

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. Februar 2012 (16.02.2012)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/019754 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01N 23/18 (2006.01)

(74) Anwalt: HOEFER & PARTNER; Pilgersheimer Straße
20, 81543 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/003984

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(22) Internationales Anmeldedatum:
9. August 2011 (09.08.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 033 762.5
9. August 2010 (09.08.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): ROLLS-ROYCE DEUTSCHLAND LTD. &
CO. KG [DE/DE]; Eschenweg 11, 15827 Blankenfelde-
Mahlow (DE).

(72) Erfinder; und

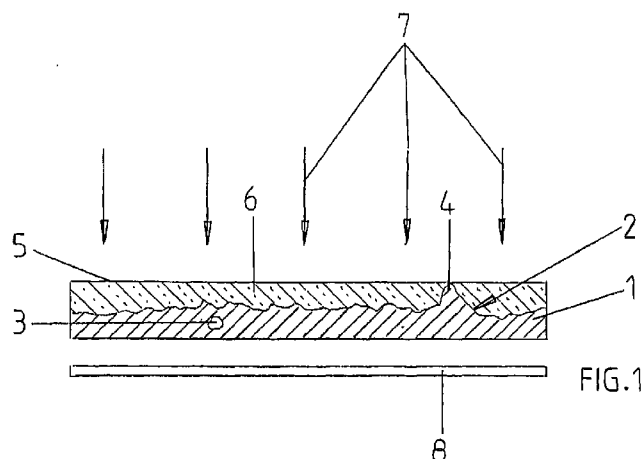
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHREIBER, Karl
[DE/DE]; Luckenwalder Strasse 31, 15838 Am Mellensee
(DE). GEITNER, Josef [DE/DE]; Bahnhofstrasse 128a,
14532 Stahnsdorf (DE).

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR RADIOGRAPHICALLY INSPECTING A COMPONENT BY MEANS OF X-RAY BEAMS USING
A SMOOTHING AGENT AND SMOOTHING AGENT FOR CARRYING OUT THE METHOD

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR DURCHSTRAHLUNGSPRÜFUNG EINES BAUTEILS MITTELS RÖNTGEN-
STRAHLEN UNTER VERWENDUNG EINES GLÄTTUNGSMITTELS SOWIE GLÄTTUNGSMITTEL ZUR DURCHFÜH-
RUNG DES VERFAHRENS



(57) Abstract: The invention relates to a method for radiographically inspecting a component (1) by means of X-ray beams (7), wherein at least one surface to be radiographed of the component (1) has a surface structure (2), at least the surface provided with the surface structure (2) is smoothed using a smoothing substance (6) in order to even out the surface structure (2), wherein at least one organic mass and at least one metal powder are used as the smoothing substance (6), wherein the smoothing substance has substantially the same X-ray absorption behavior as the material of the component (1). The invention further relates to a smoothing agent for carrying out the method according to claim (1).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2012/019754 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Durchstrahlungsprüfung eines Bauteils (1) mittels Röntgenstrahlen (7), bei welchem zumindest eine zu durchstrahlende Fläche des Bauteils (1) eine Oberflächenstruktur (2) aufweist, dass zumindest die mit der Oberflächenstruktur (2) versehene Fläche mit einem Glättungsmaterial (6) zum Ausgleich der Oberflächenstruktur (2) geglättet wird, wobei als Glättungsmaterial (6) zumindest eine organische Masse und zumindest ein Metallpulver verwendet wird, wobei das Glättungsmaterial ein im Wesentlichen gleiches Röntgenabsorptionsverhalten wie der Werkstoff des Bauteils (1) aufweist, sowie auf ein Glättungsmittel zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch (1).

**Verfahren zur Durchstrahlungsprüfung eines Bauteils mittels Röntgenstrahlen
unter Verwendung eines Glättungsmittels sowie Glättungsmittel zur
Durchführung des Verfahrens**

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Durchstrahlungsprüfung eines Bauteils mittels Röntgenstrahlen, insbesondere zur automatischen oder automatisierbaren Durchstrahlungsprüfung, wobei insbesondere ein Bauteil geprüft wird, welches an zumindest einer zu durchstrahlenden Oberfläche mit einer Oberflächenstruktur versehen ist, beispielsweise einer durch einen Bearbeitungsvorgang erzeugten Oberflächenrauigkeit.

Die Erfindung betrifft somit ein Glättungsmaterial zur Oberflächenglättung von einer Durchstrahlungsprüfung mit Röntgenstrahlen ausgesetzte Bauteilen, insbesondere aus niedrig oder hoch legierten Stählen oder Titan-, Aluminium- oder Nickelbasiswerkstoffen, auf der Grundlage einer durch Materialfehler unterschiedlichen Strahlungsabsorption und Intensität der nach der Durchstrahlung des Bauteils auf einen Röntgenfilm auftreffenden Strahlung.

Eine Durchstrahlungsprüfung, insbesondere mittels Röntgenstrahlen oder Gammastrahlen, ist ein bildgebendes Verfahren zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung, bei dem ein zu prüfendes Bauteil mit Röntgenstrahlen durchstrahlt

wird und auf einem Röntgenfilm oder einem Röntgenstrahlendetektor ein Projektionsbild des Bauteils dargestellt wird. Aufgrund unterschiedlicher Strahlungsabsorption und entsprechend unterschiedlicher Strahlungsschwächung können in dem Bauteil vorhandene Fehlstellen, Einschlüsse, Seigerungen, Gasblasen, Risse oder Fügefehler erkennbar gemacht werden, beispielsweise in Form einer durch die größere Strahlungsintensität bedingten stärkeren Schwärzung des Röntgenfilms.

Die Erkennbarkeit von Materialfehlern wird durch eine Randunschärfe, das heißt ein rings um eine Fehlerstelle vorhandenes Halbschattengebiet, und einen geringen Kontrast (Schwärzungsunterschied), die durch eine Streustrahlung der auf eine unregelmäßige, nicht glatte Bauteiloberfläche auftreffenden elektromagnetischen Wellen bedingt sein können, verringert. Eine unregelmäßige Oberflächengeometrie des zu untersuchenden Bauteils führt jedoch in erster Linie zu verminderter Strahlungsabsorption in bestimmten Oberflächenbereichen und dementsprechend hoher Strahlungsintensität. Die dadurch auf dem Röntgenfilm erzeugten Schwärzungen stellen jedoch keine relevanten Materialfehler dar, sondern verfälschen vielmehr das Prüfungsergebnis bzw. lassen eine exakte Erkennung von Materialfehlern bzw. eine zuverlässige automatische Auswertung nicht zu.

Bei der Durchstrahlungsprüfung werden Wellen- oder Teilchenstrahlen in einem absorbierenden, homogenen Material absorbiert. Die Wahrscheinlichkeit der Absorption pro Weeinheit ist bei niedrigen Energien in jeder Eindringtiefe gleich. Es gilt dabei das Lambertsche Gesetz. Die Absorption ist dabei von den Eigenschaften des absorbierenden Materials sowie der Energie der Strahlung abhängig. Hieraus ist der Absorptionskoeffizient ermittelbar. Aus diesem lässt sich die Dicke der Halbwertsschicht berechnen. Bei der Durchstrahlung eines Bauteils mittels Röntgen- oder Gammastrahlung ist die Wahrscheinlichkeit für die Absorption somit proportional der Dicke des durchstrahlten Bauteils. Daraus folgt, dass Oberflächenstrukturen, beispielsweise Oberflächenrauigkeiten, zu einer Schwächung des Strahls führen und somit einen Fehler vortäuschen können, welcher in dem Bauteil des Materials nicht existent ist, sondern nur durch die unterschiedliche Bauteildicke hervorgerufen wird.

Es ergeben sich durch die Störungen, welche durch die Oberflächenstruktur hervorgerufen werden, somit Schwächungen des Strahls, die sich in der Halbwertsdicke, welche dem Absorptionskoeffizienten umgekehrt proportional ist, widerspiegeln.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Durchstrahlungsprüfung eines Bauteils, insbesondere mittels Röntgenstrahlen oder Gammastrahlen, zu schaffen, welches bei einfacher und kostengünstiger Anwendbarkeit ein hohes Maß an Fehlererkennungspräzision aufweist.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmalskombinationen der unabhängigen Ansprüche gelöst, die jeweiligen Unteransprüche zeigen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

Die Durchstrahlungsprüfung von Bauteilen mittels Röntgen- oder Gammastrahlen erfolgt auf der Grundlage einer durch Materialfehler im Bauteil veränderten Strahlungsabsorption und Intensität der nach der Durchstrahlung des Bauteils beispielsweise auf einen Röntgenfilm auftreffenden Strahlung und dessen durch die Strahlungsintensität beeinflusster Schwärzung.

Der Kern der Erfindung besteht somit darin, dass eine unebene, ebenfalls unterschiedliche Strahlungsintensitäten bewirkende Oberflächenstruktur (Oberflächentopographie) des Bauteils mit einer Glättungsschicht aus einem Glättungsmaterial abgedeckt wird, welches das gleiche Röntgenabsorptionsverhalten wie der Grundwerkstoff des Bauteils hat, wobei die Halbwertsdicke oder volumenspezifische Strahlungsabsorption des Bauteilwerkstoffs und der aus dem Glättungsmaterial auf der Bauteiloberfläche erzeugten Glättungsschicht identisch oder nahezu identisch sind.

Die Erfindung sieht somit vor, dass bei Bauteilen mit einer rauen Oberfläche die unterschiedlich dicken Oberflächenbereiche mittels einer aus dem erfindungsgemäßen Glättungsmaterial bestehenden Glättungsschicht geglättet

werden. Derartige Oberflächenbereiche (Oberflächenstrukturen) können beispielsweise in Form von Schweißnähten ausgebildet sein. Insbesondere bei der Prüfung von Schweißnähten für Rohre, Pipelines oder Ähnlichem, kann somit eine exakte Untersuchung und Materialprüfung erfolgen. Durch die erfindungsgemäße Glättung erzeugen die unterschiedlichen Oberflächenstrukturen keine oder nur unwesentliche Signale, so dass auch kleinste Gefügefehler deutlich erkennbar und identifizierbar sind. Erfindungsgemäß wird somit eine "physikalische Glättung" des zu prüfenden Bauteils durchgeführt.

Das erfindungsgemäße Glättungsmaterial der Glättungsschicht ist so ausgewählt, dass dieses ein Absorptionsverhalten für die Röntgenstrahlen oder Gammastrahlen aufweist, welches gleich ist zu dem Absorptionsverhalten des Grundwerkstoffs.

In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Glättungsschicht ein Material, das zu etwa 35 bis 45 Volumenprozent aus zumindest einer plastisch verformbaren, organischen Masse und zu etwa 55 bis 65 Volumenprozent aus zumindest einem Metallpulver besteht, wobei das Metallpulver überwiegend aus dem Grundwerkstoff des Bauteils sowie einem aus Blei oder Eisen bestehenden zusätzlichen Metallpulver zusammengesetzt ist.

Durch das Aufbringen der erfindungsgemäßen Glättungsschicht auf das mit der Oberflächenstruktur versehene, zu untersuchende Bauteil wird eine Verringerung der Strahlungsabsorption oder eine Erhöhung der Strahlungsintensität aufgrund einer unebenen Oberflächentopographie verhindert. Es wird nur eine durch innere Materialfehler bedingte Schwärzung des Röntgenfilms oder Röntgendetektors erzeugt. Hierdurch ist eine exakte, vorzugsweise auch automatisierte Durchstrahlungsprüfung möglich, die insbesondere bei sicherheitsrelevanten Bauteilen von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Durch den 65 Volumenprozent nicht überschreitenden Metallpulveranteil ist das Glättungsmaterial ausreichend plastisch verformbar, so dass es als Glättungsschicht auf die Bauteiloberfläche aufgebracht werden kann und nach der

Durchstrahlungsprüfung auch wieder abgezogen werden kann. Das Metallpulver besteht im Wesentlichen aus dem Grundmaterial des zu untersuchenden Bauteils. Um jedoch in der gesamten, aus Füllmaterial und Metallpulver bestehenden Glättungsschicht eine dem Grundmaterial entsprechende Strahlungsabsorption zu erreichen, das heißt in dem Bauteil und in der Glättungsschicht die gleiche Halbwertsdicke zu erzielen, enthält das aus dem Grundwerkstoff des Bauteils bestehenden Metallpulver einen Anteil eines Metallpulvers mit höherer Absorptionsfähigkeit als das Grundmaterial des Bauteils, vorzugsweise Eisen- oder Bleipulver.

Die erfindungsgemäße Glättungsschicht wird beispielsweise bei Bauteilen aus niedrig legierten Stählen und hoch legierten Stählen sowie aus Titanbasiswerkstoffen, Aluminiumbasiswerkstoffen und Nickelbasiswerkstoffen eingesetzt.

Im Folgenden wird die Zusammensetzung des Glättungsmaterials anhand von Beispielen erläutert. Dabei erfolgt jeweils eine Abschätzung der Röntgen-Halbwertsdicken für verschiedene Zusammensetzungen des durchstrahlten Materials eines Bauteils bei einer Röntgenstrahlungsenergie von 100 KEV:

Beispiel 1:

Bauteile aus Eisen/Stahl und Stähle mit weniger als 30% Legierungsbestandteilen, beispielsweise geschmiedeter, gewalzter oder gegossener Stahl. Ein derartiges Bauteil weist eine Halbwertsdicke von 2,5 mm auf.

Ein bevorzugtes Glättungsmaterial mit einer Halbwertsdicke von 2,5 mm umfasst einen Volumenteil von Blei von 1,8 %, einen Volumenanteil von Eisen von 58,2 % und einen Volumenanteil von organischer Masse von 40%.

Beispiel 2:

Aluminium und Aluminiumlegierungen mit weniger als 20% Legierungsbestandteilen weisen eine Halbwertsdicke von 16mm auf.

Hierfür wird ein Glättungsmaterial mit einem Volumenanteil von 40 % an organischer Masse sowie einem Volumenanteil von Aluminium von 59,83 % und einem Volumenanteil von Blei von 0,175 % verwendet. Dies führt zu einer Halbwertsdicke von 16 mm.

Alternativ hierzu könnte ein Glättungsmaterial mit einem Volumenanteil an organischer Masse von 40 % einen Volumenanteil an Aluminium von 55,5 % und einen Volumenanteil an Eisen von 4,5 % aufweisen. Auch dies führt zu einer Halbwertsdicke von 16 mm.

Beispiel 3:

Titan und Titanlegierungen mit weniger als 15 % Legierungsbestandteil weisen eine Halbwertsdicke von 5,6 mm auf.

Ein hierfür geeignetes Glättungsmaterial weist bei einem Anteil von 40 % an organischer Masse einen Volumenanteil an Titan von 59,27 % und einen Volumenanteil an Blei von 0,73 % auf. Dies führt zu einer Halbwertsdicke von 5,6 mm.

Alternativ hierzu kann ein Glättungsmaterial mit einem Volumenanteil an organischer Masse von 40 % und einem Volumenanteil an Titan von 31,3 % und einem Volumenanteil von Eisen von 28,7 % verwendet werden. Auch hierbei ergibt sich eine Halbwertsdicke von 5,6 mm.

Beispiel 4:

IN 718 (Inconel 718) weist eine Halbwertsdicke von 2,0 mm auf.

Ein hierfür geeignetes Glättungsmaterial weist bei einem Volumenanteil von 40 % an organischer Masse einen Volumenanteil an IN 718 von 57,6 % sowie einen Volumenanteil an Blei von 2,4 % auf. Dies führt zu einer Halbwertsdicke von 2,0 mm.

Bei den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen kann die organische Masse beispielsweise so ausgebildet werden, dass sie Wax als Basis aufweist und als Füllstoffe Wasser, Öl, NaCl, Stärke und/oder Kaolin umfasst. Die gewünschte Knetbarkeit des fertigen, mit den Metallpulvern versehenen Glättungsmaterials und die Haftfähigkeit auf dem Untergrund werden durch die Zugabe von Wasser und Öl eingestellt. Somit ist es möglich, das erfindungsgemäße Glättungsmaterial auf eine in üblicher Weise saubere und fettfreie Oberfläche des zu prüfenden Bauteils aufzubringen. Durch Adhäsion ist das Glättungsmaterial selbsthaftend und kann nach der Durchstrahlungsprüfung rückstandsfrei entfernt und wiederverwendet werden. Es ist somit kein Haftmittel erforderlich, es bildet sich zwischen dem Glättungsmaterial und dem Bauteil kein Spalt.

Erfindungsgemäß kann das Glättungsmaterial mittels eines Spachtels aufgespachtelt oder aufgestrichen werden, es ist möglich, dieses aufzuwalzen oder in automatisierter oder teilautomatisierter Weise mittels einer geeigneten Hilfsvorrichtung aufzubringen. Somit kann das erfindungsgemäße Glättungsmaterial auch für die Glättung sehr großer Unebenheiten aufgebracht werden, beispielsweise in Dicken zwischen 0,1 mm bis 10 mm.

Die erfindungsgemäße organische Füllmasse entspricht bevorzugter Weise den Anforderungen gemäß DIN EN 71-7.

Da erfindungsgemäß das Glättungsmaterial eine Mischung aus organischer Masse und Metallpulver ist, wird erfindungsgemäß ein Metallpulver verwendet, welches eine größere Halbwertsdicke aufweist, wie das Grundmaterial des zu prüfenden Bauelements, damit sich in der Summe dieselbe Halbwertsdicke des Glättungsmaterials ergibt, wie bei dem zu prüfenden Bauteil.

Erfindungsgemäß ist es weiterhin besonders günstig, wenn die Partikelgröße des Metallpulvers maximal 10 µm beträgt. Bis zu dieser Größe sind die einzelnen Partikel des Metallpulvers nicht als Teilchen identifizierbar, so dass das Glättungsmaterial für die Durchstrahlungsprüfung homogen ist.

Mit einer aus dem erfindungsgemäßen Glättungsmaterial erzeugten Glättungsschicht auf dem zu untersuchenden Bauteil können somit Materialfehler wie Fehlstellen, Einschlüsse, Seigerungen, Gasblasen, Risse oder Fügefehler sowohl visuell als auch in einem automatisierten Verfahren exakt ermittelt werden.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeichnung beschrieben. Dabei zeigt:

- Fig. 1 eine schematische Schnittansicht eines zu prüfenden Bauteils mit aufgebrachter Glättungsschicht,
- Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Schwärzungsverlaufs ohne Glättungsschicht, und
- Fig. 3 eine schematische Darstellung des Schwärzungsverlaufs mit virtueller Glättungsschicht.

Ein aus Inconel 718 (IN 718) bestehendes geschmiedetes Bauteil 1 mit einer nicht glatten, unebenen Oberflächengeometrie (Oberflächenstruktur 2), das zur Durchstrahlungsprüfung mit Röntgenstrahlen vorgesehen ist, wird mit einer Glättungsschicht 6, bestehend aus 40 Volumenprozent an organischer Masse, 57,6 Volumenprozent IN 718-Pulver und 2,4 Volumenprozent Bleipulver, versehen. Die so ausgebildete Glättungsschicht 6 hat eine Halbwertsdicke von 2,0 mm, die genau der Halbwertsdicke des Bauteilwerkstoffs entspricht (s. Fig. 1).

Als Halbwertsdicke wird die Stärke des Materials bezeichnet, die nötig ist, um bei der Bestrahlung mit Röntgenstrahlen die Strahlungsintensität zu halbieren.

Die Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Schwärzungskurve (Röntgenbild 9, Schwärzungsverlauf), welches sich auf einem Röntgenstrahldetektor 8 / Röntgenfilm ohne die Aufbringung der erfindungsgemäßen Glättungsschicht ergeben würde. Hierbei ist insbesondere ersichtlich, dass die auftretenden Röntgenstrahlen 7 einen inneren Fehler 3, bedingt durch die unebene Oberflächengeometrie (Oberflächenstruktur 2) des Bauteils 1 nicht klar erkennbar wiedergibt, da eine schematisch dargestellte höchste Erhebung 4 ebenfalls ein deutliches Signal abgibt.

Im Vergleich hierzu zeigt die Fig. 3 eine Darstellung analog der Fig. 2 mit der erfindungsgemäßen Glättungsschicht 5 (geglättete Oberfläche). Hierbei ergibt sich, dass der innere Fehler 3 eine klar erkennbare Schwärzungsspitze 10 erzeugt, während die restliche Oberflächenstruktur 2 nicht abgebildet wird, da sie durch die Glättungsschicht 5 geglättet ist.

Aufgrund der glatten Ausbildung der Bauteiloberfläche mit der aus dem angegebenen Beschichtungsmittel bestehenden Glättungsschicht, deren volumenspezifische Strahlungsabsorption mit der des Bauteilwerkstoffs übereinstimmt, wurden bei der Durchstrahlungsprüfung in dem Bauteil vorhandene innere Fehler auf dem Röntgenfilm randscharf und visuell leicht erkennbar dargestellt, während durch Oberflächenunebenheiten bedingte und bei der Auswertung des Röntgenfilms zu Fehlinterpretationen führende Schwärzungen des Röntgenfilms nicht festgestellt wurden. Nach der Durchstrahlungsprüfung wurde die Glättungsschicht wieder von der Bauteiloberfläche abgezogen.

Es versteht sich, dass, wie in Fig. 1 gezeigt, erfindungsgemäß nur eine Oberfläche mit dem Glättungsmaterial versehen werden kann, sofern die andere Oberfläche ausreichend glatt und fehlerfrei ist. Es ist jedoch auch möglich, beide Oberflächen (Strahlungseintrittsfläche und Strahlungsaustrittsfläche) mit dem erfindungsgemäßen Glättungsmaterial zu versehen.

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|--|
| 1 | Bauteil |
| 2 | unebene Oberflächengeometrie / Oberflächenstruktur |
| 3 | innerer Fehler |
| 4 | höchste Erhebung von 2 |
| 5 | geglättete Oberfläche |
| 6 | Glättungsschicht / Glättungsmaterial |
| 7 | Röntgenstrahlen |
| 8 | Röntgenstrahldetektor |
| 9 | Röntgenbild, Schwärzungsverlauf |
| 10 | Schwärzungsspitze |

Patentansprüche

1. Verfahren zur Durchstrahlungsprüfung eines Bauteils (1) mittels Röntgenstrahlen (7), bei welchem zumindest eine zu durchstrahlende Fläche des Bauteils (1) eine Oberflächenstruktur (2) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die mit der Oberflächenstruktur (2) versehene Fläche mit einem Glättungsmaterial (6) zum Ausgleich der Oberflächenstruktur (2) geglättet wird, wobei als Glättungsmaterial (6) zumindest eine organische Masse und zumindest ein Metallpulver verwendet wird, wobei das Glättungsmaterial ein im Wesentlichen gleiches Röntgenabsorptionsverhalten wie der Werkstoff des Bauteils (1) aufweist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Glättungsmaterial (6) zur Glättung der Oberflächenstruktur (2) mit einer Dicke zwischen 0,1 mm und 10 mm aufgebracht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Metallpulver mit einer Partikelgröße von maximal 10 µm verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Metallpulver mit einer größeren Halbwertsdicke als die Halbwertsdicke des Materials des Bauteils (1) verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Glättungsmaterial (6) nach der Durchstrahlungsprüfung von der Oberflächenstruktur (2) abgelöst und wiederverwendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Glättungsmaterial (6) manuell oder automatisiert aufgetragen, aufgestrichen, aufgespachtelt oder aufgewalzt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Glättungsmaterial (6) ohne zusätzliche Verwendung eines Haftmittels und/oder spaltfrei auf die Oberflächenstruktur (2) aufgebracht wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchstrahlungsprüfung automatisch durchgeführt wird, insbesondere automatisch ausgewertet wird und insbesondere filmlos durchgeführt wird.
9. Glättungsmaterial zur Oberflächenglättung eines einer Durchstrahlungsprüfung mit Röntgenstrahlen ausgesetzten Bauteils (1), insbesondere aus niedrig- oder hochlegierten Stählen oder Titan-, Aluminium- oder Nickelbasiswerkstoffen, auf der Grundlage einer durch Materialfehler (3) unterschiedlichen Strahlungsabsorption und Intensität der nach der Durchstrahlung des Bauteils (1) auf einen Röntgenstrahldetektor (8) auftreffenden Strahlung, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Glättungsmittel eine organische Masse und zumindest ein Metallpulver umfasst, wobei das Glättungsmittel im Wesentlichen das gleiche Röntgenabsorptionsverhalten wie der Grundwerkstoff des Bauteils (1) hat, wobei die Halbwertsdicke oder volumenspezifische Strahlungsabsorption des Bauteilwerkstoffs und einer aus dem Glättungsmittel auf der Bauteiloberfläche erzeugten Glättungsschicht (6) identisch oder nahezu identisch sind.
10. Glättungsmaterial nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass es zu 35 bis 45 Volumenprozent aus der organischen Masse und zu 55 bis 65 Volumenprozess aus einem mit der organischen Masse vermengten Metallpulvergemisch besteht, wobei das Metallpulvergemisch überwiegend aus dem Grundwerkstoff des Bauteils (1) sowie einem aus Blei oder Eisen bestehenden zusätzlichen Metallpulver zusammengesetzt ist.
11. Glättungsmaterial nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein für die Durchstrahlungsprüfung eines Bauteils (1) aus Stahl mit weniger als

30 % Legierungsbestandteilen und einer Halbwertsdicke von 2,5 mm vorgesehenes Glättungsmaterial (6) zu 40 Volumenprozent aus der organischen Masse, zu 58,2 Volumenprozent aus Eisenpulver und zu 1,8 Volumenprozent aus Bleipulver besteht und eine Halbwertsdicke von 2,5 mm hat; oder

dass ein für die Durchstrahlungsprüfung eines Bauteils (1) aus Aluminium und Aluminiumlegierungen mit weniger als 20 % Legierungsbestandteilen und einer Halbwertsdicke von 16 mm vorgesehenes Glättungsmaterial (6) zu 40 Volumenprozent aus der organischen Masse, zu 59,83 Volumenprozent aus Aluminiumpulver und zu 0,175 Volumenprozent aus Bleipulver besteht und eine Halbwertsdicke von 16 mm hat; oder

dass ein für die Durchstrahlungsprüfung eines Bauteils (1) aus Aluminium und Aluminiumlegierungen mit weniger als 20 % Legierungsbestandteilen und einer Halbwertsdicke von 16 mm vorgesehenes Glättungsmaterial (6) zu 40 Volumenprozent aus der organischen Masse, zu 55,5 Volumenprozent aus Aluminiumpulver und zu 4,5 Volumenprozent aus Eisenpulver besteht und eine Halbwertsdicke von 16mm hat; oder

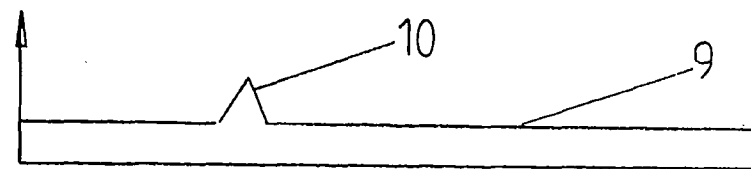
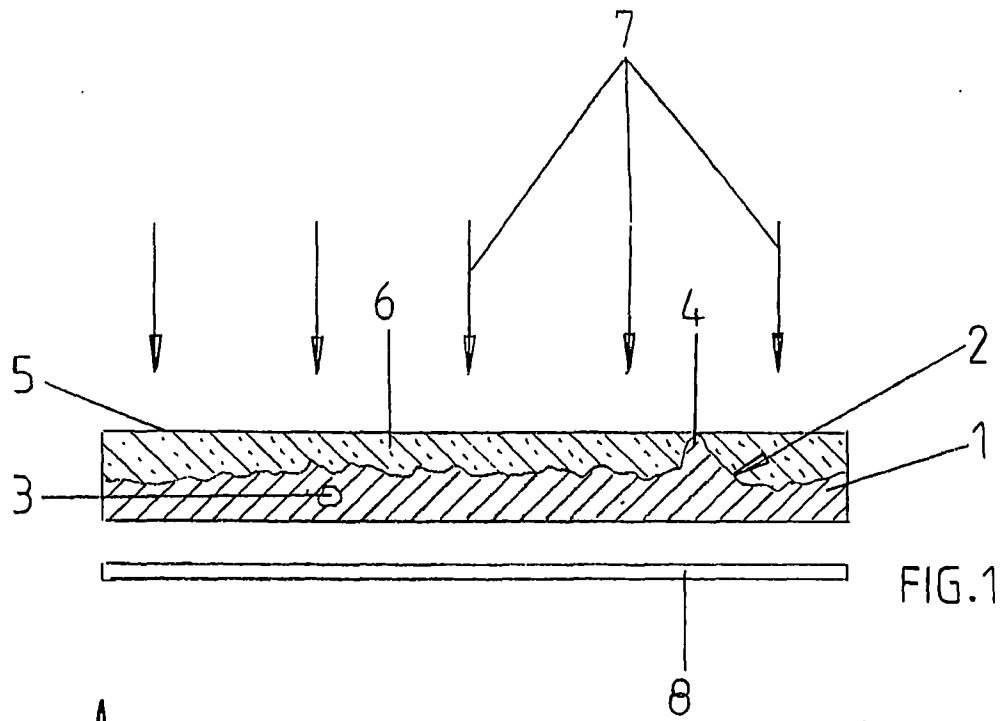
dass ein für die Durchstrahlungsprüfung eines Bauteils (1) aus Titan und Titanlegierungen mit weniger als 15 % Legierungsbestandteilen und einer Halbwertsdicke von 5,6 mm vorgesehenes Glättungsmaterial (6) zu 40 Volumenprozent aus organischer Masse, zu 59,27 Volumenprozent aus Titanpulver und zu 0,73 Volumenprozent aus Bleipulver besteht und eine Halbwertsdicke von 5,6 mm hat, oder

dass ein für die Durchstrahlungsprüfung eines Bauteils (1) aus Titan und Titanlegierungen mit weniger als 15 % Legierungsbestandteilen und einer Halbwertsdicke von 5,6 mm vorgesehenen Glättungsmaterial (6) zu 40 Volumenprozent aus organischer Masse, zu 31,3 Volumenprozent aus

Titanpulver und zu 28,7 Volumenprozent aus Eisenpulver besteht und eine Halbwertsdicke von 5,6 mm aufweist, oder

dass ein für die Durchstrahlungsprüfung eines Bauteils (1) aus dem Nickelbasiswerkstoff Inconel 718 mit einer Halbwertsdicke von 2,0 mm vorgesehenes Glättungsmaterial (6) zu 40 Volumenprozent aus der organischen Masse, zu 57,6 Volumenprozent aus Inconel 718-Pulver und zu 2,4 Volumenprozent aus Bleipulver besteht und eine Halbwertsdicke von 2,0 mm aufweist.

12. Glättungsmittel nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Glättungsmaterial (6) plastisch verformbar, insbesondere knetbar ist.
13. Verwendung eines Glättungsmaterials nach einem der Ansprüche 9 bis 12 zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8.



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/003984

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01N23/18
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2 916 623 A (RITCHEY NEIL F) 8 December 1959 (1959-12-08) column 2, line 41 - line 51 column 3, line 53 - column 4, line 12 figures 1-9	1-13
A	----- JP 57 204441 A (HITACHI SHIPBUILDING ENG CO; DAIKI ENGINEERING CO) 15 December 1982 (1982-12-15) abstract	1-13
X	----- GB 760 617 A (KNAPP MILLS INC [US]) 7 November 1956 (1956-11-07)	9-13
A	page 2, line 12 - line 53	1-8
X	----- EP 0 154 271 A2 (DAINICHI NIPPON CABLES LTD [JP]) 11 September 1985 (1985-09-11)	9-13
A	page 4 - page 8	1-8
	----- -/-	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 November 2011

Date of mailing of the international search report

06/12/2011

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Baranski, Jörg

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2011/003984

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2 162 420 A (BUCKLEY TIMOTHY S) 13 June 1939 (1939-06-13)	9-13
A	page 1, line 35 - line 21 -----	1-8
X	US 753 310 A (WESTON A. PRICE) 1 March 1904 (1904-03-01)	9-13
A	page 1, left-hand column, line 12 - line 32 -----	1-8
X	US 3 102 024 A (KNAPP ALFRED P) 27 August 1963 (1963-08-27)	9-13
A	column 2, line 12 - line 32 -----	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/003984

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2916623	A	08-12-1959	NONE
JP 57204441	A	15-12-1982	NONE
GB 760617	A	07-11-1956	FR 1104023 A 15-11-1955 GB 760617 A 07-11-1956 US 2833664 A 06-05-1958
EP 0154271	A2	11-09-1985	EP 0154271 A2 11-09-1985 JP 1747975 C 25-03-1993 JP 4034712 B 08-06-1992 JP 60179696 A 13-09-1985
US 2162420	A	13-06-1939	NONE
US 753310	A	01-03-1904	NONE
US 3102024	A	27-08-1963	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G01N23/18

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G01N

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2 916 623 A (RITCHEY NEIL F) 8. Dezember 1959 (1959-12-08) Spalte 2, Zeile 41 - Zeile 51 Spalte 3, Zeile 53 - Spalte 4, Zeile 12 Abbildungen 1-9	1-13
A	JP 57 204441 A (HITACHI SHIPBUILDING ENG CO; DAIKI ENGINEERING CO) 15. Dezember 1982 (1982-12-15) Zusammenfassung	1-13
X	GB 760 617 A (KNAPP MILLS INC [US]) 7. November 1956 (1956-11-07)	9-13
A	Seite 2, Zeile 12 - Zeile 53	1-8
X	EP 0 154 271 A2 (DAINICHI NIPPON CABLES LTD [JP]) 11. September 1985 (1985-09-11)	9-13
A	Seite 4 - Seite 8	1-8
	-/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

25. November 2011

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

06/12/2011

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Baranski, Jörg

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2 162 420 A (BUCKLEY TIMOTHY S) 13. Juni 1939 (1939-06-13)	9-13
A	Seite 1, Zeile 35 - Zeile 21 -----	1-8
X	US 753 310 A (WESTON A. PRICE) 1. März 1904 (1904-03-01)	9-13
A	Seite 1, linke Spalte, Zeile 12 - Zeile 32 -----	1-8
X	US 3 102 024 A (KNAPP ALFRED P) 27. August 1963 (1963-08-27)	9-13
A	Spalte 2, Zeile 12 - Zeile 32 -----	1-8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/003984

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2916623	A	08-12-1959	KEINE
JP 57204441	A	15-12-1982	KEINE
GB 760617	A	07-11-1956	FR 1104023 A 15-11-1955 GB 760617 A 07-11-1956 US 2833664 A 06-05-1958
EP 0154271	A2	11-09-1985	EP 0154271 A2 11-09-1985 JP 1747975 C 25-03-1993 JP 4034712 B 08-06-1992 JP 60179696 A 13-09-1985
US 2162420	A	13-06-1939	KEINE
US 753310	A	01-03-1904	KEINE
US 3102024	A	27-08-1963	KEINE