersten Spur und ein zweiter Abschnitt der zumindest ersten Spur aneinander angrenzend angeordnet sind, wobei ein

Winkellagenunterschied zwischen dem ersten Abschnitt und dem zweiten Abschnitt weniger als 90° beträgt.

Durch diese Maßnahme können beispielsweise V-förmige Spurelemente gebildet werden.

5

Eine gleichmäßige Härteverteilung im Bereich der Oberfläche wird erreicht, wenn ein erster Abschnitt der zumindest ersten Spur einen Winkel-Absolutbetrag von größer als 60° bezüglich der Rotationsachse des Rads aufweist.

10 Eine derartige Winkeleinstellung der ersten Spur ermöglicht ein schwingungsarmes Abrollen des fertig bearbeiteten Rads auf einer Schiene.

Ein starker und konzentrierter Wärmeenergieeintrag in das Rad
15 wird ermöglicht, wenn die zumindest eine Wärmequelle eine Laserquelle ist, der zumindest erste Strahl ein Laserstrahl ist und die zumindest erste Spur eine Laserspurr ist.

Günstig kann es auch sein, wenn der von der zumindest einen
20 Wärmequelle emittierte, zumindest erste Strahl über einen beweglichen Scanning-Spiegel auf die Oberfläche reflektiert wird.

Durch diese Maßnahme wird eine veränderliche Ausrichtung einer Reflexion des ersten Strahls erreicht, wobei
25 beispielsweise auf eine bewegliche Lagerung der Wärmequelle und auf einen Aktuator zur Bewegung der Wärmequelle verzichtet werden kann.

Um einen großen Wärmeenergieeintrag in das Rad sowie eine
30 ausgeprägte Härte im Bereich der Oberfläche und unter der Oberfläche zu erreichen, kann es günstig sein, wenn die zumindest eine Wärmequelle mit einer Leistung von mindestens 8 kW betrieben wird.

35 Hohe Härtewerte im Bereich der Oberfläche und eine bedarfsgerechte Zähigkeit des Rads können erzielt werden, wenn die Oberfläche mittels eines Härteschritts auf eine

Härtetemperatur von größer als eine Austenitisierungstemperatur eines Werkstoffs des Rads erwärmt wird, das Rad nach dem Härteschritt mittels eines ersten Abkühlschritts abgekühlt wird, die Oberfläche nach dem ersten
5 Abkühlschritt mittels eines Anlassschritts auf eine Anlasstemperatur von mindestens 600 °C erwärmt wird und das Rad nach dem Anlassschritt mittels eines zweiten Abkühlschritts abgekühlt wird.

Mittels des Härteschritts und des ersten Abkühlschritts wird
10 eine hohe Härte des Rads im Bereich der Oberfläche eingestellt. Mittels des Anlassschritts wird die Zähigkeit des Rads erhöht. Der Härteschritt, der erste Abkühlschritt, der Anlassschritt und der zweite Abkühlschritt bewirken eine Vergütung des Rads.

15 Eine Vorzugslösung erhält man, wenn ein Leistungsverlauf der zumindest einen Wärmequelle in Abhängigkeit eines Verlaufs der zumindest ersten Spur quer zu der Umfangsrichtung des Rads eingestellt wird.

20 Durch diese Maßnahme kann eine aufgrund von variablen Materialdicken- und Konturverläufen des Rads variierende Leistungsaufnahme des Rads kompensiert werden. Beispielsweise kann eine Temperaturverteilung in dem Rad mittels einer Thermalkamera ermittelt werden. Die ermittelte
25 Temperaturverteilung kann zur Leistungsregelung der Wärmequelle eingesetzt werden etc.

Es kann aber auch hilfreich sein, wenn der Leistungsverlauf der zumindest einen Wärmequelle ausschließlich in
30 Abhängigkeit des Verlaufs der zumindest ersten Spur quer zu der Umfangsrichtung des Rads eingestellt wird. Beispielsweise kann für die Wärmequelle ein Leistungsprofil definiert werden, welches zur Bildung jedes Spurelements in Umfangsrichtung angewendet wird, etc.

35 Eine überlappende Bearbeitung des Rads wird ermöglicht, wenn mittels des zumindest ersten Strahls oder der Mehrzahl an

Strahlen der Umfang des Rads mehr als einmal vollständig überstrichen wird.

Es ist beispielsweise auch möglich, dass mittels des ersten Strahls während eines vollständigen Überstreichens des
5 Umfangs Oberflächenabschnitte mehrfach überstrichen werden etc.

Eine Oxidation der Oberfläche wird vermieden, wenn die Wärmeenergie in einem Schutzgas oder in einem Vakuum in das
10 Rad eingebracht wird.

Eine erfolgversprechende Umsetzung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann mit einer Vorrichtung mit Mitteln
eingerichtet zur Durchführung des erfindungsgemäßen
15 Verfahrens erwartet werden, wobei die Mittel zur Bearbeitung einer Oberfläche eines Radkranzes eines Rads für ein Schienenfahrzeug mittels zumindest einer Wärmequelle eingerichtet sind, wobei die Mittel die zumindest eine
20 Wärmequelle umfassen, wobei die Mittel dazu eingerichtet sind, die zumindest eine Wärmequelle und das Rad relativ zueinander beweglich und voneinander beabstandet zu lagern, wobei die Mittel eine erste Lagervorrichtung für das Rad und eine zweite Lagervorrichtung, mittels welcher die zumindest eine Wärmequelle gelagert ist, umfassen, wobei die Mittel
25 dazu eingerichtet sind, eine Relativbewegung zwischen dem Rad und der zumindest einen Wärmequelle einzuleiten, Wärmeenergie mittels zumindest eines von der zumindest einen Wärmequelle emittierten ersten Strahls über die Oberfläche in das Rad einzubringen, mittels des zumindest ersten Strahls oder einer
30 Mehrzahl an Strahlen einen Umfang des Rads zumindest einmal vollständig zu überstreichen, mittels des zumindest ersten Strahls auf der Oberfläche in Umfangsrichtung des Rads zumindest eine erste Spur zu bilden und eine Winkellage der zumindest ersten Spur bezüglich der Umfangsrichtung des Rads und einer Rotationsachse des Rads abschnittsweise oder/und
35 graduell zu variieren, wobei die zumindest eine Wärmequelle

beweglich gelagert ist oder/und der von der zumindest einen Wärmequelle emittierte, zumindest erste Strahl ablenkbar ist. Die Vorrichtung kann beispielsweise in einem Depot oder in einem Wartungs- oder Instandhaltungsbetrieb für

5 Schienenfahrzeuge angeordnet sein (z.B. in einer Wartungsgrube unterhalb eines Schienenfahrzeugs etc.). So kann das erfindungsgemäße Verfahren z.B. während Wartungs- oder Instandhaltungsmaßnahmen an einem Schienenfahrzeug auf Räder des Schienenfahrzeugs angewendet werden. Dadurch kann
10 ein Verschleißwiderstand der Räder gesteigert und eine Standzeitverlängerung der Räder erzielt werden. Mittels der ersten Lagervorrichtung kann das Rad beispielsweise um seine Rotationsachse drehbar gelagert sein. Mittels der zweiten Lagervorrichtung kann die Wärmequelle
15 beispielsweise unbeweglich oder schwenkbar etc. gelagert sein.

Die Wärmequelle kann beispielsweise eine laserstrahlemittierende Laserquelle oder eine elektronenstrahlemittierende Elektronenstrahlschweißanlage
20 etc. sein.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Vorrichtung erhält man, wenn die zumindest eine Wärmequelle als Laserquelle ausgebildet ist, der zumindest erste Strahl ein Laserstrahl
25 ist und die zumindest erste Spur eine Laserspur ist, wobei die Mittel einen der zumindest einen Wärmequelle zugeordneten, beweglichen Scanning-Spiegel zur Reflexion des zumindest ersten Strahls auf die Oberfläche umfassen. Durch diese Maßnahme wird ein starker und konzentrierter
30 Wärmeenergieeintrag in das Rad ermöglicht. Durch den Scanning-Spiegel wird eine variable Ablenkbarkeit des Strahls bewirkt. Aufgrund des Scanning-Spiegels ist beispielsweise eine bewegliche Lagerung der Wärmequelle und ein Aktuator zur Bewegung der Wärmequelle nicht zwingend erforderlich. Der
35 Scanning-Spiegel kann beispielsweise um zwei zueinander rechtwinklig ausgerichtete Achsen drehbar in einem Halter oder einem Gehäuse etc. gelagert sein.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigen beispielhaft:

5

Fig. 1: Ein Flussdiagramm zu einer beispielhaften ersten Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bearbeitung eines Rads für ein Schienenfahrzeug,

10

Fig. 2: Einen Seitenriss eines Ausschnitts eines mittels der beispielhaften ersten Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens bearbeiteten Rads für ein Schienenfahrzeug, wobei mittels der ersten Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens eine Laserspur als Sequenz aus ellipsenförmigen Laserspurelementen gebildet ist,

15

Fig. 3: Einen Seitenriss eines Ausschnitts eines mittels einer beispielhaften zweiten Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens bearbeiteten Rads für ein Schienenfahrzeug, wobei mittels der zweiten Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens gebildete Laserspuren Zickzackformen aufweisen, und

20

25

Fig. 4: Eine beispielhafte Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bearbeitung eines Rads für ein Schienenfahrzeug in schematischer Darstellung.

30

Fig. 1 zeigt ein Flussdiagramm zu einer beispielhaften ersten Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bearbeitung eines Rads 1 für ein Schienenfahrzeug. Das Rad 1 ist beispielhaft in Fig. 2 und Fig. 4 dargestellt.

5

Bei dem Verfahren wird mittels einer beispielhaft in Fig. 4 gezeigten Wärmequelle 2 eine Oberfläche 3 eines Radkranzes 4 des Rads 1 bearbeitet, wobei die zu bearbeitende Oberfläche 3 eine Lauffläche 5 des Rads 1 sowie einen der Lauffläche 5 zugeordneten Teil eines Spurkranzes 6 des Rads 1 umfasst. Das Rad 1 und die Wärmequelle 2 sind relativ zueinander beweglich und voneinander beabstandet gelagert. Das Rad 1 ist um eine Rotationsachse 7 des Rads 1 drehbar gelagert.

15

In einem ersten Verfahrensschritt 8 wird eine Relativbewegung zwischen dem Rad 1 und der Wärmequelle 2 eingeleitet, wobei das Rad 1 mittels eines beispielhaft in Fig. 4 dargestellten, drehzahlregelbaren Elektromotors 13 in Rotation versetzt wird und die Wärmequelle 2 ihre Position beibehält. Auf den ersten Verfahrensschritt 8 folgen ein zweiter Verfahrensschritt 9, ein dritter Verfahrensschritt 10, ein vierter Verfahrensschritt 11 und ein fünfter Verfahrensschritt 12.

25

In dem zweiten Verfahrensschritt 9 und in dem vierten Verfahrensschritt 11 wird Wärmeenergie mittels eines von der Wärmequelle 2 emittierten, in Fig. 4 beispielhaft gezeigten ersten Strahls 14 und eines weiteren Strahls über die Oberfläche 3 in das Rad 1 eingebracht, wobei mittels des ersten Strahls 14 ein Umfang des Rads 1 ein erstes Mal vollständig überstrichen wird und mittels des weiteren Strahls der Umfang des Rads 1 ein zweites Mal vollständig überstrichen wird. Der Umfang des Rads 1 wird also mittels des ersten Strahls 14 und des weiteren Strahls, d.h. einer Mehrzahl an Strahlen, mehr als einmal vollständig überstrichen.

35

Mittels des zweiten Verfahrensschritts 9 wird der Umfang ein erstes Mal vollständig überstrichen, wobei eine in Fig. 2 beispielhaft dargestellte erste Spur 15 gebildet wird, mittels des vierten Verfahrensschritts 11 ein zweites Mal, wobei eine weitere Spur gebildet wird. Der zweite Verfahrensschritt 9 ist ein Härteschritt, bei welchem die Oberfläche 3 mittels des ersten Strahls 14 auf eine Härtetemperatur größer als eine Austenitisierungstemperatur eines Werkstoffs des Rads 1 erwärmt wird. Nach dem zweiten Verfahrensschritt 9 wird das Rad 1 mittels des dritten Verfahrensschritts 10, welcher ein erster Abkühlschritt ist, abgekühlt. Der vierte Verfahrensschritt 11 ist ein Anlassschritt, über welchen die Oberfläche 3 nach dem dritten Verfahrensschritt 10 mittels des weiteren Strahls auf eine Anlassstemperatur von 650 °C erwärmt wird. Nach dem vierten Verfahrensschritt 11 wird das Rad 1 mittels des fünften Verfahrensschritts 12, welcher ein zweiter Abkühlschritt ist, wieder abgekühlt. Dadurch wird eine Vergütung des Rads 1 im Bereich der Oberfläche 3 erreicht. Eine erste Härte des Rads 1 beträgt dadurch an der Oberfläche 3 ca. 380 HV5, eine zweite Härte in einer Tiefe von 2 mm unter der Oberfläche 3 beträgt dadurch ca. 310 HV5.

Der vierte Verfahrensschritt 11 wird mit einer ersten Mindestleistung der Wärmequelle 2 von 8 kW durchgeführt, der zweite Verfahrensschritt 9 mit einer zweiten Mindestleistung der Wärmequelle 2 von größer als 8 kW. Eine Vorschubgeschwindigkeit des ersten Strahls 14 und des weiteren Strahls auf der Oberfläche 3 beträgt durchschnittlich 150 mm/min. Die Vorschubgeschwindigkeit kann mittels Drehzahlregelung des Elektromotors 13 variiert werden.

Eine Leistung der Wärmequelle 2 wird durch Einstellung eines Leistungsverlaufs der Wärmequelle 2 in Abhängigkeit von Verläufen der ersten Spur 15 und der weiteren Spur quer zu einer Umfangsrichtung 17 des Rads 1, wie sie beispielhaft in

Fig. 2 gezeigt ist, während des zweiten Verfahrensschritts 9 und während des vierten Verfahrensschritts 11 variiert.

Während des zweiten Verfahrensschritts 9 wird ein erster Leistungsregelungsschritt 18 vorgenommen, während des vierten
5 Verfahrensschritts 11 ein zweiter Leistungsregelungsschritt 19.

Hierbei wird mittels einer Thermalkamera 20, wie sie beispielhaft im Zusammenhang mit Fig. 4 beschrieben ist, eine Temperaturverteilung in dem Rad 1 ermittelt. Die ermittelte
10 Temperaturverteilung wird zur Leistungsregelung der Wärmequelle 2 eingesetzt. Überschreitet eine Oberflächentemperatur der Oberfläche 3 örtlich einen definierten Temperaturgrenzwert, so wird die Leistung der Wärmequelle 2 temporär reduziert. Ziel der Leistungsregelung
15 ist es, die Oberflächentemperatur bei einer gleichmäßigen Temperaturverteilung in einem definierten Temperaturbereich zu halten. Hierzu wird die Leistung der Wärmequelle 2 je nach Bedarf gesteigert oder reduziert.

20 Erfindungsgemäß ist es z.B. dann, wenn bei der Bearbeitung des Rads 1 auf den vierten Verfahrensschritt 11 und den fünften Verfahrensschritt 12 verzichtet wird, auch denkbar, dass der Leistungsverlauf der Wärmequelle 2 ausschließlich in Abhängigkeit des Verlaufs der ersten Spur 15 quer zu der
25 Umfangsrichtung 17 des Rads 1 eingestellt wird. Der Leistungsverlauf kann beispielsweise unabhängig von einem Vorschub des ersten Strahls 14 in Umfangsrichtung 17 des Rads 1 eingestellt werden.

30 Mittels des zweiten Verfahrensschritts 9 und des vierten Verfahrensschritts 11 wird die Wärmeenergie in einem Argon-Schutzgas in das Rad 1 eingebracht. Das Schutzgas wird mittels einer Schutzgasdüse 21, wie sie beispielhaft in Fig. 4 dargestellt ist, während des zweiten Verfahrensschritts 9
35 und des dritten Verfahrensschritts 10 mittels eines ersten Aufbringungsschritts 22 und während des vierten Verfahrensschritts 11 und des fünften Verfahrensschritts 12

mittels eines zweiten Aufbringungsschritts 23 auf die Oberfläche 3 aufgebracht.

Erfindungsgemäß ist es auch vorstellbar, dass die Wärmeenergie in einem Vakuum in das Rad 1 eingebracht wird.

5 Hierzu können die Wärmequelle 2 und das Rad 1 in einer evakuierbaren Kammer 24, wie sie beispielhaft in Fig. 4 gezeigt ist, angeordnet sein.

Mittels des ersten Strahls 14 wird während des zweiten
10 Verfahrensschritts 9 auf der Oberfläche 3 in Umfangsrichtung 17 des Rads 1 die erste Spur 15 gebildet, mittels des weiteren Strahls wird während des vierten Verfahrensschritts 11 auf der Oberfläche 3 in Umfangsrichtung 17 des Rads 1 die weitere Spur gebildet. Die weitere Spur setzt die erste Spur
15 15 fort.

Winkellagen der ersten Spur 15 und der weiteren Spur bezüglich der Umfangsrichtung 17 des Rads 1 und der Rotationsachse 7 des Rads 1 werden graduell variiert. Fig. 2 zeigt beispielhaft die solcherart gebildete erste Spur 15 als
20 Sequenz ellipsenförmiger Spurelemente.

Erfindungsgemäß ist es auch denkbar, dass beispielsweise eine Winkellage der ersten Spur 15 abschnittsweise variiert wird. So kann die erste Spur 15 beispielsweise eine Zickzackform, wie beispielhaft in Fig. 3 dargestellt, aufweisen.

25

Die Wärmequelle 2 ist eine Laserquelle, der erste Strahl 14 und der weitere Strahl sind Laserstrahlen und die erste Spur 15 sowie die weitere Spur sind Laserspuren. Der von der Wärmequelle 2 emittierte erste Strahl 14 und der von der
30 Wärmequelle 2 emittierte weitere Strahl werden über einen beweglichen Scanning-Spiegel 25, wie er beispielhaft in Fig. 4 gezeigt ist, auf die Oberfläche 3 reflektiert, wodurch eine Variation der Winkellagen der ersten Spur 15 und der weiteren Spur ermöglicht wird.

35 Die Wärmeenergie wird also mittels des ersten Strahls 14 und des weiteren Strahls mittelbar in das Rad 1 eingebracht, wobei mittels des ersten Strahls 14 und des weiteren Strahls

der Umfang des Rads 1 mittelbar überstrichen wird und mittels des ersten Strahls 14 und des weiteren Strahls die erste Spur 15 und die weitere Spur mittelbar gebildet werden.

Erfindungsgemäß ist es jedoch auch möglich, dass die

- 5 Wärmequelle 2 beispielsweise schwenkbar gelagert ist und der erste Strahl 14 sowie der weitere Strahl unmittelbar (z.B. ohne Reflexion über den Scanning-Spiegel 25) unmittelbar auf die Oberfläche 3 projiziert werden.

- 10 Erfindungsgemäß ist es ferner vorstellbar, dass die Wärmequelle 2 z.B. eine elektronenstrahlemittierende Elektronenstrahlschweißanlage ist etc.

- In Fig. 2 ist Seitenriss eines Ausschnitts eines mittels
15 jener in Fig. 1 beschriebenen, beispielhaften ersten Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens bearbeiteten Rads 1 für ein Schienenfahrzeug offenbart.

- In Umfangsrichtung 17 des Rads 1 ist mittels des Verfahrens
20 gemäß Fig. 1 eine erste Spur 15 als Sequenz aus ellipsenförmigen Spurelementen gebildet. Die erste Spur 15 ist bezüglich der Umfangsrichtung 17 des Rads 1 und einer Rotationsachse 7 des Rads 1 gekrümmt, weist also eine bezüglich der Umfangsrichtung 17 und der Rotationsachse 7
25 graduell variierte Winkellage auf.

- Die erste Spur 15 umfasst ein erstes Spurelement 26 sowie weitere Spurelemente, die in Fig. 2 nur teilweise dargestellt sind. Mittels des ersten Spurelements 26 ist ein erster Oberflächenabschnitt 27 einer Oberfläche 3 eines Radkranzes 4
30 des Rads 1 vollständig umschlossen, mittels der weiteren Spurelemente sind weitere Oberflächenabschnitte der Oberfläche 3 vollständig umschlossen.

- Die erste Spur 15 ist auf einer Lauffläche 5 des Radkranzes 4 sowie auf einem der Lauffläche 5 zugewandten Teil eines
35 Spurkranzes 6 des Radkranzes 4 gebildet.

Die zu bearbeitende Oberfläche 3 umfasst die Lauffläche 5 und jenen der Lauffläche 5 zugewandten Teil des Spurkranzes 6.

Erfindungsgemäß ist es denkbar, dass beispielsweise zuerst das erste Spurelement 26 gebildet wird und unmittelbar nach einem Abkühlschritt (z.B. ohne, dass zwischenzeitlich ein Vorschub des Rads 1 durchgeführt wird), ein weiteres Spurelement, welches mit dem ersten Spurelement 26 deckungsgleich ist. Dadurch kann ein effizienter Vergütungsprozess des Rads 1 im Bereich der Oberfläche 3 ermöglicht werden.

Fig. 3 zeigt einen Seitenriss eines Ausschnitts eines mittels einer beispielhaften zweiten Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens bearbeiteten Rads 1 für ein Schienenfahrzeug.

Die beispielhafte zweite Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens ähnelt jener beispielhaften ersten Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens, welche im Zusammenhang mit Fig. 1 beschrieben ist.

Mittels der beispielhaften zweiten Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens werden in Umfangsrichtung 17 des Rads 1 mittels einer Laserquelle und mittels Laserstrahlen eine erste Spur 15 und eine zweite Spur 16 auf einer Oberfläche 3 eines Radkranzes 4 des Rads 1 gebildet, welche bezüglich der Umfangsrichtung 17 des Rads 1 und einer Rotationsachse 7 des Rads 1 abschnittsweise variierte Winkellagen aufweisen.

Die Oberfläche 3 des Radkranzes 4, auf welcher die erste Spur 15 und die zweite Spur 16 gebildet sind, umfasst eine Lauffläche 5 des Radkranzes 4 sowie einen der Lauffläche 5 zugewandten Teil eines Spurkranzes 6 des Radkranzes 4.

Die erste Spur 15 und die zweite Spur 16 weisen Zickzackformen auf, wobei ein erster Abschnitt 28 der ersten Spur 15 und ein zweiter Abschnitt 29 der ersten Spur 15 sowie weitere Abschnitte der ersten Spur 15 und der zweiten Spur 16

aneinander angrenzend angeordnet sind und Winkellagenunterschiede zwischen dem ersten Abschnitt 28 und dem zweiten Abschnitt 29 sowie zwischen den weiteren Abschnitten 50 ° betragen.

- 5 Der erste Abschnitt 28, der zweite Abschnitt 29 und die weiteren Abschnitte der ersten Spur 15 und der zweiten Spur 16 weisen Winkel-Absolutbeträge von 65 ° bezüglich der Rotationsachse 7 des Rads 1 auf.
- 10 Auf der Oberfläche 3 sind in Umfangsrichtung 17 des Rads 1 in Fig. 3 nicht gezeigte, weitere Spuren gebildet, welche wie die erste Spur 15 und die zweite Spur 16 ausgeführt sind.

In Fig. 4 ist eine beispielhafte Ausführungsvariante einer
15 erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bearbeitung eines Rads 1 für ein Schienenfahrzeug in schematischer Darstellung offenbart.

Mit der Vorrichtung können jene beispielhafte erste
20 Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß Fig. 1 sowie jene im Zusammenhang mit Fig. 3 beschriebene beispielhafte zweite Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens durchgeführt werden. Es können mittels der Vorrichtung jene im Zusammenhang mit Fig. 2 und
25 Fig. 3 beschriebenen Laserspuren gebildet werden.

Die Vorrichtung weist Mittel auf, welche zur Durchführung derartiger Verfahren eingerichtet sind. Die Mittel sind zur Bearbeitung einer Oberfläche 3 eines Radkranzes 4 eines Rads
30 1 für ein Schienenfahrzeug mittels einer Wärmequelle 2 eingerichtet, wobei die Mittel die Wärmequelle 2 umfassen. Die Mittel sind ferner dazu eingerichtet, die Wärmequelle 2 und das Rad 1 relativ zueinander beweglich und voneinander beabstandet zu lagern, wobei die Mittel eine erste
35 Lagervorrichtung 30 für das Rad 1 und eine zweite Lagervorrichtung 31, mittels welcher die Wärmequelle 2 gelagert ist, umfassen.

Das Rad 1 ist über die erste Lagervorrichtung 30 um eine Rotationsachse 7 des Rads 1 drehbar gelagert. Die erste Lagervorrichtung 30 ist mit einem drehzahlregelbaren Elektromotor 13 gekoppelt, durch welchen das Rad 1 in
5 Rotation versetzt werden kann.

Über die zweite Lagervorrichtung 31 ist die Wärmequelle 2 schwenkbar gelagert.

Die Mittel sind darüber hinaus dazu eingerichtet, eine
10 Relativbewegung zwischen dem Rad 1 und der Wärmequelle 2 einzuleiten, wobei das Rad 1 mittels des Elektromotors 13 in Rotation versetzt wird.

Ferner sind die Mittel dazu konfiguriert, Wärmeenergie mittels eines von der Wärmequelle 2 emittierten ersten
15 Strahls 14 oder einer Mehrzahl an Strahlen über die Oberfläche 3 in das Rad 1 einzubringen, mittels des ersten Strahls 14 oder der Mehrzahl an Strahlen einen Umfang des Rads 1 einmal oder mehrmals vollständig zu überstreichen, mittels des ersten Strahls 14 oder der Mehrzahl an Strahlen
20 auf der Oberfläche 3 in Umfangsrichtung 17 des Rads 1 eine erste Spur 15, wie sie beispielweise in Fig. 2 gezeigt ist, oder eine Mehrzahl an Spuren, wie beispielhaft in Fig. 3 gezeigt, zu bilden und eine Winkellage der ersten Spur 15 oder Winkellagen der Mehrzahl an Spuren bezüglich der
25 Umfangsrichtung 17 des Rads 1 und der Rotationsachse 7 des Rads 1 abschnittsweise oder/und graduell zu variieren.

Die Wärmequelle 2 ist als Laserquelle ausgebildet, der erste Strahl 14 ist ein Laserstrahl und die erste Spur 15 ist eine
30 Laserspur. Die Mittel umfassen einen der Wärmequelle 2 zugeordneten, beweglichen Scanning-Spiegel 25 zur Reflexion des ersten Strahls 14 auf die Oberfläche 3. Der von der Wärmequelle 2 emittierte erste Strahl 14 ist somit ablenkbar und wird über den Scanning-Spiegel 25 mittelbar auf die
35 Oberfläche 3 projiziert.

Der Scanning-Spiegel 25 ist um zwei zueinander rechtwinklige Achsen drehbar gelagert.

Die Mittel weisen darüber hinaus eine Thermalkamera 20 auf, welche auf die zu bearbeitende Oberfläche 3 gerichtet und schwenkbar sowie verschieblich gelagert ist. Die Thermalkamera 20 ist zur Regelung der Wärmequelle 2 und des Elektromotors 13 mit der Wärmequelle 2 und mit dem Elektromotor 13 verbunden.

Mittels der Thermalkamera 20, welche als Infrarotkamera ausgebildet ist, wird eine Temperaturverteilung im Bereich der Oberfläche 3 ermittelt. Ist die Temperaturverteilung beispielsweise ungleichmäßig, so kann eine Leistungsanpassung der Wärmequelle 2 und/oder, über eine Drehzahlregelung des Elektromotors 13, eine Anpassung einer Drehzahl des Rads 1 vorgenommen werden, um eine ausgeglichene Temperaturverteilung im Bereich der Oberfläche 3 zu erreichen.

Die Mittel umfassen weiterhin eine Schutzgasdüse 21, welche schwenkbar und verschieblich gelagert ist und über welche ein Schutzgas zur Vermeidung einer Oxidation auf die Oberfläche 3 aufgebracht werden kann.

Die Mittel weisen ferner eine hermetisch dichte Kammer 24 auf, in welcher das Rad 1, der Elektromotor 13, die Wärmequelle 2, der Scanning-Spiegel 25, die Thermalkamera 20, die Schutzgasdüse 21 sowie die erste Lagervorrichtung 30 und die zweite Lagervorrichtung 31 angeordnet sind. Die Kammer 24 kann zur Bildung eines Vakuums zur Vermeidung von Oxidationseffekten auf der Oberfläche 3 evakuiert werden.

Erfindungsgemäß ist es beispielsweise auch denkbar, auf den Scanning-Spiegel 25 zu verzichten, und den ersten Strahl 14 unmittelbar auf die Oberfläche 3 zu projizieren. Erfindungsgemäß ist es ferner auch möglich, dass die Wärmequelle 2 als elektronenstrahlemittierende Elektronenstrahlschweißanlage ausgebildet ist etc.

Liste der Bezeichnungen

	1	Rad
	2	Wärmequelle
5	3	Oberfläche
	4	Radkranz
	5	Lauffläche
	6	Spurkranz
	7	Rotationsachse
10	8	Erster Verfahrensschritt
	9	Zweiter Verfahrensschritt
	10	Dritter Verfahrensschritt
	11	Vierter Verfahrensschritt
	12	Fünfter Verfahrensschritt
15	13	Elektromotor
	14	Erster Strahl
	15	Erste Spur
	16	Zweite Spur
	17	Umfangsrichtung
20	18	Erster Leistungsregelungsschritt
	19	Zweiter Leistungsregelungsschritt
	20	Thermalkamera
	21	Schutzgasdüse
	22	Erster Aufbringungsschritt
25	23	Zweiter Aufbringungsschritt
	24	Kammer
	25	Scanning-Spiegel
	26	Erstes Spurelement
	27	Erster Oberflächenabschnitt
30	28	Erster Abschnitt
	29	Zweiter Abschnitt
	30	Erste Lagervorrichtung
	31	Zweite Lagervorrichtung

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bearbeitung eines Rads (1) für ein Schienenfahrzeug, wobei mittels zumindest einer Wärmequelle (2) eine Oberfläche (3) eines Radkranzes (4) des Rads (1) bearbeitet wird, wobei das Rad (1) und die zumindest eine Wärmequelle (2) relativ zueinander beweglich gelagert sind und die zumindest eine Wärmequelle (2) von dem Rad (1) beabstandet angeordnet ist, wobei eine Relativbewegung zwischen dem Rad (1) und der zumindest einen Wärmequelle (2) eingeleitet wird, wobei Wärmeenergie mittels zumindest eines von der zumindest einen Wärmequelle (2) emittierten ersten Strahls (14) über die Oberfläche (3) in das Rad (1) eingebracht wird, und wobei mittels des zumindest ersten Strahls (14) oder einer Mehrzahl an Strahlen ein Umfang des Rads (1) zumindest einmal vollständig überstrichen wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels des zumindest ersten Strahls (14) auf der Oberfläche (3) in Umfangsrichtung (17) des Rads (1) zumindest eine erste Spur (15) gebildet wird, wobei eine Winkellage der zumindest ersten Spur (15) bezüglich der Umfangsrichtung (17) des Rads (1) und einer Rotationsachse (7) des Rads (1) abschnittsweise oder/und graduell variiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest erste Spur (15) bezüglich der Umfangsrichtung (17) des Rads (1) und der Rotationsachse (7) des Rads (1) gekrümmt ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest erste Spur (15) zumindest ein erstes Spurelement (26) umfasst, mittels welchem ein erster Oberflächenabschnitt (27) der Oberfläche (3) vollständig umschlossen ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein erster Abschnitt (28) der zumindest

ersten Spur (15) und ein zweiter Abschnitt (29) der zumindest ersten Spur (15) aneinander angrenzend angeordnet sind, wobei ein Winkellagenunterschied zwischen dem ersten Abschnitt (28) und dem zweiten Abschnitt (29) weniger als 90 ° beträgt.

5

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein erster Abschnitt (28) der zumindest ersten Spur (15) einen Winkel-Absolutbetrag von größer als 60 ° bezüglich der Rotationsachse (7) des Rads (1) aufweist.

10

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Wärmequelle (2) eine Laserquelle ist, der zumindest erste Strahl (14) ein Laserstrahl ist und die zumindest erste Spur (15) eine Laserspur ist.

15

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der von der zumindest einen Wärmequelle (2) emittierte, zumindest erste Strahl (14) über einen beweglichen Scanning-Spiegel (25) auf die Oberfläche (3) reflektiert wird.

20

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Wärmequelle (2) mit einer Leistung von mindestens 8 kW betrieben wird.

25

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Oberfläche (3) mittels eines Härteschritts auf eine Härtetemperatur von größer als eine Austenitisierungstemperatur eines Werkstoffs des Rads (1) erwärmt wird, das Rad (1) nach dem Härteschritt mittels eines ersten Abkühlschritts abgekühlt wird, die Oberfläche (3) nach dem ersten Abkühlschritt mittels eines Anlassschritts auf eine Anlassstemperatur von mindestens 600 °C erwärmt wird und das Rad (1) nach dem Anlassschritt mittels eines zweiten Abkühlschritts abgekühlt wird.

30

35

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Leistungsverlauf der zumindest einen Wärmequelle (2) in Abhängigkeit eines Verlaufs der zumindest ersten Spur (15) quer zu der Umfangsrichtung (17) des Rads (1) eingestellt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Leistungsverlauf der zumindest einen Wärmequelle (2) ausschließlich in Abhängigkeit des Verlaufs der zumindest ersten Spur (15) quer zu der Umfangsrichtung (17) des Rads (1) eingestellt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels des zumindest ersten Strahls (14) oder der Mehrzahl an Strahlen der Umfang des Rads (1) mehr als einmal vollständig überstrichen wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wärmeenergie in einem Schutzgas oder in einem Vakuum in das Rad (1) eingebracht wird.

14. Vorrichtung mit Mitteln eingerichtet zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mittel zur Bearbeitung einer Oberfläche (3) eines Radkranzes (4) eines Rads (1) für ein Schienenfahrzeug mittels zumindest einer Wärmequelle (2) eingerichtet sind, wobei die Mittel die zumindest eine Wärmequelle (2) umfassen, wobei die Mittel dazu eingerichtet sind, die zumindest eine Wärmequelle (2) und das Rad (1) relativ zueinander beweglich und voneinander beabstandet zu lagern, wobei die Mittel eine erste Lagervorrichtung (30) für das Rad (1) und eine zweite Lagervorrichtung (31), mittels welcher die zumindest eine Wärmequelle (2) gelagert ist, umfassen, wobei die Mittel dazu eingerichtet sind, eine Relativbewegung zwischen dem Rad (1) und der zumindest einen Wärmequelle (2) einzuleiten, Wärmeenergie mittels zumindest eines von der zumindest einen Wärmequelle (2) emittierten

- ersten Strahls (14) über die Oberfläche (3) in das Rad (1) einzubringen, mittels des zumindest ersten Strahls (14) oder einer Mehrzahl an Strahlen einen Umfang des Rads (1) zumindest einmal vollständig zu überstreichen, mittels des
- 5 zumindest ersten Strahls (14) auf der Oberfläche (3) in Umfangsrichtung (17) des Rads (1) zumindest eine erste Spur (15) zu bilden und eine Winkellage der zumindest ersten Spur (15) bezüglich der Umfangsrichtung (17) des Rads (1) und einer Rotationsachse (7) des Rads (1) abschnittsweise
- 10 oder/und graduell zu variieren, wobei die zumindest eine Wärmequelle (2) beweglich gelagert ist oder/und der von der zumindest einen Wärmequelle (2) emittierte, zumindest erste Strahl (14) ablenkbar ist.
- 15 15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Wärmequelle (2) als Laserquelle ausgebildet ist, der zumindest erste Strahl (14) ein Laserstrahl ist und die zumindest erste Spur (15) eine Laserspur ist, wobei die Mittel einen der zumindest einen
- 20 Wärmequelle (2) zugeordneten, beweglichen Scanning-Spiegel (25) zur Reflexion des zumindest ersten Strahls (14) auf die Oberfläche (3) umfassen.

FIG 1

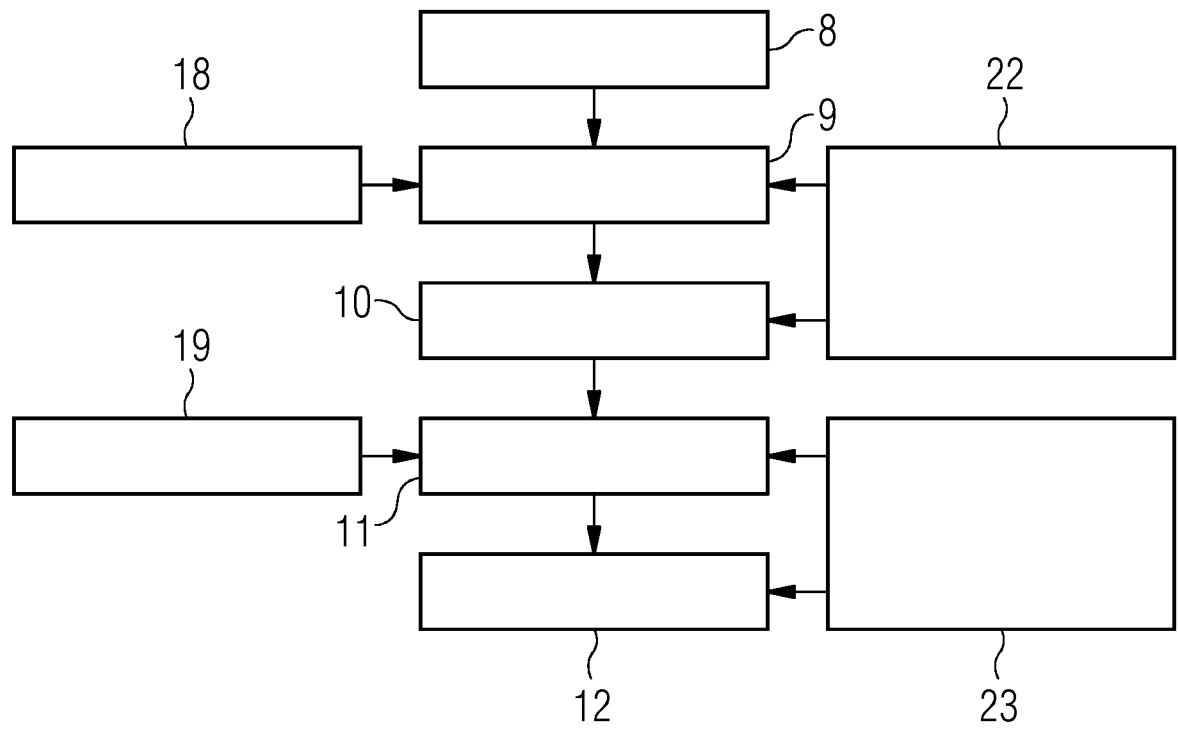


FIG 2

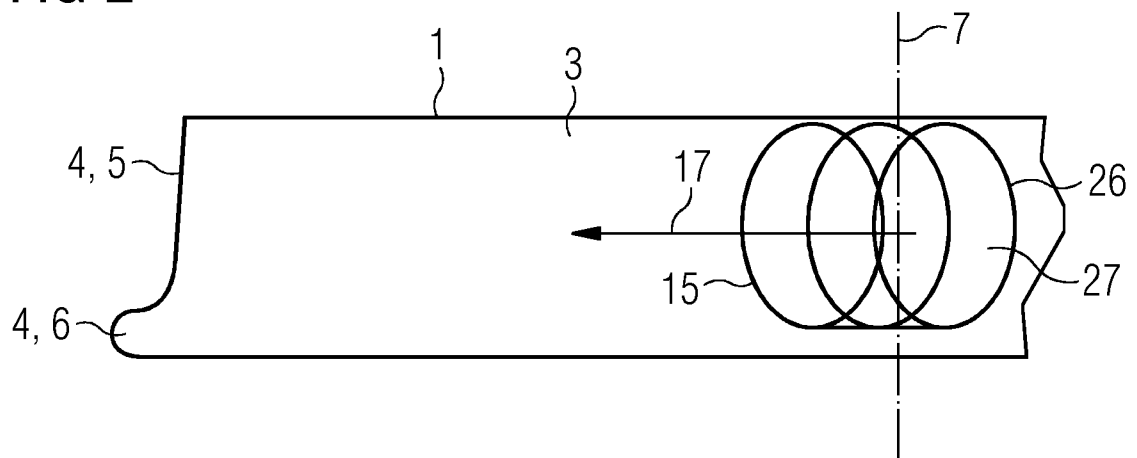


FIG 3

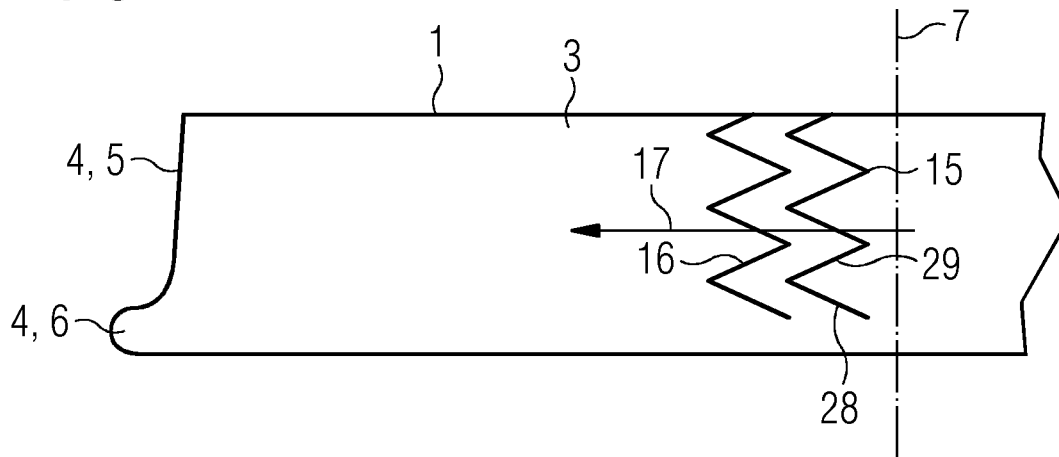


FIG 4

