(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
17. März 2016 (17.03.2016)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/038124 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01N 29/04 (2006.01) *G01N 29/26* (2006.01)
G01N 29/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/070681

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. September 2015 (10.09.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 218 071.6
10. September 2014 (10.09.2014) DE
10 2014 221 649.4
24. Oktober 2014 (24.10.2014) DE
10 2015 209 542.8 22. Mai 2015 (22.05.2015) DE

(71) Anmelder: **SMS GROUP GMBH** [DE/DE]; Eduard-Schloemann-Str. 4, 40237 Düsseldorf (DE).

(72) Erfinder: **GUSAROVA, Tamara**; Burgunderstraße 47, 41812 Erkelenz (DE). **RUNGE, Andreas**; Brückenstraße 47, 42857 Remscheid (DE). **SCHULZE, Stephan**; Am Ziegelofen 11, 40668 Meerbusch (DE). **SCHUSTER, Ingo**; Bonnenring 83, 47877 Willich (DE).

(74) Anwalt: **KLÜPPEL, Walter**; Hammerstr.2, 57072 Siegen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DETECTING A MATERIAL QUALITY OF A METALLIC CASTING PRODUCT

(54) Bezeichnung : ERFASSUNG EINER MATERIALQUALITÄT EINES METALLISCHEN GIESSPRODUKTS

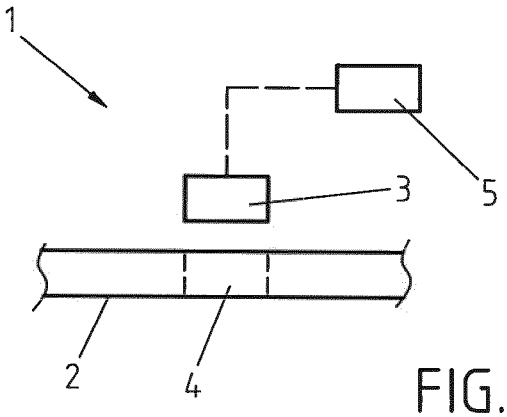

FIG.1

(57) Abstract: The invention relates to a method for detecting a material quality of an, in particular continuously cast, metallic casting product (2). In order to reduce the outlay required for detecting a material quality of a metallic casting product (2), the invention proposes that at least one ultrasound image of at least one integrated product section (4) of the metallic casting product (2) is generated using ultrasound without sampling, at least one defect distribution is determined from material defects of the integrated product section (4) that are contained in the ultrasound image, and the material quality of the metallic casting product (2) is determined automatically taking account of the defect distribution determined.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/038124 A1

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erfassen einer Materialqualität eines, insbesondere kontinuierlich vergossenen, metallischen Gießproduktes (2). Um den zur Erfassung einer Materialqualität eines metallischen Gießproduktes (2) erforderlichen Aufwand zu reduzieren, wird mit der Erfindung vorgeschlagen, dass wenigstens ein Ultraschallbild von wenigstens einem integrierten Produktabschnitt (4) des metallischen Gießproduktes (2) ohne Probeentnahme unter Verwendung von Ultraschall erzeugt wird, wenigstens einer Fehlerverteilung aus in dem Ultraschallbild enthaltenen Materialfehlern des integrierten Produktabschnitts (4) ermittelt wird und die Materialqualität des metallischen Gießproduktes (2) unter Berücksichtigung der ermittelten Fehlerverteilung automatisch ermittelt wird.

Erfassung einer Materialqualität eines metallischen Gießproduktes

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zum Erfassen einer Materialqualität eines, insbesondere kontinuierlich vergossenen, metallischen Gießproduktes.

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer Anlage zum Herstellen von, insbesondere kontinuierlich vergossenen, metallischen Gießprodukten sowie eine Anlage zum Herstellen von, insbesondere kontinuierlich vergossenen, metallischen Gießprodukten.

Die noch nicht veröffentlichte Patentanmeldung DE 10 2013 224 184 beinhaltet ein Verfahren zum Erfassen einer Materialqualität eines kontinuierlich vergossenen, metallischen Gießproduktes, beispielsweise einer Bramme. Hierzu wird aus dem metallischen Gießprodukt ein Probenstück herausgetrennt und mit Ultraschall beschallt. Von dem herausgetrennten Probenstück wird ein Ultraschallbild erzeugt, aus dem eine Schnittebene durch das herausgetrennte Probenstück erzeugt wird. Mittels der in der Schnittebene vorhandenen Informationen wird ein Fehlerverteilungsbild bezüglich innerhalb des herausgetrennten Probenstücks vorliegender Materialfehler erstellt. Aus dem Fehlerverteilungsbild wird die Materialqualität des herausgetrennten Probenstücks und hieraus diejenige des metallischen Gießproduktes abgeleitet.

Es ist des Weiteren bekannt, eine Materialqualität eines kontinuierlich vergossenen, metallischen Gießproduktes anhand eines makrogeätzten Probenstücks zu ermitteln, das vorab aus dem metallischen Gießprodukt herausgetrennt worden ist. Für die Makroätzung des herausgetrennten Probenstücks können verschiedene Säuren eingesetzt werden, welche in der Lage sind, die in dem Probenstück vorliegenden Materialfehler zum Vorschein zu

bringen. Unter Berücksichtigung vorgegebener Vorschriften wird herkömmlich aus den Materialfehlern die Materialqualität des metallischen Gießproduktes erfasst. Die Makroätzverfahren zur Erfassung der Materialqualität eines metallischen Gießproduktes sind insbesondere hinsichtlich einer Auswertung der makrogeätzten Oberflächenbilder von herausgetrennten Probenstücken sehr zeitaufwändig. Zudem muss ein erheblicher Aufwand betrieben werden, um eine Gesundheitsgefahr für ein solches Makroätzverfahren durchführendes Personal beim Umgang mit den dabei eingesetzten chemischen Substanzen ausschließen zu können.

Aufgabe der Erfindung ist es, den zur Erfassung einer Materialqualität eines metallischen Gießproduktes erforderlichen Aufwand zu reduzieren.

Diese Aufgabe wird durch die unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind insbesondere in den abhängigen Ansprüchen angegeben, welche jeweils für sich genommen oder in verschiedener Kombination miteinander einen Aspekt der Erfindung darstellen können.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Erfassen einer Materialqualität eines, insbesondere kontinuierlich vergossenen, metallischen Gießproduktes, umfasst die Schritte:

- Erzeugen von wenigstens einem Ultraschallbild von wenigstens einem integrierten Produktabschnitt des metallischen Gießproduktes unter Verwendung von Ultraschall;
- Ermitteln von wenigstens einer Fehlerverteilung aus in dem Ultraschallbild enthaltenen Materialfehlern des integrierten Produktabschnitts; und
- Automatisiertes Ermitteln der Materialqualität des metallischen Gießproduktes unter Berücksichtigung der ermittelten Fehlerverteilung auf Basis von definierten Regeln.

Erfindungsgemäß wird eine Ultraschalluntersuchung an dem metallischen Gießprodukt vorgenommen, ohne dass ein Probenkörper aus dem metallischen Gießprodukt herausgetrennt werden muss. Hierdurch wird der Aufwand zur Erfassung der Materialqualität des metallischen Gießproduktes gegenüber einer Vorgehensweise, bei der ein Probenstück aus dem metallischen Gießprodukt herausgetrennt und anschließend untersucht wird, deutlich reduziert. Dies geht mit einer Zeit- und Kosteneinsparung einher. Gegenüber einem oben beschriebenen herkömmlichen Makroätzverfahren kann zudem der Aufwand zum Ausschließen einer Gesundheitsgefährdung von Personal eingespart werden. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es unter deutlich reduziertem Aufwand möglich, die Materialqualität von zwei oder mehreren integrierten Produktabschnitten eines metallischen Gießproduktes zu erfassen, was bei einer herkömmlichen Vorgehensweise hingegen sehr zeitaufwändig und damit kostenaufwändig wäre.

Da gemäß der Erfindung kein Probenkörper aus dem metallischen Gießprodukt herausgetrennt wird, kann eine sehr zuverlässige Erfassung der Materialqualität des metallischen Gießproduktes erfolgen. Durch das jeweilig zum Heraustrennen des Probenstücks verwendete Trennverfahren kann das Probenstück nämlich, beispielsweise durch Wärme- oder Krafteintrag, beeinflusst werden, so dass die Materialqualität des Probenstücks nicht mehr deckungsgleich mit der Materialqualität des übrigen metallischen Gießproduktes ist. Dies macht die herkömmliche Erfassung der tatsächlichen Materialqualität des metallischen Gießproduktes weniger zuverlässig.

Zur Erzeugung des Ultraschallbildes des integrierten Produktabschnitts wird der integrierte Produktabschnitt von wenigstens einer Seite des integrierten Produktabschnitts aus mit Ultraschall beschallt. Die reflektierten Ultraschallwellen können auf derselben Seite des integrierten Produktabschnitts und/oder auf der gegenüberliegenden Seite des integrierten Produktabschnitts erfasst werden. Vorzugsweise wird der integrierte Produktabschnitt mit optimierten Ultraschallparametern in Abhängigkeit von dem jeweilig zu untersuchenden

Werkstoff mit Ultraschall beschallt, um eine möglichst hohe Auflösung der wenigstens einen Fehlerverteilung zu erhalten.

Das Ermitteln der wenigstens einen Fehlerverteilung aus in dem Ultraschallbild enthaltenen Materialfehlern des integrierten Produktabschnitts erfolgt vorzugsweise automatisiert mittels einer hierzu eingerichteten Einheit. Dadurch kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine Erfassung der jeweiligen Materialqualität des metallischen Gießproduktes deutlich zuverlässiger erfolgen, da hierbei die Gefahr einer subjektiven Beurteilung eines Prüfpersonals vermieden wird. Zudem kann die Zeit für die Erfassung der Materialqualität des integrierten Produktabschnitts bzw. des metallischen Gießproduktes wesentlich verkürzt werden, wodurch in einem Herstellungsprozess schneller auf die jeweiligen Erfassungsergebnisse reagiert werden kann, wodurch wiederum die Menge an Ausschuss von Halbzeugen erheblich reduziert werden kann.

Die gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren ermittelte Fehlerverteilung kann in Form eines Fehlerverteilungsbildes oder einer Fehlerverteilungsfunktion gegeben sein. Gleiches gilt für die vorgegebenen Fehlerverteilungen, die mit der jeweilig ermittelten Fehlerverteilung vergleichbar sind, um die Materialqualität des metallischen Gießproduktes zu erfassen.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können jegliche Arten von Materialfehlern in dem wenigstens einen integrierten Produktabschnitt erfasst werden. Ein Materialfehler kann beispielsweise ein Reinheitsfehler sein, der durch nicht metallische Einschlüsse in dem integrierten Produktabschnitt verursacht wird. Zudem kann ein Materialfehler ausschließlich im Inneren des integrierten Produktabschnitts, auch Innenfehler genannt, ausschließlich an einer Oberfläche des integrierten Produktabschnitts oder auch sowohl im Inneren als auch an einer Oberfläche des integrierten Produktabschnitts angeordnet sein. Als Innenfehler können beispielsweise Seigerungen, Poren, Risse, Gefügeunterschiede, insbesondere Korngrößenverteilungen, oder dergleichen erfasst werden. Zudem

kann mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Klassifizierung von Materialfehlern vorgenommen werden. Beispielsweise können Materialfehler in Form von Seigerungen von Materialfehlern in Form von Poren oder dergleichen unterschieden werden. Zur Klassifizierung von Materialfehlern können neben den Amplituden der reflektierten Ultraschallwellen auch deren Phasenlagen ausgewertet werden.

Ist die Materialqualität des metallischen Gießproduktes mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens erfasst, kann das metallische Gießprodukt einer von mehreren vorgegebenen Qualitätsklassen zugeordnet werden. Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann eine besonders hochwertige Erfassung der Materialqualität von metallischen Gießprodukten erfolgen, die auf im Zusammenhang mit Erkenntnissen aus Makroätzungsverfahren entwickelten Vorschriften basieren kann, ohne die vorstehend erläuterten Nachteile von Makroätzungsverfahren in Kauf nehmen zu müssen.

Der integrierte Produktabschnitt kann zumindest teilweise quer oder längs zu einer Bewegungsrichtung, in der das metallische Gießprodukt zu seiner Verarbeitung bzw. Bearbeitung bewegt wird, angeordnet sein. Der integrierte Produktabschnitt kann zweidimensional oder dreidimensional ausgebildet sein.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung wird zur Erzeugung des Ultraschallbildes des integrierten Produktabschnitts wenigstens ein Phased-Array-Ultraschallsensor verwendet. Dies macht eine gezielte Aussendung von Ultraschallwellen unter unterschiedlichen Winkeln möglich. Hierdurch kann die Lage und Formgebung eines Materialfehlers des integrierten Produktabschnitts sehr genau erfasst werden. Zur Erzeugung des Ultraschallbildes des integrierten Produktabschnitts können auch zwei oder mehrere Phased-Array-Ultraschallsensoren verwendet werden. Insbesondere können Phased-Array-Ultraschallsensoren auf unterschiedlichen Seiten des integrierten Produktabschnitts angeordnet sein. Mittels des Phased-Array-Ultraschallsensors und einer geeigneten

Auswertesoftware kann eine räumliche Fehlerverteilung für den gesamten integrierten Produktabschnitt erzeugt werden, die ganz oder in mindestens einer Schnittebene zur Qualitätserfassung herangezogen wird.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird die Fehlerverteilung als zweidimensionale oder dreidimensionale Fehlerverteilung ermittelt. Eine zweidimensionale Fehlerverteilung kann eine Schnittebene des integrierten Produktabschnitts betreffen, so dass ähnlich eines herkömmlichen Makroätzungsverfahrens eine ermittelte Fehlerverteilung in einer Schnittebene mit vorgegebenen Fehlerverteilungen vergleichbar ist. Über eine dreidimensionale Fehlerverteilung kann eine statistisch bessere Zuordnung der gegebenen Materialqualität des integrierten Produktabschnitts zu vorgegebenen Qualitätsklassen erfolgen. Der Begriff „Schnittebene“ bezeichnet im Sinne der Erfindung jegliche fiktiv innerhalb des integrierten Produktabschnitts bzw. des metallischen Gießproduktes erzeugte Ebene, durch welche das metallische Gießprodukt fiktiv geschnitten ist, um diejenigen Bereiche des metallischen Gießproduktes betrachten zu können, welche in, an oder auf dieser Schnittebene liegen.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass zur Ermittlung der Fehlerverteilung aus dem Ultraschallbild des integrierten Produktabschnitts eine virtuelle Schnittebene des integrierten Produktabschnitts erzeugt wird, wobei die Fehlerverteilung aus in der virtuellen Schnittebene enthaltenen Materialfehlern des integrierten Produktabschnitts ermittelt wird. Hierdurch kann eine Erfassung der jeweiligen Materialqualität des metallischen Gießproduktes anhand der im Zusammenhang mit Makroätzverfahren entwickelten Vorschriften erfolgen, so dass eine allseits anerkannte Qualitätserfassung vorgenommen werden kann. Es können auch zwei oder mehrere Schnittebenen entsprechend erzeugt werden, die parallel zueinander und voneinander beabstandet angeordnet sind, wobei zu jeder Schnittebene eine Fehlerverteilung ermittelt wird. Hierdurch stehen für die Erfassung der Materialqualität des metallischen Gießproduktes mehrere

Fehlerverteilungen zur Verfügung. Gegebenenfalls können die einzelnen Schnittebenen auch windschief oder dergleichen zueinander bzw. zu der Gießrichtung des metallischen Gießproduktes angeordnet sein. Durch mehrere innerhalb des integrierten Produktabschnitts erzeugte Schnittebenen können besonders günstig Tiefeninformationen über den inneren Zustand des integrierten Produktabschnitts gewonnen werden. Dies wäre mit einem Makroätzverfahren nur sehr aufwändig zu bewerkstelligen; und zwar durch mechanische Bearbeitung und wiederholte Ätzung für jede Schnittebene. Mittels der in mehreren Schnittebenen vorhandenen Informationen kann eine dreidimensionale Fehlerverteilung bezüglich innerhalb des integrierten Produktabschnitts vorliegender Materialfehler erzeugt werden. Die Abstände zwischen den einzelnen Schnittebenen können derart gewählt werden, dass eine Erfassung der jeweiligen Materialqualität des metallischen Gießproduktes nicht nur mittels einer oder mehrerer zweidimensionaler Fehlerverteilungen, sondern mittels eines dreidimensionalen Fehlerverteilungsraumvolumens vorgenommen werden kann. Dies kann unter Zuhilfenahme entsprechend weiterentwickelter Vorschriften geschehen, so dass eine übergreifend einheitliche Qualitätserfassung auch hierbei gesichert werden kann. Zweckmäßigerweise sind die beiden äußeren Schnittebenen von mehreren erzeugten Schnittebenen mehr als 5 mm, vorzugsweise 10 mm, voneinander beabstandet innerhalb des integrierten Produktabschnitts angeordnet. Hierdurch können gute Tiefeninformationen bezüglich innerhalb des integrierten Produktabschnitts bzw. des kontinuierlich vergossenen Gießproduktes gegebener Materialfehler erzielt werden. Durch solche Tiefeninformationen kann sichergestellt werden, dass eine gewählte Schnittebene für den integrierten Produktabschnitt bzw. das metallische Gießprodukt repräsentativ und aussagekräftig ist. Dies stellt einen weiteren Vorteil des vorliegenden Verfahrens gegenüber einem Makroätzungsverfahren dar, bei dem eine zufällig hinsichtlich der mechanischen Bearbeitung getroffene Ebene – Oberfläche des Probenstücks – als repräsentative Abbildung der Materialqualität des herausgetrennten Probenstücks angenommen wird. Eine ausreichende Informationsmenge für eine besonders aussagekräftige Qualitätserfassung kann bereits vorliegen, wenn die

beiden äußeren Schnittebenen der erzeugten Schnittebenen weniger als 20 mm, vorzugsweise 10 mm, voneinander beabstandet innerhalb des integrierten Produktabschnitts angeordnet sind.

Es wird des Weiteren als vorteilhaft erachtet, wenn zur Ermittlung der Materialqualität des metallischen Gießproduktes die ermittelte Fehlerverteilung mit vorgegebenen qualitätsspezifischen Kriterien verglichen wird, wobei dem metallischen Gießprodukt diejenige Materialqualität zugeordnet wird, von deren charakteristischem qualitätsspezifischem Kriterium die ermittelte Fehlerverteilung am wenigsten abweicht. Unter Verwendung der vorgegebenen qualitätsspezifischen Kriterien kann eine Qualitätserfassung bzw. Zuordnung des metallischen Gießproduktes zu einer vorgegebenen Qualitätsklasse erfolgen. Ein vorgegebenes qualitätsspezifisches Kriterium kann eine zwei- oder dreidimensionale Fehlerverteilung, insbesondere in Form eines Fehlerverteilungsbildes oder einer Fehlerverteilungsfunktion, umfassen. Jeder möglichen Materialqualität kann wenigstens eine vorgegebene Fehlerverteilung zugeordnet sein.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben einer Anlage zum Herstellen von, insbesondere kontinuierlich vergossenen, metallischen Gießprodukten wird beim Betreiben der Anlage eine jeweilig nach einem Verfahren gemäß einer der vorgenannten Ausgestaltungen oder einer beliebigen Kombination derselben erfasste Materialqualität des metallischen Gießproduktes berücksichtigt.

Mit diesem Verfahren sind die mit Bezug auf das vorgenannte Verfahren genannten Vorteile entsprechend verbunden. Insbesondere ist es mit diesem Verfahren möglich, selbst kleinste Fehlerstellen zu detektieren und hinsichtlich ihrer weiteren Entwicklung und Auswirkung in einem weiterverarbeiteten Halbzeug, welches aus dem metallischen Gießprodukt, beispielsweise durch Walzen, hergestellt werden kann, zu bewerten, noch bevor das metallische

Gießprodukt zu dem jeweiligen Halbzeug weiterverarbeitet worden ist. Hierdurch kann die Gefahr ausgeschlossen oder zumindest signifikant reduziert werden, dass eine zeit- und kostenintensive Weiterverarbeitung eines metallischen Gießproduktes mit unzureichender Materialqualität durchgeführt wird, welche später zu Ausschuss bezüglich des weiterverarbeiteten Halbzeugs führen würde.

Die mittels des Verfahrens zum Erfassen der Materialqualität des metallischen Gießproduktes erzielten Ergebnisse können hinsichtlich einer Prozessoptimierung bei der Herstellung von metallischen Gießprodukten bzw. daraus hergestellten Halbzeugen verwendet werden. Insofern kann anhand der wenigstens einen ermittelten Fehlerverteilung eine entsprechende Prozessoptimierung vorgenommen werden. Hierdurch kann ein Gießprozess unmittelbar an die jeweilig neuesten Erfassungsergebnisse angepasst werden, so dass insbesondere die Herstellung weiterer Mengen eines nicht weiter verwertbaren metallischen Gießproduktes schneller eingestellt werden kann.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung wird die Materialqualität des metallischen Gießproduktes in einer Produktionslinie oder nah an der Produktionslinie erfasst. Das oben beschriebene Verfahren zum Erfassen der Materialqualität eines metallischen Gießproduktes kann somit online während einer Verarbeitung bzw. Bearbeitung des metallischen Gießproduktes vorgenommen werden bzw. alternativ offline durchgeführt werden.

Es ist des Weiteren von Vorteil, wenn das Erfassen der Materialqualität unter Verwendung einer mobilen Einrichtung, insbesondere einer autonomen mobilen Einrichtung, erfolgt.

Das erfindungsgemäße System zum Erfassen einer Materialqualität eines, insbesondere kontinuierlich vergossenen, metallischen Gießproduktes, umfasst:

- wenigstens einen Ultraschallsensor, mit dem wenigstens ein integrierter Produktabschnitt des metallischen Gießproduktes von zumindest einer Seite des integrierten Produktabschnitts aus beschallbar ist;
- wenigstens eine kommunikationstechnisch mit dem Ultraschallsensor verbundene, elektronische Auswertungseinheit, die eingerichtet ist,
- wenigstens ein Ultraschallbild aus Signalen des Ultraschallsensors zu erzeugen,
- wenigstens eine Fehlerverteilung aus in dem Ultraschallbild enthaltenen Materialfehlern des integrierten Produktabschnitts zu ermitteln, und
- die Materialqualität des metallischen Gießproduktes unter Berücksichtigung der ermittelten Fehlerverteilung automatisch zu ermitteln.

Mit dem System sind die oben mit Bezug auf die Verfahren genannten Vorteile entsprechend verbunden. Das System kann auch zwei oder mehrere Ultraschallsensoren aufweisen. Die elektronische Auswertungseinheit kann eine computergestützte Einheit aufweisen, mit der eine automatische Erfassung der Materialqualität des integrierten Produktabschnitts bzw. metallischen Gießproduktes in Abhängigkeit von definierten Qualitätsklassen vorgenommen werden kann. Das System kann so konzipiert sein, dass zur Erzeugung des Ultraschallbildes des integrierten Produktabschnitts entweder der Sensor auf dem ortsfest gehaltenen metallischen Gießprodukt wird, dass das metallische Gießprodukt an dem ortsfest gehaltenen Sensor vorbeigeführt wird oder dass sowohl der Sensor als auch das metallische Gießprodukt bewegt werden. Vorteilhafterweise können hierzu wenigstens ein Roboter und autarke Einrichtungen eingesetzt werden.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass der Ultraschallsensor ein Phased-Array-Ultraschallsensor ist. Mit dieser Ausgestaltung sind die oben mit Bezug auf die entsprechende Ausgestaltung des Verfahrens genannten Vorteile entsprechend verbunden.

Bevorzugt ist der Ultraschallsensor ein elektromagnetischer Sensor („electromagnetic acoustic transducer"; EMAT), ein Laser-Ultraschall-Sensor oder dergleichen. Somit wird die Möglichkeit gegeben, eine Prüfung der Materialqualität des metallischen Gießprodukts auch ohne Koppelmedium durchzuführen und in einer anspruchsvollen Umgebung, u. a. bei wesentlich höheren Temperaturen, zu arbeiten.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die elektronische Auswertungseinheit eingerichtet, zur Ermittlung der Fehlerverteilung aus dem Ultraschallbild des integrierten Produktabschnitts eine virtuelle Schnittebene des integrierten Produktabschnitts zu erzeugen und die Fehlerverteilung aus in der virtuellen Schnittebene enthaltenen Materialfehlern des integrierten Produktabschnitts zu ermitteln. Mit dieser Ausgestaltung sind die oben mit Bezug auf die entsprechende Ausgestaltung des Verfahrens genannten Vorteile entsprechend verbunden. Die elektronische Auswertungseinheit kann eine computergestützte bildverarbeitende Einheit aufweisen, mit der aus dem Ultraschallbild die wenigstens eine Schnittebene durch den integrierten Produktabschnitt erzeugbar ist. Die elektronische Auswertungseinheit kann zudem eine computergestützte Verarbeitungseinheit aufweisen, mit der aus den in der wenigstens einen Schnittebene vorhandenen Informationen wenigstens eine zweidimensionale oder dreidimensionale Fehlerverteilung bezüglich innerhalb des integrierten Produktabschnitts vorliegender Materialfehler ermittelbar ist.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die elektronische Auswertungseinheit eingerichtet, zur Ermittlung der Materialqualität des metallischen Gießproduktes die ermittelte Fehlerverteilung mit vorgegebenen qualitätsspezifischen Kriterien zu vergleichen und dem metallischen Gießprodukt diejenige Materialqualität zuzuordnen, von deren charakteristischem qualitätsspezifischem Kriterium die ermittelte Fehlerverteilung am wenigsten abweicht. Mit dieser Ausgestaltung sind die oben mit Bezug auf die entsprechende Ausgestaltung des Verfahrens genannten Vorteile entsprechend verbunden.

Vorteilhafterweise umfasst das System wenigstens eine mobile Einrichtung, insbesondere eine autonome mobile Einrichtung, mit deren Hilfe die Materialqualität erfassbar ist.

Die erfindungsgemäße Anlage zum Herstellen von, insbesondere kontinuierlich vergossenen, metallischen Gießprodukten umfasst wenigstens ein System nach einer der vorgenannten Ausgestaltungen oder einer beliebigen Kombination derselben und wenigstens eine den Betrieb der Anlage steuernde und/oder regelnde, kommunikationstechnisch mit dem System verbundene Steuer- und/oder Regeleinheit, die eingerichtet ist, beim Betreiben der Anlage eine jeweilig mit dem System erfasste Materialqualität des metallischen Gießproduktes zu berücksichtigen.

Mit der Anlage sind die oben mit Bezug auf die Verfahren bzw. das System genannten Vorteile entsprechend verbunden. Insbesondere kann der Betrieb der Anlage optimiert werden, wenn die jeweilig mit dem System erfasste Materialqualität des metallischen Gießproduktes berücksichtigt wird. Die elektronische Auswertungseinheit des Systems kann durch die Steuer- und/oder Regeleinheit oder separat davon ausgebildet sein.

Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Verfahren zum Überprüfen von Qualitätsparamatern an einem metallurgischen Produkt, bei welchem eine mit Detektorelementen ausgerüstete mobile Einrichtung auf die Oberfläche des metallurgischen Produkts aufgesetzt wird und bei welchem die Qualitätsparameter mittels der Detektorelemente der mobilen Einrichtung überprüft werden, während die Detektorelemente mittels der mobilen Einrichtung über die Oberfläche geführt werden.

Die Erfindung betrifft darüber hinaus eine Vorrichtung zum Überprüfen von Qualitätsparametern an einem metallurgischen Produkt mit Detektorelementen.

Gattungsgemäße Verfahren und Vorrichtungen zum Überprüfen von Qualitätsparametern an metallurgischen Produkten sind aus dem Stand der Technik bereits bekannt, wobei in der Stahlindustrie sich der Trend hinsichtlich der heutigen eingesetzten Prüfverfahren zu möglichst schnellen Prüfvorgängen verlagert. Wenn derartige Prüfverfahren nicht unmittelbar in der Produktionslinie (Inline-Prüfverfahren) durchgeführt werden, so sollten sie doch bevorzugt möglichst nahe an einer derartigen Produktionslinie (Online-Prüfverfahren) stattfinden. Aufgrund der Vielzahl an Innovationen in der modernen Prüftechnik ist es mittlerweile möglich, metallurgische Produkte in ihrer Gesamtheit zu inspizieren, ohne zusätzlich zumeist aufwändig angefertigte Proben mit kleineren Abmessungen nehmen zu müssen. Dabei werden geeignete Prüfsensoren entweder manuell über das metallurgische Produkt geführt, oder solche Prüfsensoren werden unter Vorgaben zur Sensorstartposition und Scanfläche mittels einer Portalkinematik oder mittlerweile auch mittels eines Roboters über das metallurgische Produkt geführt. Manuelle Lösungen haben oftmals jedoch einen sehr hohen Personalbedarf. Ferner können sie unter aggressiveren Umgebungsbedingungen, wie beispielsweise hohen Temperaturen oder dergleichen, bzw. entsprechenden Sicherheitsvorschriften oftmals nicht oder nur unzureichend nahe an der Produktionslinie umgesetzt werden. Allerdings ist dies sehr wünschenswert, um eine Prüfung der metallurgischen Produkte zügiger vornehmen zu können.

Der Erfindung liegt auch die Aufgabe zugrunde, insbesondere gattungsgemäße Verfahren zum Überprüfen von Qualitätsparametern an einem metallurgischen Produkt weiterzuentwickeln.

Die Aufgabe der Erfindung wird von einem Verfahren zum Überprüfen von Qualitätsparametern an einem metallurgischen Produkt gelöst, bei welchem eine mit Detektorelementen ausgerüstete mobile Einrichtung auf die Oberfläche des

metallurgischen Produkts aufgesetzt wird und bei welchem die Qualitätsparamater mittels der Detektorelemente der mobilen Einrichtung überprüft werden, während die Detektorelemente mittels der mobilen Einrichtung über die Oberfläche geführt werden, wobei sich die auf der Oberfläche aufgesetzte mobile Einrichtung bei einer Prüfung unter Umgehung einer Außensteuerung autonom auf dem metallurgischen Produkt bewegt.

Der Begriff „Qualitätsparameter" meint neben Fehlstellen bzw. Fehlerstellen, beispielsweise Innenfehler, auch mechanische Eigenschaften des metallurgischen Produkts, z. B. Eigenspannungen oder Korngrößen. Das Überprüfen von Qualitätsparametern in Form von Fehl(er)stellen meint auch deren Detektion.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann eine Prüfung auf Qualitätsmängel an einem metallurgischen Produkt noch weiter automatisiert werden, wodurch das diesbezügliche Verfahren noch unabhängiger von Personal durchgeführt werden kann.

Bisher mussten gattungsgemäße mobile Einrichtungen durch entsprechende Steuermittel immer manuell bzw. händisch von außerhalb der mobilen Einrichtung gesteuert über das zu untersuchende metallurgische Produkt gefahren bzw. geführt werden, was einen zusätzlichen Personalaufwand erfordert.

Bei einem fest installierten Roboter sind der Personalaufwand zwar minimiert, der Einsatzort jedoch fest definiert und die Kosten sehr hoch.

Insofern ist mit der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen, die Prüfung mithilfe einer einfachen Einrichtung durchzuführen, welche autonom, also unter Umgehung einer von außen manuellen bzw. händischen Steuerung, und mobil, also nicht fest installiert, auf dem metallurgischen Produkt erfolgt.

Der Begriff „Prüfungsreise“ beschreibt im Sinne der Erfindung diejenige Route, welche die mobile Einrichtung auf der Oberfläche des metallurgischen Produkts zurücklegt, während sie gleichzeitig Qualitätsparameter des metallurgischen Produkts überprüft.

Beispielsweise werden zur Prüfung von Qualitätsparametern (wie Innenfehlerprüfung, Bestimmung von mechanischen Eigenschaften etc.) vorliegend Ultraschallsensorelemente, wie etwa EMAT-Sensorelemente, Piezo-Sensorelemente oder ähnliche, oder elektromagnetisch arbeitende Sensorelemente, welche auf Grundlage von Wirbelstrom- oder Restmagnetisierungs-Effekten oder dergleichen arbeiten, eingesetzt.

Bei dem metallurgischen Produkt handelt es sich beispielsweise um ein mittels eines Stranggießverfahrens hergestelltes Halbzeug. Beispielsweise ist es ein gegossenes und/oder gewalztes metallurgischen Produkt, wie etwa eine Bramme, ein Blech oder dergleichen.

Die Aufgabe der Erfindung wird dementsprechend auch von einer Vorrichtung zum Überprüfen von Qualitätsparametern an einem metallurgischen Produkt mit Detektorelementen gelöst, wobei die Vorrichtung eine sich auf der Oberfläche des metallurgischen Produkts autonom bewegende mobile Einrichtung umfasst.

Mittels der vorliegenden Vorrichtung kann das erfindungsgemäße Verfahren besonders vorteilhaft durchgeführt werden, da sich die mobile Einrichtung autonom auf dem metallurgischen Produkt bewegen kann.

Beispielsweise wird die mobile Einrichtung mittels einer Hebeeinrichtung der vorliegenden Vorrichtung auf die Oberfläche des metallurgischen Produkts abgesetzt, wobei sich die mobile Einrichtung nach dem Kappen jeglicher Verbindung zu der Hebeeinrichtung einerseits und zu anderen Komponenten der

Vorrichtung andererseits selbstständig auf dem metallurgischen Produkt bewegen kann.

Es versteht sich, dass diese mobile Einrichtung, beispielsweise als Roboter oder dergleichen, unterschiedlichst ausgeführt sein kann. Beispielsweise umfasst die mobile Einrichtung an einem Chassis aufgehängte Radelemente oder dergleichen, um sich auf der Oberfläche des metallurgischen Produkts kontaktbehaftet fortbewegen bzw. fahren zu können.

Alternativ könnte sich diese mobile Einrichtung aber auch kontaktlos gegenüber dem metallurgischen Produkt bewegen, etwa mittels eines durch die mobile Einrichtung erzeugten Luftpolsters, wenn die mobile Einrichtung entsprechend ausgestaltet ist.

Jedenfalls ist es vorteilhaft, wenn die mobile Einrichtung derart ausgestaltet ist, dass sie sich autonom auf dem metallurgischen Produkt bewegen kann.

Eine bevorzugte Verfahrensvariante sieht insofern vor, dass sich die auf der Oberfläche aufgesetzte mobile Einrichtung bei der Prüfungsreise unter Umgehung einer manuellen Außensteuerung autonom auf dem metallurgischen Produkt bewegt.

Darüber hinaus ist es vorteilhaft, wenn die Oberflächendimension des metallurgischen Produkts durch Sensorelemente der mobilen Einrichtung eigenständig derart erfasst wird, dass sich die mobile Einrichtung bei der Prüfungsreise absturzsicher auf dieser Oberfläche bewegt.

Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn die Ränder des metallurgischen Produkts durch entsprechend ausgestaltete Sensoren der auf der Oberfläche des metallurgischen Produkts abgesetzten mobilen Einrichtung erfasst werden, um die

mobile Einrichtung betriebssicher innerhalb der Metallproduktgrenzen auf der Oberfläche zu bewegen.

Deshalb ist es vorteilhaft, wenn eine Erkennung von Ecken und/oder Kanten des metallurgischen Produkts durch die mobile Einrichtung automatisch erfolgt. Dies ist insbesondere vor und/oder während einer Prüfungsreise vorteilhaft. Werden diesbezügliche Ecken und/oder Kanten insbesondere vor der eigentlichen Prüfungsreise erkannt, kann die Oberflächendimension des metallurgischen Produkts autonom durch die mobile Einrichtung erkannt werden, wodurch eine Startposition eigenständig durch die mobile Einrichtung festgelegt werden kann.

Die Grenzen des zu prüfenden metallurgischen Produkts werden durch die in die mobile Einrichtung integrierten Sensorelemente automatisch erkannt und die mobile Eirichtung wird dementsprechend sicher auf der Objektfläche navigiert.

Der Begriff „Navigation“ beschreibt im Sinne der Erfindung ein zielgerichtetes Steuern der mobilen Einrichtung an der Oberfläche des metallurgischen Produkts, insbesondere von einer zuvor festgelegten Startposition ausgehend. Anschließend wird die mobile Einrichtung mittels einer gewünschten Route über das metallurgische Produkt navigiert. Gegebenenfalls wird hierzu noch eine Zielposition festgelegt.

Eine besonders vorteilhafte Verfahrensvariante sieht somit auch vor, dass die auf der Oberfläche aufgesetzte mobile Einrichtung autonom auf dieser Oberfläche navigiert. Vorteilhafterweise erfasst die vorliegende mobile Einrichtung die Oberflächenabmessungen des zu untersuchenden metallurgischen Produkts, welches die mobile Einrichtung abfährt, derart selbstständig, dass sich die mobile Einrichtung auf dem metallurgischen Produkt nicht nur autonom fortbewegt, sondern vor allen Dingen auch zielgerichtet orientiert.

Es versteht sich, dass eine Navigation durch die mobile Einrichtung unterschiedlich erfolgen kann, beispielsweise mithilfe einer computergestützten Navigationseinheit, welche der mobilen Einrichtung zugehörig ist.

Insofern ist es vorteilhaft, wenn die mobile Einrichtung eine derartige Navigationseinheit umfasst.

Darüber hinaus ist es vorteilhaft, wenn die Vorrichtung eine Seilzugsensoreinheit und/oder eine Lasertriangulationseinheit, oder dergleichen umfasst, mittels welcher eine autonome Positionierung und/oder Navigation der mobilen Einrichtung auf der Oberfläche des metallurgischen Produkts durchführbar ist.

Es sind auch andere Positionierungs- und Navigationsverfahren möglich. Auch Kombinationen hieraus können vorteilhaft sein.

Ferner ist es vorteilhaft, wenn eine gröbere Positionierung der mobilen Einrichtung auf dem metallurgischen Produkt mittels wenigstens einer oberhalb der Oberfläche des metallurgischen Produkts angeordneten und auf elektromagnetischen Wellen basierender Einrichtung und mittels eines auf der mobilen Einrichtung angeordneten Markers erfolgt.

Mittels der oberhalb der Oberfläche angeordneten und auf elektromagnetischen Wellen basierender Einrichtung kann ein an der mobilen Einrichtung angebrachter erkennbarer Marker erkannt werden, wodurch die Position der mobilen Einrichtung auf der Oberfläche bestimmbar ist.

Zweckmäßigerweise zeichnet sich der Marker durch eine geeignete Geometrie aus, mittels welcher zusätzliche die Orientierung der mobilen Einrichtung auf der Oberfläche eindeutig bestimmt werden kann. Hierdurch kann die Navigation der mobilen Einrichtung auf dem metallurgischen Produkt zumindest unterstützt werden.

Beispielsweise ist die optische Einrichtung als Kamera ausgebildet. Es versteht sich, dass anstelle der optischen Einrichtung auch eine anders arbeitende Einrichtung vorgesehen werden kann, mittels welcher beispielsweise ein elektromagnetischer Marker oder dergleichen erkennbar ist.

Besonders zweckmäßig ist es, wenn eine feinere Positionierung der mobilen Einrichtung auf dem metallurgischen Produkt mittels wenigstens eines an der mobilen Einrichtung angeordneten „Sensors zur Erkennung der Oberflächenstruktur und deren relativen Änderung in Bezug auf die Sensorposition bei Bewegung des Sensors“ erfolgt. Hierdurch kann eine Navigation der mobilen Einrichtung nochmals präzisiert werden.

Wird ein Startpunkt der Prüfungsreise von der mobilen Einrichtung automatisch erkannt, vorgegeben und/oder markiert, kann das vorliegende Verfahren nochmals vereinfacht werden, da die mobile Einrichtung lediglich nur noch auf die Oberfläche des metallurgischen Produkts abgesetzt werden muss.

Das vorliegende Verfahren kann weiter verbessert werden, wenn eine autonome Navigation der mobilen Einrichtung auf der Oberfläche des Metallprodukts autark erfolgt.

Beispielsweise steuert die mobile Einrichtung hierzu die Startposition einer Prüfungsreise autonom an. Anschließend startet die Prüfungsreise bevorzugt autonom.

Um das Produkt möglichst komplett im Hinblick auf Qualitätsparameter untersuchen zu können, ist es vorteilhaft, wenn die mobile Einrichtung als Startposition einen Eckbereich des metallischen Produkts autonom ansteuert und erst anschließend die Qualitätsparameterprüfung autonom startet.

Qualitätsparameter können an dem metallurgischen Produkt präzise überprüft und lokalisiert werden, wenn die mobile Einrichtung ausgehend von der autonom angesteuerten Startposition die Oberfläche des metallischen Produkts zeilenweise und/oder spaltenweise abfährt, um Qualitätsparameter zu überprüfen.

Für eine autarke Navigation verfügt die mobile Einrichtung insbesondere über eine eigene elektrische Energieversorgung, etwa einen Akkumulators oder dergleichen. Insofern sieht eine vorteilhafte Ausführungsvariante insbesondere zur Selbstversorgung eines Antriebs und einer Sensorik der mobilen Einrichtung mit elektrischer Energie vor, dass die mobile Einrichtung einen Akkumulator zur autarken Energieversorgung umfasst.

Es ist kumulativ oder alternativ auch möglich, dass eine entsprechende Energieversorgung der mobilen Einrichtung bei entsprechender Ausgestaltung auch kabelgebunden erfolgen kann.

Des Weiteren ist es vorteilhaft, wenn die mobile Einrichtung eine Datenübertragungseinheit und/oder eine Datenempfangseinheit umfasst.

Die Datenübertragungseinheit und/oder Datenempfangseinheit können bei entsprechender Ausgestaltung der mobilen Einrichtung vorliegend durch unterschiedlichste Funkschnittstellen bereitgestellt werden.

Kumulativ oder alternativ ist es auch möglich, dass ein Empfangen und/oder ein Senden von Daten bei entsprechender Ausgestaltung der mobilen Einrichtung auch kabelgebunden erfolgen kann.

Zudem ist es vorteilhaft, wenn die mobile Einrichtung einen eigenen Antrieb oder zumindest einen Antrieb, welcher autonom von der mobilen Einrichtung betätigbar ist, umfasst, um sich eigenständig, also autonom, auf der Oberfläche des metallurgischen Produkts bewegen zu können.

Darüber kann die Prüfung des metallurgischen Produkts vorteilhaft ergänzt werden, wenn mittels der mobilen Einrichtung die mechanischen Eigenschaften und/oder die Eigenspannungsverteilung an bzw. in dem metallurgischen Produkt geprüft werden.

Ferner ist es vorteilhaft, wenn die mobile Einrichtung Anschlüsse zur Zufuhr von Betriebsmedien aufweist.

Beispielsweise verfügt die Einrichtung über einen Pressluftanschluss, z. B. wenn die mobile Einrichtung oder Sensorelemente oder dergleichen hiervon auf einem Luftpolster über die Oberfläche gleiten sollen.

Die mobile Einrichtung kann beispielsweise auch über einen Wasseranschluss verfügen, um beispielsweise den Einsatz von Piezo-Ultraschallsensoren gut zu ermöglichen.

Das vorliegende Verfahren und auch die vorliegende Vorrichtung mit der mobilen Einrichtung bieten allgemein den Vorteil, dass insbesondere die mobile Einrichtung zu einem speziellen Ort bzw. Prüfstandort ungebunden eingesetzt werden kann.

Zudem kann die mobile Einrichtung insbesondere aufgrund der autonomen Navigation auch unabhängig von der Geometrie des zu prüfenden metallurgischen Produkts eingesetzt werden, solange die Oberfläche des metallurgischen Produkts derart eben ist, dass sich die mobile Einrichtung darauf bewegen kann.

Im Folgenden wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die anliegenden Figuren anhand von bevorzugten Ausführungsformen beispielhaft erläutert, wobei die nachfolgend dargestellten Merkmale sowohl jeweils für sich genommen als auch

in verschiedener Kombination miteinander einen Aspekt der Erfindung darstellen können. Es zeigen

Figur 1: eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes System,

Figur 2: eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels für ein metallisches Gießprodukt mit drei integrierten Produktabschnitten und

Figur 3: einen beispielhaften Verfahrensablauf eines Verfahrens zum Überprüfen von Qualitätsparametern an einem metallurgischen Produkt.

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes System 1 zum Erfassen einer Materialqualität eines kontinuierlich vergossenen, metallischen Gießproduktes 2.

Das System 1 umfasst einen Ultraschallsensor 3 in Form eines Phased-Array-Ultraschallsensors, mit dem wenigstens ein integrierter Produktabschnitt 4 des metallischen Gießproduktes 2 von einer Seite des integrierten Produktabschnitts 4 aus beschallbar ist.

Des Weiteren umfasst das System 1 eine kommunikationstechnisch mit dem Ultraschallsensor 3 verbundene, elektronische Auswertungseinheit 5, die eingerichtet ist, wenigstens ein Ultraschallbild aus Signalen des Ultraschallsensors zu erzeugen, wenigstens eine Fehlerverteilung aus in dem Ultraschallbild enthaltenen Materialfehlern des integrierten Produktabschnitts 4 zu ermitteln, und die Materialqualität des metallischen Gießproduktes 2 unter Berücksichtigung der ermittelten Fehlerverteilung zu ermitteln. Die elektronische Auswertungseinheit 5 ist des Weiteren eingerichtet, zur Ermittlung der Fehlerverteilung aus dem Ultraschallbild des integrierten Produktabschnitts 4 eine virtuelle Schnittebene des integrierten Produktabschnitts 4 zu erzeugen und die Fehlerverteilung aus in der

virtuellen Schnittebene enthaltenen Materialfehlern des integrierten Produktabschnitts 4 zu ermitteln. Ferner ist die elektronische Auswertungseinheit 5 eingerichtet, zur Ermittlung der Materialqualität des metallischen Gießproduktes 2 die ermittelte Fehlerverteilung mit vorgegebenen qualitätsspezifischen Kriterien zu vergleichen und dem metallischen Gießprodukt 2 diejenige Materialqualität zuzuordnen, von deren charakteristischem qualitätsspezifischem Kriterium die ermittelte Fehlerverteilung am wenigsten abweicht.

Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels für ein metallisches Gießprodukt 2 mit drei integrierten Produktabschnitten 4, die quer zur Bewegungsrichtung des metallischen Gießproduktes 2 angeordnet und dreidimensional ausgebildet sind.

In Figur 3 ist beispielhaft ein Verfahrensablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Überprüfen von Qualitätsparametern an einem metallurgischen Produkt dargestellt und beschrieben.

In der Zeichnung zeigt die einzige Figur schematisch eine Draufsicht auf die Oberfläche eines metallurgischen Produkts mit einer angedeuteten Route für eine Reise einer auf die Oberfläche aufgesetzten mobilen Einrichtung zur Überprüfung von Qualitätsparametern des Produktes.

Gemäß der Darstellung nach der einzigen Figur ist lediglich schematisch eine mobile Einrichtung 101 einer Vorrichtung (nicht gesondert beziffert) zum Detektieren von Fehlstellen 102 (nur beispielhaft beziffert) an einem gegossenen und gewalzten metallurgischen Produkt 103 in Gestalt einer Bramme 104 gezeigt, wobei diese mobile Einrichtung 101 bereits durch eine nicht gezeigte Hebeeinrichtung der Vorrichtung auf der Oberfläche 105 des metallurgischen Produkts 103 abgesetzt ist.

Mittels der mobilen Einrichtung 101 kann das erfindungsgemäße Verfahren zum Detektieren der Fehlstellen 102 an dem metallurgischen Produkt 103 vorgenommen werden, bei welchem die mit Fehlstellen-Detektorelementen 106 ausgerüstete mobile Einrichtung 101 auf die Oberfläche 105 des metallurgischen Produkts 103 aufgesetzt wird und bei welchem die Fehlstellen 102 mittels der Fehlstellen-Detektorelemente 106 der mobilen Einrichtung 101 detektiert werden, während die Fehlstellen-Detektorelemente 106 mittels der mobile Einrichtung 101 über die Oberfläche 105 geführt werden, wobei sich das erfindungsgemäße Verfahren speziell dadurch auszeichnet, dass sich die auf der Oberfläche 105 aufgesetzte mobile Einrichtung 101 bei einer Fehlerstellensuchreise unter Umgehung einer Außensteuerung autonom auf dem metallurgischen Produkt 103 bewegt und hierbei autonom auf der Oberfläche 105 navigiert.

Zum betriebssicheren autonomen Bewegen und Navigieren der mobilen Einrichtung 101 auf der Oberfläche 105 verfügt die mobile Einrichtung 101 auch über Sensorelemente 107, mittels welchen die Oberflächendimension des metallurgischen Produkts 103 erfasst werden können.

Insbesondere können mittels dieser Sensorelemente 107 auch die Ecken 108 (nur exemplarische beziffert) und die Kanten 109 (nur exemplarische beziffert) des metallurgischen Produkts 103 erkannt werden.

Eine gröbere Positionierung der mobilen Einrichtung 101 auf dem metallurgischen Produkt 103 erfolgt vorliegend mittels wenigstens einer oberhalb der Oberfläche 105 angeordneten und auf elektromagnetischen Wellen basierenden Einrichtung 110 der Vorrichtung und mittels einem auf der mobilen Einrichtung 101 angeordneten Marker 111, dessen räumliche Ausrichtung von der optischen Einrichtung 110 gelesen werden kann.

Beispielsweise kann die mobile Einrichtung 101 mithilfe der auf elektromagnetischen Wellen basierenden Einrichtung 110 und dem auf der

mobilen Einrichtung 101 entsprechend ausgestalteten Marker 111 autonom in eine Startposition 112 navigiert werden, von welcher aus die Fehlerstellensuchreise autonom startet.

Diese Startposition 112 befindet sich in diesem Ausführungsbeispiel in einem Eckbereich 113 des metallurgischen Produkts 103.

Eine feinere Positionierung der mobilen Einrichtung 101 gegenüber dem metallurgischen Produkt 103 erfolgt mittels wenigstens eines an der mobilen Einrichtung 101 angeordneten Sensors zur Erkennung der Oberflächenstruktur.

Zum autonomen Navigieren der mobilen Einrichtung 101 verfügt diese noch über eine Steuer- und/oder Regeleinheit 115, mithilfe welcher sie in die Startposition 112 und anschließend auch während der Prüfungsreise autonom navigiert werden kann.

Hierzu startet die mobile Einrichtung 101 ausgehend von der autonom angesteuerten Startposition 112 und fährt die Oberfläche 105 des metallischen Produkts 103 zeilenweise gemäß der Zeilen 116, 117 usw. autonom ab, um die Fehlstellen 102 zu detektieren.

Ferner zeichnet sich die mobile Einrichtung 101 noch durch einen nicht gezeigten Akkumulator zur autarken Energieversorgung sowie durch eine nicht gezeigte Datenübertragungseinheit sowie eine ebenfalls nicht gezeigte Datenempfangseinheit aus.

Die mobile Einrichtung 101 verfügt darüber hinaus hierbei über ein nicht gezeigtes Fahrwerk mit Rädern, von welchem wenigstens eines der Räder durch eine Lenkeinheit der mobilen Einrichtung 101 lenkbar und wenigstens eines der Räder durch eine Antriebseinheit der mobilen Einrichtung 101 antreibbar ist.

Insbesondere die Antriebseinheit und die Lenkeinheit werden hierbei durch die Steuer- und/oder Regeleinheit 115 der mobilen Einrichtung 101 derart gesteuert bzw. geregelt, dass sich die mobile Einrichtung 101 autonom auf der Oberfläche bewegen kann.

Es versteht sich, dass es sich bei dem vorstehend erläuterten Ausführungsbeispiel lediglich um eine erste Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens und der diesbezüglichen Vorrichtung zum Durchführen dieses Verfahrens handelt. Insofern beschränkt sich die Ausgestaltung der Erfindung nicht auf dieses Ausführungsbeispiel.

Sämtliche in den Anmeldungsunterlagen offenbarten Merkmale werden als erfindungswesentlich beansprucht, sofern sie einzeln oder in Kombination gegenüber dem Stand der Technik neu sind.

Bezugszeichenliste

1	System
2	Gießprodukt
3	Ultraschallsensor
4	Produktabschnitt
5	Auswertungseinheit
101	mobile Einrichtung
102	Qualitätsparameter
103	metallurgisches Produkt
104	Bramme
105	Oberfläche
106	Detektorelemente
107	Sensorelemente
108	Ecken
109	Kanten
110	optische Einrichtung
111	Marker
112	Startposition
113	Eckbereich
114	Beschleunigungssensor
115	Steuer- und/oder Regeleinheit
116	erste Zeile
117	weitere Zeile

Ansprüche

1. Verfahren zum Erfassen einer Materialqualität eines, insbesondere kontinuierlich vergossenen, metallischen Gießproduktes (2), aufweisend die Schritte:

- Erzeugen von wenigstens einem Ultraschallbild von wenigstens einem integrierten Produktabschnitt (4) des metallischen Gießproduktes (2) unter Verwendung von Ultraschall;
- Ermitteln von wenigstens einer Fehlerverteilung aus in dem Ultraschallbild enthaltenen Materialfehlern des integrierten Produktabschnitts (4); und
- Automatisiertes Ermitteln der Materialqualität des metallischen Gießproduktes (2) unter Berücksichtigung der ermittelten Fehlerverteilung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung des Ultraschallbildes des integrierten Produktabschnitts (4) wenigstens ein Phased-Array-Ultraschallsensor (3) verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Fehlerverteilung als zweidimensionale oder dreidimensionale Fehlerverteilung ermittelt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung der Fehlerverteilung aus dem Ultraschallbild des integrierten Produktabschnitts (4) eine virtuelle Schnittebene des integrierten Produktabschnitts (4) erzeugt wird, wobei die Fehlerverteilung aus in der virtuellen Schnittebene enthaltenen Materialfehlern des integrierten Produktabschnitts (4) ermittelt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung der Materialqualität des metallischen Gießproduktes (2) die ermittelte Fehlerverteilung mit vorgegebenen qualitätsspezifischen Kriterien verglichen wird, wobei dem metallischen Gießprodukt (2) diejenige Materialqualität zugeordnet wird, von deren charakteristischem qualitätsspezifischem Kriterium die ermittelte Fehlerverteilung am wenigsten abweicht.

6. Verfahren zum Betreiben einer Anlage zum Herstellen von, insbesondere kontinuierlich vergossenen, metallischen Gießprodukten (2), dadurch gekennzeichnet, dass beim Betreiben der Anlage eine jeweilig nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5 erfasste Materialqualität des metallischen Gießproduktes (2) berücksichtigt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Materialqualität des metallischen Gießproduktes (2) in einer Produktionslinie oder nah an der Produktionslinie erfasst wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Erfassen der Materialqualität unter Verwendung einer mobilen Einrichtung (101), insbesondere einer autonomen mobilen Einrichtung (101), erfolgt.

9. System (1) zum Erfassen einer Materialqualität eines, insbesondere kontinuierlich vergossenen, metallischen Gießproduktes (2), aufweisend:
   - wenigstens einen Ultraschallsensor (3), mit dem wenigstens ein integrierter Produktabschnitt (4) des metallischen Gießproduktes (2) von zumindest einer Seite des integrierten Produktabschnitts (4) aus beschallbar ist;

- wenigstens eine kommunikationstechnisch mit dem Ultraschallsensor (3) verbundene, elektronische Auswertungseinheit (5), die eingerichtet ist,
- wenigstens ein Ultraschallbild aus Signalen des Ultraschallsensors (3) zu erzeugen,
- wenigstens eine Fehlerverteilung aus in dem Ultraschallbild enthaltenen Materialfehlern des integrierten Produktabschnitts (4) zu ermitteln, und
- die Materialqualität des metallischen Gießproduktes (2) unter Berücksichtigung der ermittelten Fehlerverteilung automatisiert zu ermitteln.

10. System (1) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschallsensor (3) ein Phased-Array-Ultraschallsensor ist.

11. System (1) nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschallsensor (3) ein elektromagnetischer Sensor oder ein Laser-Ultraschall-Sensor ist.

12. System (1) nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die elektronische Auswertungseinheit (5) eingerichtet ist, zur Ermittlung der Fehlerverteilung aus dem Ultraschallbild des integrierten Produktabschnitts (4) eine virtuelle Schnittebene des integrierten Produktabschnitts (4) zu erzeugen und die Fehlerverteilung aus in der virtuellen Schnittebene enthaltenen Materialfehlern des integrierten Produktabschnitts (4) zu ermitteln.

13. System (1) nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die elektronische Auswertungseinheit (5) eingerichtet ist, zur Ermittlung der Materialqualität des metallischen Gießproduktes (2) die ermittelte Fehlerverteilung mit vorgegebenen qualitätsspezifischen Kriterien zu vergleichen und dem metallischen Gießprodukt (2) diejenige Materialqualität

zuzuordnen, von deren charakteristischem qualitätsspezifischem Kriterium die ermittelte Fehlerverteilung am wenigsten abweicht.

14. System (1) nach einem der Ansprüche 9 bis 13, gekennzeichnet durch wenigstens eine mobile Einrichtung (101), insbesondere eine autonome mobile Einrichtung (101), mit deren Hilfe die Materialqualität erfassbar ist.

15. Anlage zum Herstellen von, insbesondere kontinuierlich vergossenen, metallischen Gießprodukten (2), gekennzeichnet durch wenigstens ein System (1) nach einem der Ansprüche 9 bis 14 und wenigstens eine den Betrieb der Anlage steuernde und/oder regelnde, kommunikationstechnisch mit dem System (1) verbundene Steuer- und/oder Regeleinheit, die eingerichtet ist, beim Betreiben der Anlage eine jeweilig mit dem System (1) erfasste Materialqualität des metallischen Gießproduktes (2) zu berücksichtigen.

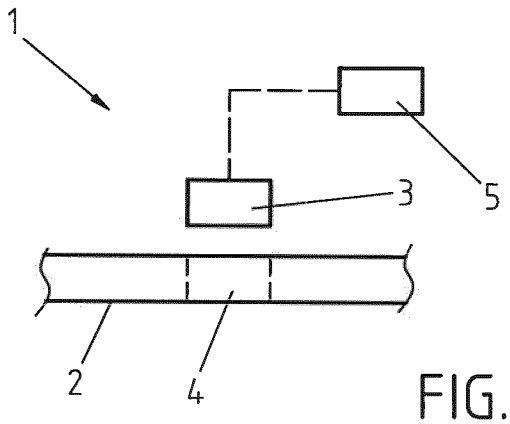

FIG.1

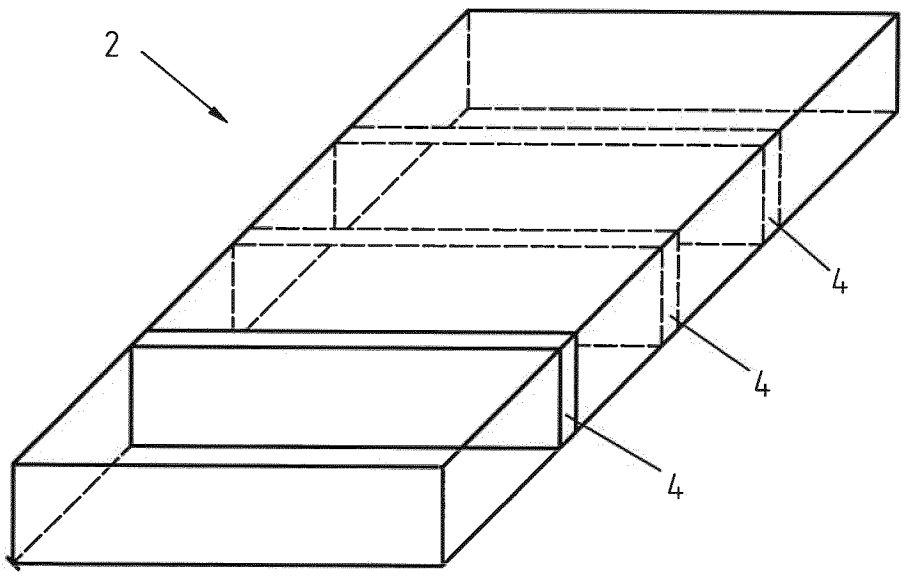

FIG.2

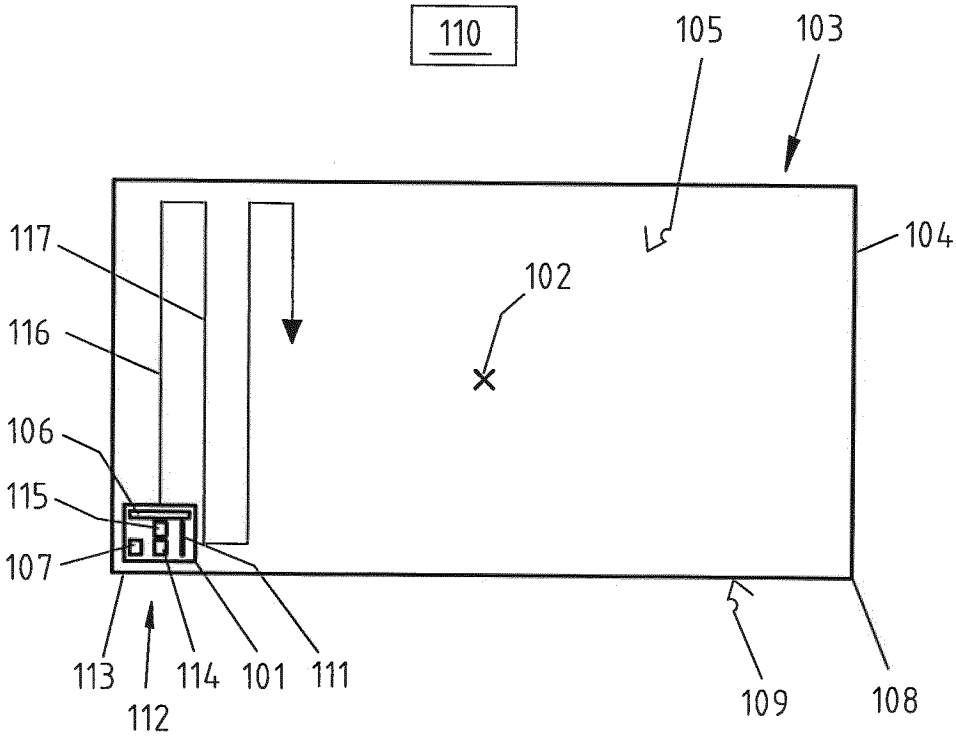
110
105
103
104
102
117
116
106
115
107
113
112
114
101
111
109
108

FIG.3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/070681

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01N29/04 G01N29/06 G01N29/26
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 practicable, 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 Y	JP S62 9759 A (SUMITOMO METAL IND) 17 January 1987 (1987-01-17) abstract figures 1-3	1-10, 12-15 11

X Y	JP 2004 045095 A (SANYO SPECIAL STEEL CO LTD) 12 February 2004 (2004-02-12) abstract paragraph [0040] figures 1, 2	1-10, 12-15 11

X Y	CN 102 495 133 A (UNIV BEIJING SCIENCE & TECH) 13 June 2012 (2012-06-13) the whole document	1-10, 12-15 11

	-/--	

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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 application or patent 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	Date of mailing of the international search report
8 December 2015	17/12/2015

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Rouault, Patrick

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/070681

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 202 343 902 U (ZHIHENG TIAN) 25 July 2012 (2012-07-25) claim 1 figure 7	11
X,P	WO 2015/071018 A1 (SMS SIEMAG AG [DE]) 21 May 2015 (2015-05-21) the whole document	1-15

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2015/070681

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP S629759 A	17-01-1987	NONE	
JP 2004045095 A	12-02-2004	JP 4291552 B2	08-07-2009
		JP 2004045095 A	12-02-2004
CN 102495133 A	13-06-2012	NONE	
CN 202343902 U	25-07-2012	NONE	
WO 2015071018 A1	21-05-2015	DE 102013223083 A1	13-05-2015
		WO 2015071018 A1	21-05-2015

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2015/070681

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01N29/04 G01N29/06 G01N29/26
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 Y	JP S62 9759 A (SUMITOMO METAL IND) 17. Januar 1987 (1987-01-17) Zusammenfassung Abbildungen 1-3	1-10, 12-15 11
X Y	JP 2004 045095 A (SANYO SPECIAL STEEL CO LTD) 12. Februar 2004 (2004-02-12) Zusammenfassung Absatz [0040] Abbildungen 1, 2	1-10, 12-15 11
X Y	CN 102 495 133 A (UNIV BEIJING SCIENCE & TECH) 13. Juni 2012 (2012-06-13) das ganze Dokument	1-10, 12-15 11

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
8. Dezember 2015	17/12/2015

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Rouault, Patrick

1

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	CN 202 343 902 U (ZHIHENG TIAN) 25. Juli 2012 (2012-07-25) Anspruch 1 Abbildung 7 -----	11
X,P	WO 2015/071018 A1 (SMS SIEMAG AG [DE]) 21. Mai 2015 (2015-05-21) das ganze Dokument -----	1-15

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2015/070681

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP S629759 A	17-01-1987	KEINE	
JP 2004045095 A	12-02-2004	JP 4291552 B2	08-07-2009
		JP 2004045095 A	12-02-2004
CN 102495133 A	13-06-2012	KEINE	
CN 202343902 U	25-07-2012	KEINE	
WO 2015071018 A1	21-05-2015	DE 102013223083 A1	13-05-2015
		WO 2015071018 A1	21-05-2015