



(10) **DE 10 2018 114 578 A1** 2019.12.19

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 114 578.0**

(22) Anmeldetag: **18.06.2018**

(43) Offenlegungstag: **19.12.2019**

(51) Int Cl.: **G01N 22/00** (2006.01)

G01N 33/44 (2006.01)

B29C 70/54 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Bremer Institut für Produktion und Logistik
GmbH, 28359 Bremen, DE; Faserinstitut
Bremen e.V., 28359 Bremen, DE; Haindl
Kunststoffverarbeitung GmbH, 28777 Bremen,
DE; tagltron GmbH, 33154 Salzkotten, DE**

(72) Erfinder:

**Koerdts, Michael, Dr.-Ing., 28357 Bremen, DE;
Kroczyński, Stefan, Dipl.-Ing., 28755 Bremen, DE;
Veigt, Marius, Dipl.-Wi.-Ing., 28201 Bremen, DE;
Wendisch, Karl Heinz, 33154 Salzkotten, DE**

(74) Vertreter:

**ZACCO Patentanwalts- und
Rechtsanwaltsgesellschaft mbH, 28195 Bremen,
DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

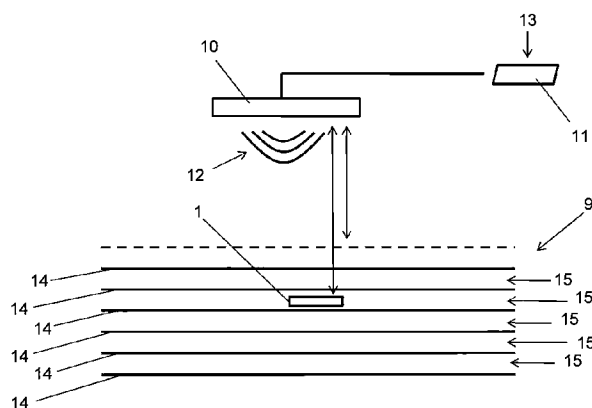
DE	10 2007 014 696	B3
DE	10 2011 053 921	B4
DE	198 05 584	A1
DE	10 2016 118 868	A1
FR	2 996 916	A1
US	9 494 559	B2
EP	2 975 389	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines Faserverbundbauteils bei gleichzeitiger Erfassung wenigstens einer Materialeigenschaft des Faserverbundbauteils**

(57) Zusammenfassung: Beschrieben werden ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Herstellung eines Faserverbundbauteils (9) mit gleichzeitiger Erfassung wenigstens einer Materialeigenschaft des Faserverbundbauteils (9), wobei in das herzustellende Faserverbundbauteil (9) wenigstens ein RFID-Transponder (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) eingebracht wird und ein Signal (12) eines zwischen dem RFID-Transponder (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) und einem RFID-Lesegerät (11) ausgetauschten Signals (12) von einer Auswerteeinheit (13) zur Bestimmung der Materialeigenschaft ausgewertet wird. Die beschriebene Lösung zeichnet sich dadurch aus, dass die Auswerteeinheit (13) die Materialeigenschaft unter Zugrundelegung einer Eigenschaft und/oder einer Eigenschaftsänderung des vom RFID-Transponder zur Antenne (10) des RFID-Lesegeräts (11) übertragenen Signals (12) und/oder unter Zugrundelegung der Phase des zwischen dem RFID-Transponder (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) und der Antenne (10) des RFID-Lesegeräts (11) ausgetauschten Signals und einer Sendeleistung des RFID-Lesegeräts (11) bestimmt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Herstellung eines Faserverbundbauteils bei gleichzeitiger Erfassung wenigstens einer Materialeigenschaft des Faserverbundbauteils.

[0002] Wesentlich hierbei ist, dass während der Herstellung des Faserverbundbauteils eine Materialeigenschaft, insbesondere ein Aushärtegrad oder die Fließfront eines Harz-Härter-Gemisches, in situ erfasst wird und so eine Aussage über den Herstellungsfortschritt gemacht werden kann.

[0003] In den vergangenen Jahren ist der Bedarf an Faserverbundbauteilen, die sich durch hohe Festigkeit bei gleichzeitig geringem Gewicht auszeichnen, stetig gestiegen. Derartige Bauteile verfügen über Glasfasern oder Kohlenstofffasern, auch Carbonfasern genannt, die in einer Matrix aus Kunstharz eingebettet sind. Insbesondere kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe (CFK) werden für viele Anwendungen in Flugzeugen, Automobilen und Windkraftanlagen eingesetzt. Ein Problem dieser Bauteile besteht darin, dass die Fertigungskosten vergleichsweise hoch sind, wobei insbesondere der Einsatz eines Autoklaven, der während des Aushärtens dieser Bauteile zum Einsatz kommt, hohe Kosten verursacht.

[0004] Insgesamt ist es daher sowohl prozesstechnisch als auch wirtschaftlich interessant, den Herstellungsprozess, und hier insbesondere die Prozessierung der Bauteile im Autoklaven, zu optimieren bzw. auf die hierfür tatsächlich erforderliche Zeit zu verkürzen.

[0005] Generell sind technische Lösungen bekannt, mit denen bei der Herstellung von Faserverbundbauteilen der Aushärtegrad in situ bestimmt wird, wobei in der Regel kabelgebundene Sensoren verwendet werden, die nicht im Bauteil verbleiben können, da dies die mechanischen Eigenschaften des Bauteils stören würde.

[0006] In diesem Zusammenhang ist aus der Druckschrift DE 10 2009 056 895 A1 ein Verfahren zur Herstellung von Faserverbundbauteilen bekannt, bei dem eine Messwerterfassung im Bauteilinneren realisiert wird. Hierzu ist wenigstens ein Mikrosensor zwischen den Faserlagen des Bauteils angeordnet, der während des Herstellprozesses Messdaten übermittelt, wobei die Energieübertragung sowie der Datentransfer wahlweise drahtgebunden oder drahtlos erfolgt. Mithilfe der beschriebenen Sensoren werden während des Herstellungsprozesses des Bauteils Größen, wie Temperatur, Matrixvernetzungsgrad, Steifigkeit oder Dämpfungsverhalten erfasst.

[0007] Aus der US 4,455,268 ist ferner ein Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundbauteils be-

kannt, bei dem während des Aushärteprozesses im Autoklaven mithilfe geeigneter Sensoren der Druck und die Temperatur erfasst werden. Basierend auf den gemessenen Werten werden der Aushärtegrad bestimmt und die Prozessparameter im Autoklaven geregelt.

[0008] Ferner ist aus „Jannis Groh et al., Wireless Chipless Cure Monitoring Sensor for Fibrereinforced Plastics, ISBN 978-1-5090-6360-4, IEEE 2017“ ein Verfahren zur Bestimmung des Aushärtegrades von Faserverbundbauteilen bei deren Herstellung bekannt, bei dem RFID-Transponder (RFID: Radio-Frequency identification) in das herzustellende Bauteil eingebettet werden und in diesem nach Beendigung der Herstellung verbleiben. Die verwendeten RFID-Transponder werden als SIW-Bauteile (Substrate Integrated Waveguide) ausgeführt, wobei es sich um sogenannte passive Transponder handelt, die nicht mit einem Chip, der beispielsweise eine Datenauswertung durchführt, kombiniert sind. Die beschriebenen RFID-Transponder verfügen über zwei Antennen, mit denen eine Ermittlung der Temperatur und der Permittivität des Bauteils auf der Grundlage einer Erfassung von Resonanzfrequenzen der Antennen bzw. von Veränderungen der Resonanzfrequenzen erfolgt.

[0009] Problematisch an den bekannten technischen Lösungen ist, dass entweder kabelgebundene Sensoren verwendet werden, die nach Beendigung des Herstellungsprozesses nicht im Bauteil verbleiben können oder dass vergleichsweise große Sensoren eingesetzt werden, sodass die Gefahr besteht, dass sich im Bereich der Sensoren Lunker bilden. Ein weiteres Problem besteht regelmäßig darin, dass die Messdatenerfassung sowie die Übertragung von Messdaten aus dem Inneren des Bauteils auf eine Empfangseinheit vergleichsweise störanfällig sind.

[0010] Ausgehend von den aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen und den zuvor geschilderten Problemen liegt der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Bestimmung von Materialeigenschaften eines Faserverbundbauteils während seiner Herstellung derart weiterzubilden, dass einerseits eine präzise und wenig störanfällige Erfassung und Übertragung von Messdaten möglich ist und die verwendeten Sensorelemente trotzdem im hergestellten Bauteil verbleiben können, ohne dass dies während des Betriebs zu Problemen führt. Ferner sollte das anzugebende Verfahren sowie die entsprechende Vorrichtung geeignet sein, um einerseits den Aushärtegrad an verschiedenen Stellen innerhalb eines Faserverbundbauteils während der Herstellung zu erfassen und andererseits auch die Fließfront eines Harz-Härter-Systems während des Herstellungsprozesses innerhalb des Bauteils zu lokalisieren.

[0011] Im Weiteren sollte die Messtechnik, insbesondere die verwendeten Sensorelemente, derart ausgeführt sein, dass auch während des Betriebs des Bauteils die grundsätzliche Möglichkeit besteht, das im Bauteil verbliebene Sensorelement, beispielsweise zur Erkennung der Originalität des Bauteils zu verwenden.

[0012] Die anzugebende technische Lösung sollte des Weiteren ohne großen Aufwand in die bekannten Herstellungsprozesse, bei denen Faserverbundbauteile beispielsweise unter Verwendung von Prepregmaterialien im Autoklaven oder mittels des Harzinjektionsverfahrens hergestellt werden, integrierbar sein. Harzinjektionsverfahren werden im Zusammenhang mit „Resin-Transfer-Molding-Verfahren“ verwendet. Bei diesen Verfahren werden typischerweise vorkonfektionierte Textilien verwendet. Die benötigten Sensorelemente sollten daher auch geeignet sein, um in Verbindung mit Lagen vorkonfektonierter technischer Textilien verwendet werden zu können.

[0013] Die vorstehende Aufgabe wird mit einem Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst. Ferner wird die vorstehende Vorrichtung mit einem ausgehärteten Faserverbundbauteil nach Anspruch 10 sowie einer Vorrichtung, wie sie in Anspruch 11 angegeben ist, gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche und werden in der folgenden Beschreibung unter teilweiser Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert.

[0014] Die Erfindung beruht auf einem Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundbauteils bei gleichzeitiger Erfassung wenigstens einer Materialeigenschaft des Faserverbundbauteils mit den Schritten:

- Bereitstellen wenigstens einer Faserstoffformation,
- Einbringen wenigstens eines als RFID-Transponder ausgeführten Sensorelements in und/oder auf die Faserstoffformation,
- Tränken der Faserstoffformation mit einem, eine Matrix ausbildenden Material,
- Herstellen einer Datenkommunikationsstrecke zwischen dem RFID-Transponder und einem RFID-Lesegerät und
- Bestimmen der wenigstens einen Materialeigenschaft durch eine Auswerteeinheit unter Berücksichtigung wenigstens eines zwischen dem RFID-Transponder und dem RFID-Lesegerät ausgetauschten Signals.

[0015] Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Auswerteeinheit die Materialeigenschaft unter Zugrundelegung einer Eigenschaft und/oder einer Eigenschaftsänderung, insbesondere einer Änderung der Stärke, des vom RFID-Transponder zur Antenne des RFID-Lesegeräts übertragenen Signals

und/oder unter Zugrundelegung der Phase des zwischen dem RFID-Transponder und der Antenne des RFID-Lesegeräts ausgetauschten Signals und einer Sendeleistung des RFID-Lesegeräts bestimmt.

[0016] Im Sinne der Erfindung werden ein Aushärtegrad, eine Fließgrenze und/oder eine Fließgeschwindigkeit als Materialeigenschaft angesehen.

[0017] Erfindungsgemäß können die Faserverbundbauteile Kunststoffe sein, insbesondere Duroplaste oder Thermoplaste. Dabei kann das erfindungsgemäße Verfahren sowohl bei der Herstellung eines Thermoplasten, welcher sich durch Polymerisation verfestigt, als auch bei der Herstellung eines Thermoplasten bei dem die Verfestigung des Polymers durch Abkühlen aus der Schmelze erfolgt, zum Einsatz kommen. Darüber hinaus können die Faserverbundbauteile aus Beton bestehen. Insbesondere ist die Bestimmung des Feuchtegehalts in Beton mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens denkbar. Ferner kann das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung von Materialeigenschaften von Lacken genutzt werden.

[0018] Die erfindungsgemäße technische Lösung zeichnet sich insbesondere durch eine besonders sichere Signalübertragung und Signalauswertung aus, die vergleichsweise robust gegen äußere Störeinflüsse ist. Hierbei kommen auf vorteilhafte Weise sogenannte passive RFID-Transponder zum Einsatz, die besonders klein sind und somit eine vorteilhafte Integration in ein Faserverbundbauteil ermöglichen. Die erfindungsgemäß zum Einsatz kommenden RFID-Transponder verbleiben nach Beendigung des Herstellungsprozesses des Faserverbundbauteils innerhalb des Bauteils, ohne dass hierdurch eine Schädigung oder Schwächung des hergestellten Bauteils hervorgerufen wird. Aufgrund der Größe der verwendeten RFID-Transponder ist es insbesondere ausgeschlossen, dass es während des Herstellungsprozesses zu einer ungewollten Lunkerbildung im Bereich der RFID-Transponder kommt. Insbesondere können für die erfindungsgemäß zum Einsatz kommenden RFID-Transponder Standard RFID-Tags als passive Sensorelemente eingesetzt werden.

[0019] Erfindungsgemäß wird der wenigstens eine RFID-Transponder drahtlos mithilfe eines RFID-Lesegeräts ausgelesen. Daraufhin wird mit Hilfe einer Auswerteeinheit unter Berücksichtigung einer Veränderung der Stärke des vom RFID-Transponder ausgesendeten Signals (RSSI: Received Signal Strength Indicator) und/oder der minimal benötigten Sendeleistung des RFID-Lesegeräts sowie der Phase des entsprechenden Signals der Aushärtegrad und/oder die Fließfront und/oder die Fließgeschwindigkeit des hergestellten Faserverbundbauteils im Bereich des RFID-Transponders ermittelt. Eine derartige Messung sowie Signalauswertung ist möglich, da sich

bei einer Änderung des Aggregatzustands des Harz-Härter-Systems die Permittivität des Faserverbundbauteils und damit die Sendeleistung eines im Inneren und/oder nah an der Oberfläche des Bauteils angeordneten RFID-Transponders ändern. Erfindungsgemäß kann eine Materialeigenschaft des Faserverbundbauteils, insbesondere die Fließgeschwindigkeit des Faserverbundbauteils, mittels eines einzigen als RFID-Transponder ausgeführten Sensorelements erfasst werden. Faserverbundbauteile können nach dem Harzinjektionsverfahren hergestellt werden. Hierbei wird die Faserstoffformation in Form von Lagen vorkonfektionierter technischer Textilien, sogenannter Preforms, zur Verfügung gestellt. Alternativ können als Faserstoffformation vorimprägnierte Fasern, sogenannte Prepregs, oder tailored-Fiber-Placement-Preforms zum Einsatz kommen. Während der Herstellung wird die Faserstoffformation zunächst in ein Formwerkzeug eingelegt. Nach dem Verschluss des Formwerkzeugs wird die Faserstoffformation mit einem, eine Matrix ausbildenden Material, getränkt. Hierzu wird bei dem Harzinjektionsverfahren ein aktives Harzsystem, das ein Harz sowie einen Härter aufweist, in die Faserstoffformation eingebracht. Unter definierten Bedingungen härtet das Harz aus und verbindet sich hierbei mit der Faserstoffformation. Nach abgeschlossener Aushärtung wird das Faserverbundbauteil dem Formwerkzeug entnommen und steht einer geeigneten, bedarfsgerechten Weiterverarbeitung zur Verfügung.

[0020] In einer bevorzugten Ausführungsform wird zur Ausbildung der Matrix eine Mischung aus wenigstens einem Harz, insbesondere einem Epoxidharz, und zumindest einem Härter erzeugt. Insbesondere kann die Mischung aus wenigstens einem Harz und zumindest einem Härter zur Ausbildung eines duroplastischen Kunststoffes verwendet werden. Durch die Mischung von wenigstens einem Harz und zumindest einem Härter kann ein, insbesondere reaktives Harzsystem ausgebildet werden. Insbesondere kann die Faserstoffformation mit der Mischung aus Epoxidharz und Härter getränkt werden. Hierbei findet während der Aushärtung des zunächst noch flüssigen Harz-Härter-Systems eine Polymerisation statt und das Harz-Härter-System verbindet sich mit der Faserstoffformation. Zur Ausbildung eines Faserverbundbauteils mit einer Matrix aus Beton kann zur Ausbildung der Matrix eine Mischung aus Wasser, Zement und einer Gesteinskörnung erzeugt werden.

[0021] In einer besonderen Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass in der Auswerteeinheit zur Ermittlung der Materialeigenschaft des Faserverbundbauteils ein Vergleich zwischen der Eigenschaft und/oder der Eigenschaftsänderung des vom RFID-Transponder auf die Antenne des RFID-Lesegeräts oder des von der Antenne des RFID-Lesegeräts auf den RFID Transponder übertragenen Signals und/oder einer Sendeleistung des RFID-Lesegeräts und

wenigstens einem hinterlegten Referenzwert durchgeführt wird. Auf vorteilhafte Weise ist die Auswerteeinheit hierfür über eine Datenübertragungsstrecke mit wenigstens einer Datenbank verbunden. Generell ist es denkbar, dass die Datenbank bzw. der Datenspeicher mit der Datenbank in die Auswerteeinheit integriert ist. In dieser Datenbank ist der wenigstens eine Referenzwert, der während der Auswertung zur Ermittlung der Materialeigenschaften des Faserverbundbauteils verwendet wird, abgelegt. Vorzugsweise handelt es sich bei der Datenbank um eine sogenannte Expertendatenbank, in der eine Vielzahl von Referenzwerten hinterlegt ist, die beispielsweise im Vorfeld des eigentlichen Herstellungsprozesses an baugleichen Referenzfaserverbundbauteilen unter gezielt eingestellten oder bekannten Prozessparametern erfasst wurden.

[0022] In diesem Zusammenhang ist es beispielsweise möglich, im Vorfeld des eigentlichen Herstellungsprozesses an einem Referenzbauteil Signalstärken der vom RFID-Transponder zur Antenne des RFID-Lesegeräts übertragenen Signals zu unterschiedlichen Zeitpunkten des Herstellungsprozesses, insbesondere des Aushärteprozesses, aufzunehmen und die entsprechenden Messwerte als Referenzwerte abzulegen. Bevorzugt erfolgt hierbei eine Ermittlung des Aushärtegrades des Referenzbauteils zu speziellen Zeitpunkten des Herstellungsprozesses an unterschiedlichen Stellen des Referenzbauteils mit Hilfe bekannter Verfahren, wie etwa der dielektrischen Analyse (DEA), unter Berücksichtigung einer Änderung der Permittivität.

[0023] Ebenso können zu verschiedenen Zeitpunkten des Herstellungsprozesses an verschiedenen Stellen eines Referenzbauteils, bevorzugt mit dem zuvor genannten, bekannten Messverfahren, die jeweiligen Aushärtegrade bestimmt und so die Position der Fließfront eines Harz-Härter Systems im Referenzbauteil lokalisiert werden. Die am Referenzbauteil mit Hilfe bekannter Messverfahren aufgenommenen Messwerte werden dann mit der zu den entsprechenden Zeitpunkten erforderlichen Sendeleistung des RFID-Lesegeräts und der Phase des zwischen dem RFID-Lesegerät und RFID Transponder übertragenen Signals korreliert, so dass später während der Herstellung von Faserverbundbauteilen die Fließfront des verwendeten Harz-Härter-Systems mit Hilfe der im Vorfeld des Herstellungsprozesses am Referenzbauteil aufgenommenen Referenzwerte zuverlässig lokalisiert werden kann.

[0024] Durch Einsatz einer entsprechend geeignet ausgeführten Expertendatenbank, die auf im Vorfeld des eigentlichen Herstellungsprozesses aufgenommenen Referenzwerten basiert, können vergleichsweise exakte Bestimmungen des Aushärtegrades eines Faserverbundbauteils während der Herstellung sowie der Position und/oder Form der jeweiligen

Fließfront des verwendeten Harz-Härter-Systems innerhalb des Bauteils durchgeführt werden.

[0025] Gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass ein von der Antenne des RFID-Lesegeräts zum RFID-Transponder ausgesendetes Signal zumindest zeitweise eine Frequenz von 800 bis 1000 MHz, besonders bevorzugt von 915 MHz bis 960 MHz aufweist. Auf diese Weise kann das Verfahren universell und global eingesetzt werden.

[0026] Im Weiteren ist es vorteilhaft, wenn der RFID-Transponder, der im Bereich der Faserstoffformation angeordnet wird, in oder auf einer Folie angeordnet wird. Vorzugsweise ist der RFID-Transponder innerhalb einer Folie angeordnet, wobei der Bereich zwischen der Folie und den RFID-Transponder auf vorteilhafte Weise vakuumiert ist, die Folie somit direkt auf der Oberfläche des RFID-Transponders anliegt.

[0027] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist die Faserstoffformation Glas- und/oder Kohlenstofffasern auf und/oder wird in Form wenigstens einer Faserstoffmatte ausgeführt. Darüber hinaus ist die Verwendung von Verstärkungsfasern wie Aramiden, Naturfasern, Kurzfasern und/oder anderen geeigneten Fasern denkbar.

[0028] Gemäß einer besonders geeigneten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass in der wenigstens einen Faserstoffformation zumindest zwei RFID-Transponder angeordnet werden, jeweils eine Datenkommunikationsstrecke zwischen den RFID-Transpondern und dem RFID-Lesegerät hergestellt wird und unter Zugrundelegung von Eigenschaften und/oder Eigenschaftsänderungen der jeweils zwischen den RFID-Transponder und einer Antenne des RFID-Lesegeräts ausgetauschten Signale mit Hilfe der Auswerteeinheit die Position des Harz-Härter-Systems, also die Fließfront des Harz-Härter-Systems innerhalb des herzustellenden Bauteils lokalisiert und die Fließgeschwindigkeit ermittelt wird. Auf vorteilhafte Weise wird hierbei wieder einer Veränderung der Stärke und/oder der Charakteristik des vom RFID Transponder auf das RFID-Lesegerät übertragenen Signals und/oder eine vom RFID-Lesegerät benötigte Leistung zur Übertragung eines Signals auf den RFID Transponder sowie eine Phase dieses Signals berücksichtigt.

[0029] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung erfolgt eine Auswertung bei der Bestimmung einer Materialeigenschaft des Faserverbundbauteils anhand einer zeitlichen Ableitung des Signalverlaufs. Bei einer Weiterbildung erfolgt eine referenzfreie Bestimmung der Materialeigenschaft unter Verwendung allgemeiner Auswertelgorithmen und/oder Kompensationsmethoden.

[0030] Neben einem Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundbauteils bei gleichzeitiger Erfassung wenigstens einer Materialeigenschaft des Faserverbundbauteils betrifft die Erfindung auch ein ausgehärtetes Faserverbundbauteil hergestellt mit einem Verfahren, wie es zuvor angegeben ist, wobei in dem Bauteil wenigstens ein RFID-Transponder angeordnet ist. Wesentlich hierbei ist, dass im Inneren eines Faserverbundbauteils, das mithilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellt ist, auch nach Abschluss des Herstellungsprozesses wenigstens ein RFID-Transponder verbleibt. Alternativ kann der wenigstens eine RFID-Transponder auch auf die Oberfläche des Faserverbundbauteils aufgelegt sein. Ein derart hergestelltes Bauteil weist somit nicht nur eine hohe Qualität aufgrund der besonderen Prozesssicherheit während seiner Herstellung auf, sondern kann darüber hinaus mithilfe des im Bauteil verbliebenen RFID-Transponders über die gesamte Lebensdauer des Produktes auf geeignete Weise überwacht werden. In diesem Zusammenhang ist es etwa denkbar, dass das erfindungsgemäß ausgeführte Faserverbundbauteil mit Hilfe des RFID-Transponders sowie einem geeigneten RFID-Lesegerät auf seine Originalität hin überprüft wird, beispielsweise um die Verwendung von Plagiaten oder nicht zugelassenen Bauteilen sicher zu vermeiden. Ebenso ist es auf diese Weise möglich, auch während des Betriebs Messungen in Bezug auf Materialeigenschaften und Materialbelastungen am Faserverbundbauteil, insbesondere im Bereich des RFID-Transponders durchzuführen.

[0031] Im Übrigen betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Bestimmung von Materialeigenschaften eines Faserverbundbauteils während der Herstellung des Faserverbundbauteils. Die Vorrichtung verfügt über wenigstens einen RFID-Transponder und ein RFID-Lesegerät, die derart ausgeführt sind, dass wenigstens ein Signal zwischen dem RFID-Transponder und einer Antenne des RFID-Lesegeräts austauschbar ist. Ferner ist eine Auswerteeinheit vorgesehen, die eingerichtet ist, um unter Zugrundelegung einer Eigenschaft und/oder einer Eigenschaftsänderung des zwischen dem RFID-Transponder und der Antenne des RFID-Lesegerät übertragenen Signals wenigstens eine Materialeigenschaft des Bauteils bzw. eine Bauteileigenschaft zu ermitteln. Die erfindungsgemäße Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass der RFID-Transponder, das RFID Lesegerät und die Auswerteeinheit derart ausgeführt sind, dass eine Materialeigenschaft des Faserverbundbauteils und damit eine Bauteileigenschaft unter Zugrundelegung einer Eigenschaft und/oder Eigenschaftsänderung, insbesondere einer Änderung der Stärke, des vom RFID-Transponder zur Antenne des RFID-Lesegerät übertragenen Signals und/oder unter Zugrundelegung der Phase des zwischen dem RFID Transponder und der Antenne des RFID-Lesegerät

ausgetauschten Signals und einer Sendeleistung des RFID-Lesegeräts bestimmt wird.

[0032] Des Weiteren ist gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass die Auswerteeinheit über eine Datenübertragungsstrecke mit einer Datenbank bzw. mit einem Datenspeicher, auf dem sich die Datenbank befindet, verbunden ist, wobei in der Datenbank zumindest ein bauteilspezifischer Referenzwert hinterlegt ist, und die Auswerteeinheit eingerichtet ist, um die Bauteileigenschaft unter Berücksichtigung eines Vergleichs zwischen dem aus der Datenbank übermittelten Referenzwert und einer gemessenen Änderung der Stärke des vom RFID-Transponder zur Antenne des RFID-Lesegeräts übertragenen Signals, einer gemessenen Phase des zwischen dem wenigstens einen RFID-Transponder und der Antenne des RFID-Lesegeräts übertragenen Signals und/oder einer gemessenen Sendeleistung des RFID-Lesegeräts zu ermitteln. Bevorzugt ist die Datenbank in Form einer sogenannten Expertendatenbank, in der eine Vielzahl von Referenzwerten hinterlegt ist, die beispielsweise im Vorfeld des eigentlichen Herstellungsprozesses unter Einsatz eines baugleichen Faserverbundbauteils unter vergleichbaren Bedingungen aufgenommen wurde, ausgeführt. Vorzugsweise sind in der Datenbank wenigstens teilweise Wertepaare abgelegt, die einem Aushärtegrad an einer speziellen Stelle im Inneren des Faserverbundbauteils einen Wert für eine Stärke des vom RFID-Transponder zur Antenne des RFID-Lesegeräts übertragenen Signals, für eine Phase des zwischen dem wenigstens einen RFID-Transponder und der Antenne des RFID-Lesegeräts übertragenen Signals und/oder eine Sendeleistung des RFID-Lesegeräts zuordnet.

[0033] Ein Datenspeicher, auf dem sich die Datenbank befindet, kann integraler Bestandteil der Auswerteeinheit oder als separates Bauteil ausgeführt sein, das über eine drahtlose oder drahtgebundene Datenübertragungsstrecke mit der Auswerteeinheit verbunden ist.

[0034] Im Folgenden wird die Erfindung ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Zuhilfenahme von Figuren näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1: schematisch dargestellter Aufbau einer Vorrichtung zur Bestimmung des Aushärtegrades eines Faserverbundbauteils während seiner Herstellung;

Fig. 2: grafische Darstellung des Zusammenhangs zwischen der minimalen Sendeleistung eines RFID-Lesegeräts und dem Grad der Aushärtung;

Fig. 3: grafische Darstellung des Zusammenhangs zwischen der Veränderung der Signal-

stärke des vom Transponder übermittelten Signals (RSSI) und dem Grad der Aushärtung;

Fig. 4: schematisch dargestellter Aufbau einer Vorrichtung zur Lokalisierung einer Fließfront eines Harz-Härter-Systems während der Herstellung eines Faserverbundbauteils;

Fig. 5: Draufsicht auf die Anordnung der im Faserverbundbauteil angeordneten RFID-Transponder zur Bestimmung einer Fließfront des Harz-Härter-Systems sowie

Fig. 6: grafische Darstellung einer Veränderung der Signalstärke des RFID-Transponders (RSSI) in Abhängigkeit der Fließfront eines Harz-Härter-Systems.

[0035] Die Herstellung von Faserverbundbauteilen kann unter anderem mithilfe des sogenannten Harzinjektionsverfahrens erfolgen. Bei diesem Verfahren werden Lagen vorkonfektionierter technischer Textilien (Preforms) in ein Formwerkzeug eingelegt. Nach dem Verschluss des Formwerkzeugs wird ein reaktives Harzsystem in die Preforms eingebracht, insbesondere injiziert, wobei das Harz in einem nächsten Schritt unter definierten Bedingungen aushärtet und sich mit den Preforms verbindet. Nach Abschluss des Herstellungsprozesses kann das Faserverbundbauteil dem Formwerkzeug entnommen werden und steht, sofern erforderlich, für nachgelagerte Bearbeitungsprozesse zur Verfügung.

[0036] **Fig. 1** zeigt hierbei in einer schematischen Darstellung eine in mehreren Lagen ausgeführte Faserstoffformation **14**, die in einem Formwerkzeug angeordnet ist, sowie eine Vorrichtung zur Bestimmung des Aushärtegrades des Faserverbundbauteils **9** während seiner Herstellung. Die Faserlagen **14** sind in Form von Fasermatten ausgeführt und im Laufe des Herstellungsprozesses mit einem Harz-Härter-System **15**, hier einer Mischung aus Epoxidharz und einem Härter, getränkt worden.

[0037] Zwischen zwei Fasermatten im Inneren des herzustellenden Bauteils **9** befindet sich ein RFID-Transponder **1**, der mit einem RFID-Lesegerät **11**, das sich während des Herstellungsprozesses in konstantem Abstand zum RFID-Transponder **1** befindet, Signale **12** austauscht. Nach abgeschlossener Injektion des Harz-Härter-Systems **15** beginnt der Aushärtprozess. Während der Aushärtung verändert sich die Permittivität des Harz-Härter-Systems **15**, die einen direkten Einfluss auf die Betriebseigenschaften des RFID-Systems, also die Signalübertragung zwischen dem RFID-Transponder **1** und der Antenne **10** des RFID-Lesegeräts **11**, hat.

[0038] Die minimale Sendeleistung P_{min} , die benötigt wird, um den RFID-Transponder **1** erreichen zu können, hängt von dem Antennengewinn G_A der Sendeantenne **10** des RFID-Lesegeräts **11**, dem An-

tennengewinn des Transponders **1**, dem Abstand zwischen der Antenne **10** des RFID-Lesegeräts **11** und dem RFID-Transponder **1**, der Übertragungsfrequenz sowie der Permittivität des Übertragungsmediums, bei dem es sich in diesem Fall um den Verbund aus Faserstoffformation **14** bzw. Preform und aushärtendem Harz-Härter-System **15** handelt, ab. Darüber hinaus wird das Signal wesentlich durch die Umgebung beeinflusst, insbesondere durch die Aufbauaterialien, die Bauteilform oder verwendete Folien.

[0039] Bei Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Abstand zwischen der Antenne **10** des RFID-Lesegeräts **11** und dem RFID-Transponder **1** konstant eingestellt und die Permittivität des Verbunds aus Faserstoffformation **14** und aushärtendem Harz-Härter-System **15** im flüssigen sowie im ausgehärteten bzw. noch aushärtenden Zustand in Versuchen, also zu verschiedenen Zeitpunkten an einem baugleichen Referenzbauteil ermittelt. Auf der Grundlage der so ermittelten Referenzwerte erfolgt schließlich während des Herstellungsprozesses eine Ermittlung des Aushärtegrades baugleicher Faserverbundbauteile **9**, wobei anhand einer Änderung der minimal benötigten Sendeleistung des RFID-Lesegeräts **11** der Aushärtegrad bestimmt wird.

[0040] In **Fig. 2** ist hierzu in einer Grafik der Zusammenhang zwischen der minimalen Sendeleistung des RFID-Lesegeräts **11** und dem Aushärtegrad des Verbunds aus Faserstoffformation **14** und aushärtendem Harz-Härter-System **15** dargestellt. Referenzwerte für den Aushärtegrad wurden hierbei mit der Referenzmethode der dielektrischen Analyse (DEA) gemessen. Die in **Fig. 2** dargestellte Kurve „A“ zeigt die Ergebnisse einer dielektrischen Analyse, die bei einer Frequenz von 1 Hz durchgeführt wurde. Deutlich zu erkennen ist, dass ab 0:00 Uhr die Ionenviskosität, die auf der Ordinatenachse aufgetragen ist, in eine Sättigung übergeht. Dies bedeutet, dass der wesentliche Teil der Aushärtung beendet ist.

[0041] Diese Sättigung ist ebenfalls der Kurve „B“ zu entnehmen, bei der es sich um eine Interpolation der mit Vierecken dargestellten, mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens aufgenommenen Messwerte handelt. Während anfangs die Sendeleistung im Maximum mit 12 dB gedämpft wurde, um den RFID-Transponder **1** noch erreichen zu können, wurde zum Ende der Aushärtung der RFID-Transponder bereits bei einer Dämpfung der Sendeleistung um 17 dB erreicht. Die Messung wurde hierbei mit einem Signal, das eine Sendefrequenz von 816 MHz aufweist, durchgeführt.

[0042] Im Übrigen ist es denkbar, den Aushärtegrad eines Faserverbundbauteils **9** während seiner Herstellung durch Auswertung der Signalstärke des vom RFID-Transponder **1** auf die Antenne **10** des RFID-Lesegeräts **11** übertragenen Signals **12** zu ermitteln.

(RSSI: Received Signal Strength Indicator). In diesem Fall wird die Sendeleistung konstant eingestellt und die Signalstärke des an der Antenne **10** des RFID-Lesegeräts **11** empfangenen Signals **12**, das vom RFID-Transponder **1** gesendet wird, gemessen. Es ist zu beachten, dass diese Messung durch Reflexionen und andere Störeinflüsse beeinflusst werden kann. Daher ist es vorteilhaft, wenn diese Messungen in einem geschützten Raum durchgeführt werden.

[0043] Die Ergebnisse einer Messung, bei der der Aushärtegrad eines Faserverbundbauteils **9** auf der Grundlage einer Veränderung der Stärke des vom RFID-Transponder **1** auf die Antenne **10** des RFID-Lesegeräts **11** übertragenen Signals **12** (RSSI) erfolgte, ist in **Fig. 3** grafisch dargestellt. Die Kurve „E“ zeigt Messungen der Ionenviskosität, während die Kurve „F“ die Messwerte der gemessenen Signalstärke des vom RFID-Transponder **1** auf die Antenne **10** des RFID-Lesegeräts **11** übertragenen Signals **12** (RSSI) zeigt. Das Signal **12** hat hierbei eine Frequenz von 867,5 MHz. Die Grafik gemäß **Fig. 3** zeigt deutlich einen parallelen Verlauf der Steigungen der Kurven „E“ und „F“ sowie einen gemeinsamen Zeitpunkt für das Erreichen einer Sättigung bzw. Aushärtung des Harz-Härter-Systems **15**.

[0044] Bei der Herstellung von Faserverbundbauteilen **9** wird oftmals das sogenannte Vakuum-Infusionsverfahren genutzt. Bei diesem Verfahren wird während der Herstellung des Faserverbundbauteils **9** das Harz-Härter-System **15** mithilfe eines Vakuums durch die in Form von Fasermatten ausgeführte Faserstoffformation **14** gezogen. **Fig. 4** zeigt hierzu die schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Lokalisierung der Fließfront des Harz-Härter-Systems **15** während der Herstellung eines Faserverbundbauteils **9**. Die Fließrichtung ist mit Hilfe eines Pfeils dargestellt und verläuft hier in der Bildebene von rechts nach links. Zwischen der in Form von einzelnen Faserlagen ausgeführten Faserstoffformation **14** sind mehrere RFID-Transponder **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8** angeordnet, von denen in der Figur nur die RFID-Transponder **2, 4, 6, 8** zu sehen sind und die zu unterschiedlichen Zeitpunkten während des Herstellungsprozesses von der Fließfront des Harz-Härter-Systems **15** erreicht werden.

[0045] Die RFID-Transponder **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8** tauschen wiederum Signale mit der Antenne **10** eines RFID-Lesegeräts **11** aus, wobei das RFID-Lesegerät **11** mit einer Auswerteeinheit **13** zur Übertragung von Messwerten verbunden ist. Auf der Grundlage der zwischen den RFID-Transpondern **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8** und der Antenne **10** des RFID-Lesegeräts **11** ausgetauschten Signale **12** bzw. auf der Grundlage einer Änderung dieser Signale **12** wird die Fließfront des Harz-Härter-Systems **15** innerhalb des Bauteils **9** während des Herstellungsprozesses lokalisiert.

[0046] Auch in diesem Fall werden mithilfe des RFID-Lesegerätes **11** mit konstanter Leistung und konstantem Abstand zu den verschiedenen RFID-Transpondern **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8** die einzelnen RFID-Transponder **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8** ausgelesen und die Signalstärke der Signalantwort **12** (der RSSI), also des von den einzelnen RFID-Transponder **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8** zur Antenne **10** des RFID-Lesegeräts **11** übertragenen Signals **12** gemessen.

[0047] Ergänzend zur Darstellung gemäß **Fig. 4** zeigt **Fig. 5** in einer Skizze die Anordnung der RFID-Transponder **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8** im Bauteil **9** in einer Draufsicht. Die verschiedenen Transponder bzw. Transponderpaare werden nacheinander und damit zu unterschiedlichen Zeitpunkten von der Fließfront des zu diesem Zeitpunkt jeweils noch flüssigen Harz-Härter-Systems **15** erreicht. Auf der Grundlage der zuvor beschriebenen Messungen sowie der Auswertung der Signale wird auf vorteilhafte Weise die Fließfront innerhalb des Bauteils **9** während seiner Herstellung lokalisiert.

[0048] Sobald die Fließfront des Harz-Härter-Systems **15** die RFID-Transponder **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8** erreicht, beeinflusst dies die Betriebseigenschaften des RFID-Systems, insbesondere die Leistung der übertragenen Signale **12**, erheblich. Die hierdurch beispielsweise verursachte Veränderung der Signalstärke der Signalantwort (RSSI) ist zur Verdeutlichung **Fig. 6** zu entnehmen. Deutlich sind den Kurven **T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8**, die die an den einzelnen Transpondern **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8** bzw. Transponderpaaren **1-2, 3-4, 5-6, 7-8** aufgenommenen Messwerte zeigen, Ausschläge an verschiedenen, nacheinander liegenden Zeitpunkten zu entnehmen. Diese Ausschläge verdeutlichen den Verlauf der Fließfront innerhalb des Bauteils **9**. Interpretiert man die gemessenen und in **Fig. 6** dargestellten Messwerte unter Berücksichtigung der in **Fig. 5** gezeigten Anordnung der RFID-Transponder **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8**, ist erkennbar, dass die Fließfront des Harz-Härter-Systems im Bauteil **9** in der Bildebene von rechts nach links verlief und im unteren Bereich in **Fig. 5**, also auf der Seite mit den mit geraden Zahlen nummerierten RFID-Transpondern **2, 4, 6, 8** schneller vorankam bzw. zu einem festen Zeitpunkt weiter fortgeschritten war, als auf der anderen Seite. Sogar die auf der Oberfläche des Bauteils **9** angeordneten RFID-Transponder **7, 8** wurden hinsichtlich der Stärke ihrer Signalantwort durch die Fließfront des Harz-Härter-Systems **15** beeinflusst.

- 5** Transponder
- 6** Transponder
- 7** Transponder
- 8** Transponder
- 9** Faserverbundbauteil
- 10** Antenne des RFID-Lesegeräts
- 11** RFID-Lesegerät
- 12** Signal
- 13** Auswerteeinheit
- 14** Faserstoffformation
- 15** Harz-Härter-System

Bezugszeichenliste

- 1** Transponder
- 2** Transponder
- 3** Transponder
- 4** Transponder

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102009056895 A1 [0006]
- US 4455268 [0007]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Jannis Groh et al., Wireless Chipless Cure Monitoring Sensor for Fibre-reinforced Plastics, ISBN 978-1-5090-6360-4, IEEE 2017 [0008]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundbauteils (9) mit gleichzeitiger Erfassung wenigstens einer Materialeigenschaft des Faserverbundbauteils (9) mit den Schritten:

- Bereitstellen wenigstens einer Faserstoffformation (14),
- Einbringen wenigstens eines als RFID-Transponder (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) ausgeführten Sensorelements in und/oder auf die Faserstoffformation (14),
- Tränken der Faserstoffformation (14) mit einem, eine Matrix ausbildenden Material (15),
- Herstellen einer Datenkommunikationsstrecke zwischen dem RFID-Transponder (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) und einem RFID-Lesegerät (11) und
- Bestimmen der wenigstens einen Materialeigenschaft durch eine Auswerteeinheit (13) unter Berücksichtigung wenigstens eines zwischen dem RFID-Transponder (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) und dem RFID-Lesegerät (11) ausgetauschten Signals (12), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteeinheit (13) die Materialeigenschaft unter Zugrundelegung einer Eigenschaft und/oder einer Eigenschaftsänderung des vom RFID-Transponder zur Antenne (10) des RFID-Lesegeräts (11) übertragenen Signals (12) und/oder unter Zugrundelegung der Phase des zwischen dem RFID-Transponder (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) und der Antenne (10) des RFID-Lesegeräts (11) ausgetauschten Signals und einer Sendeleistung des RFID-Lesegeräts (11) bestimmt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Ausbildung der Matrix (15) eine Mischung aus wenigstens einem Harz, insbesondere einem Epoxidharz, und zumindest einem Härter erzeugt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Auswerteeinheit (13) zur Ermittlung der Materialeigenschaft ein Vergleich zwischen der Eigenschaft und/oder der Eigenschaftsänderung des zwischen dem RFID-Transponder (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) und der Antenne (10) des RFID-Lesegeräts (11) ausgetauschten Signals (12) und wenigstens einem hinterlegten Referenzwert durchgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der wenigstens eine Referenzwert in einer Datenbank hinterlegt ist und von dieser zur Bestimmung der Materialeigenschaften an die Auswerteeinheit (10) übertragen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteeinheit (13) unter Berücksichtigung der Eigenschaft und/oder der Eigenschaftsänderung des zwischen dem RFID-Transponder (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) und der Antenne (10) des RFID-Lesegeräts (11) ausgetausch-

ten Signals (12) einen Endzeitpunkt, zu dem die Aushärtung des Faserverbundbauteils (9) abgeschlossen ist, prognostiziert.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein von der Antenne des RFID-Lesegeräts (11) zum RFID-Transponder (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) ausgesendetes Signal (12) zumindest zeitweise eine Frequenz im Bereich von 800 MHz bis 1000 MHz, insbesondere von 915 MHz bis 960 MHz aufweist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der RFID-Transponder (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) in oder auf einer Folie angeordnet wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Faserstoffformation (14) Glas- und/oder Kohlenstofffasern aufweist und/oder in Form wenigstens einer Faserstoffmatte ausgeführt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der wenigstens einen Faserstoffformation (14) zumindest zwei RFID-Transponder (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) angeordnet werden und jeweils eine Datenkommunikationsstrecke zwischen den RFID-Transpondern (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) und dem RFID-Lesegerät (11) hergestellt wird und unter Zugrundelegung von Eigenschaften und/oder Eigenschaftsänderungen der jeweils zwischen den RFID-Transpondern (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) und einer Antenne (10) des RFID-Lesegeräts (11) ausgetauschten Signalen (12) durch die Auswerteeinheit (13) das, die Matrix ausbildende Material (15) zumindest bereichsweise lokalisiert wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Auswertung bei der Bestimmung einer Materialeigenschaft des Faserverbundbauteils anhand einer zeitlichen Ableitung des Signalverlaufs erfolgt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine referenzfreie Bestimmung der Materialeigenschaft unter Verwendung allgemeiner Auswertelgorithmen und/oder Kompensationsmethoden erfolgt.

12. Ausgehärtetes Faserverbundbauteil (9) hergestellt mit dem Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, in dem wenigstens ein RFID-Transponder (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) angeordnet ist.

13. Vorrichtung zur Bestimmung von Materialeigenschaften eines Faserverbundbauteils (9) während einer Herstellung des Faserverbundbauteils mit wenigstens einem RFID-Transponder (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) und einem RFID-Lesegerät (11), die der-

art ausgeführt sind, dass wenigstens ein Signal (12) zwischen dem RFID-Transponder (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) und einer Antenne (10) des RFID-Lesegeräts (11) austauschbar ist, und mit einer Auswerteeinheit (10), die eingerichtet ist, um unter Zugrundelegung einer Eigenschaft und/oder einer Eigenschaftsänderung des zwischen dem RFID-Transponder (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) und der Antenne (10) des RFID-Lesegeräts (11) ausgetauschten Signals (12) wenigstens eine Bauteileigenschaft zu ermitteln, **dadurch gekennzeichnet**, dass der RFID-Transponder (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8), das RFID-Lesegerät (11) und die Auswerteeinheit (13) derart ausgeführt sind, dass während der Herstellung des Bauteils (9) die Bauteileigenschaft unter Zugrundelegung einer Eigenschaft und/oder einer Eigenschaftsänderung des vom RFID-Transponder (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) zur Antenne (10) des RFID-Lesegeräts (11) übertragenen Signals (12) und/oder unter Zugrundelegung der Phase des zwischen dem RFID-Transponder (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) und der Antenne (10) des RFID-Lesegeräts (11) ausgetauschten Signals (12) und einer Sendeleistung des RFID-Lesegeräts (11) bestimmt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteeinheit (13) über eine Datenübertragungsstrecke mit einer Datenbank verbunden ist, in der zumindest ein bauteilspezifischer Referenzwert hinterlegt ist, und eingerichtet ist, um die Bauteileigenschaft unter Berücksichtigung eines Vergleichs zwischen dem aus der Datenbank übermittelten Referenzwert und einer gemessenen Änderung der Stärke des vom RFID-Transponder (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) zur Antenne (10) des RFID-Lesegeräts (11) übertragenen Signals (12), einer gemessenen Phase des zwischen dem RFID-Transponder und der Antenne (10) des RFID-Lesegeräts (11) ausgetauschten Signals (12) und/oder einer gemessenen Sendeleistung des RFID-Lesegeräts (11) zu ermitteln.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

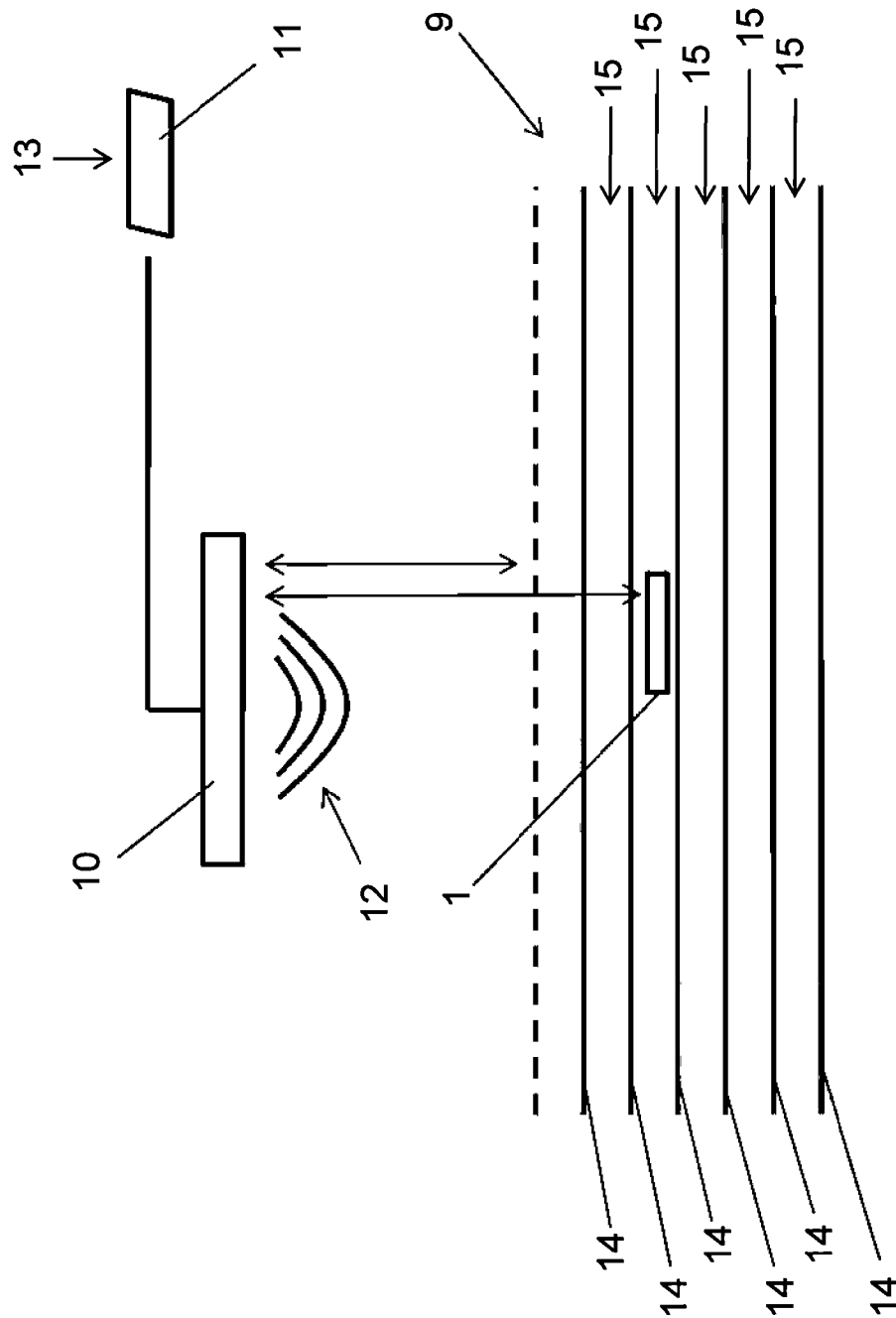


Fig. 1

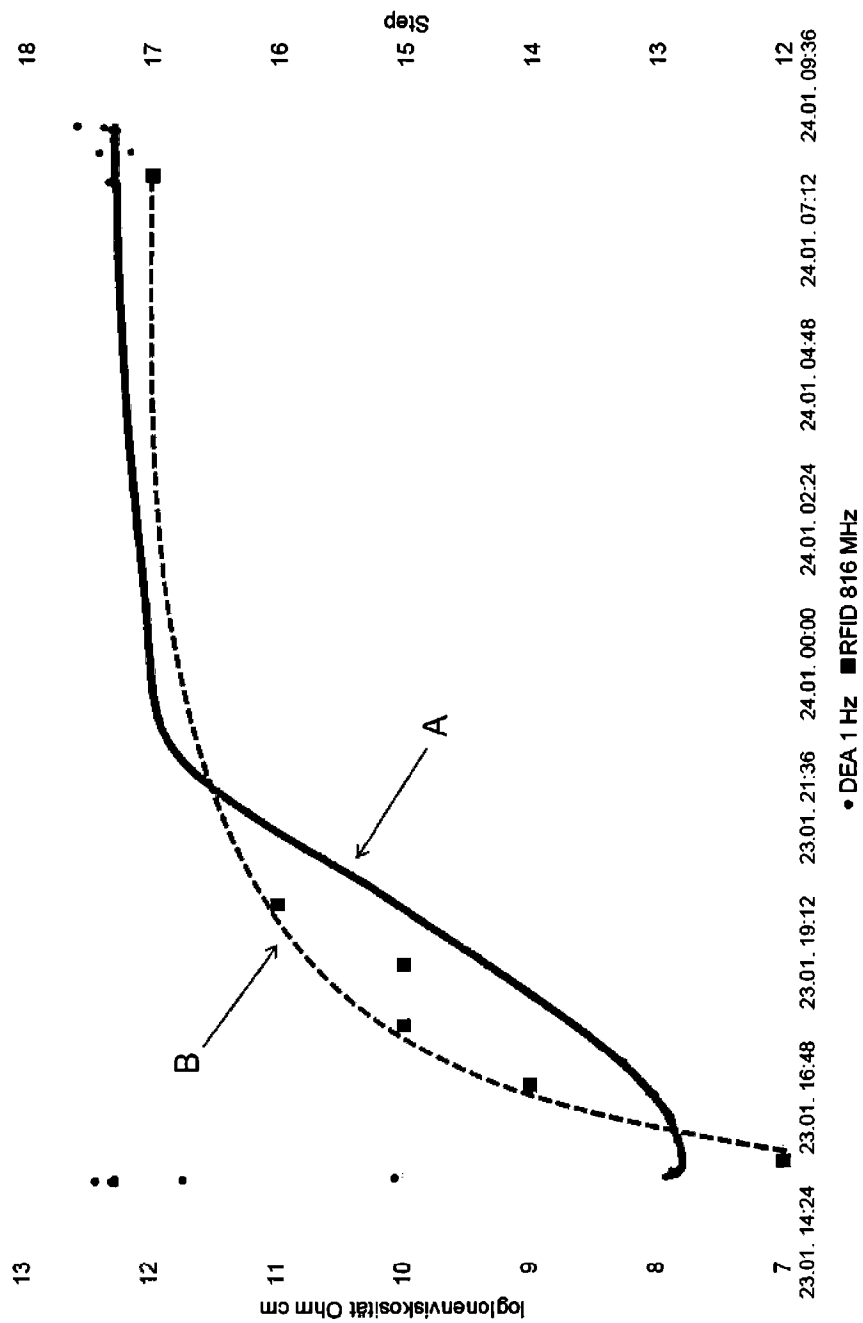


Fig. 2

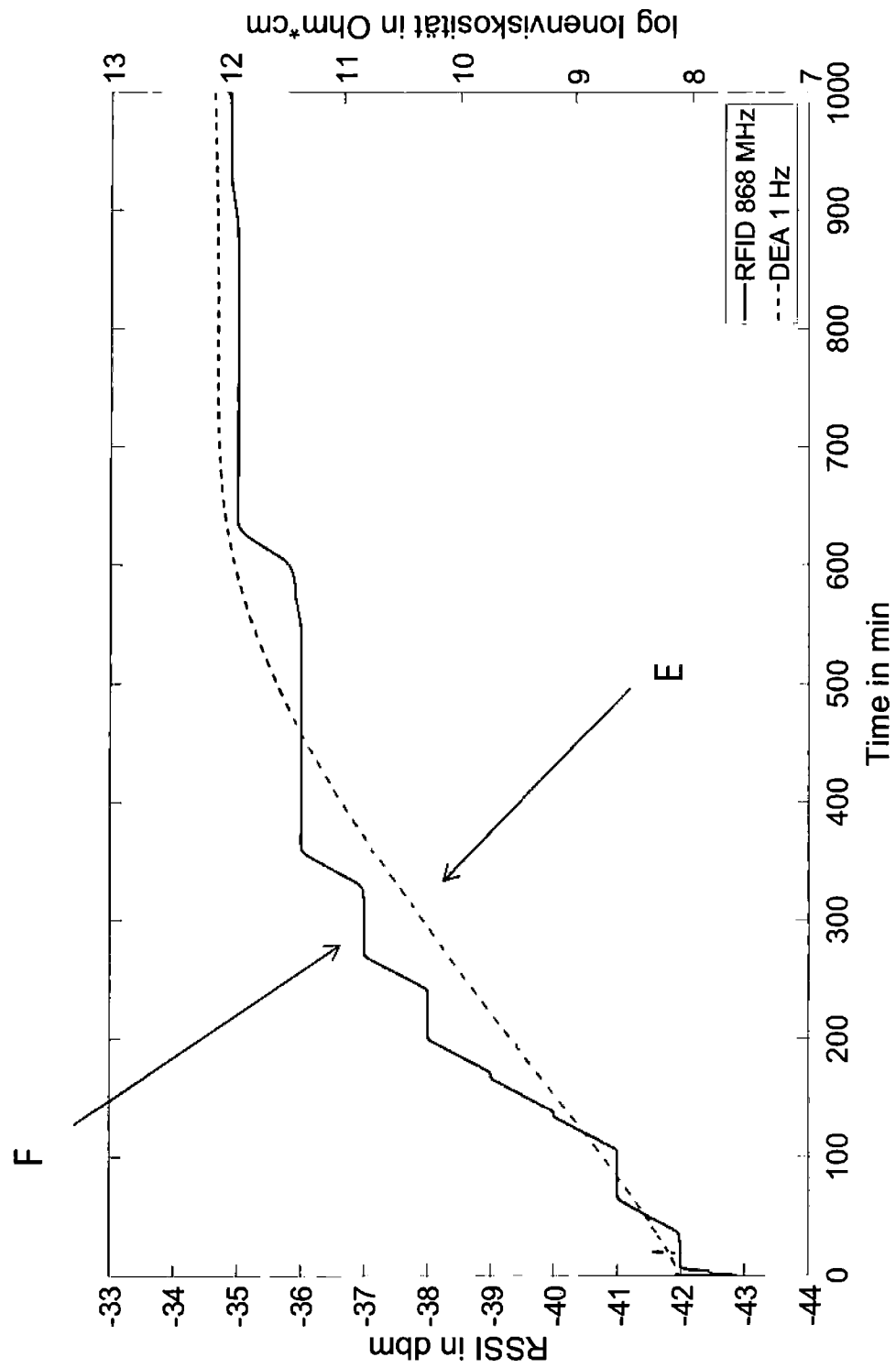


Fig. 3

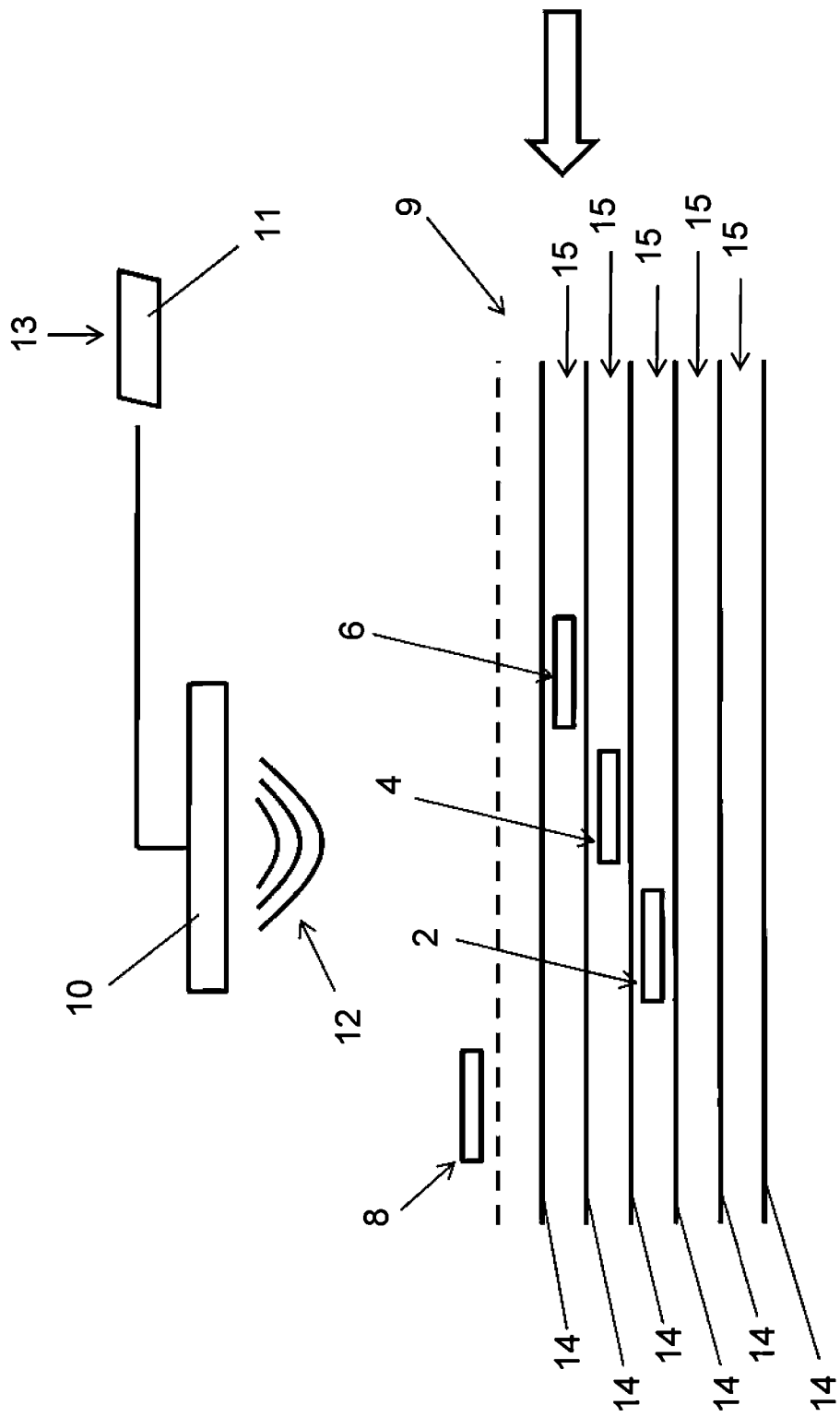
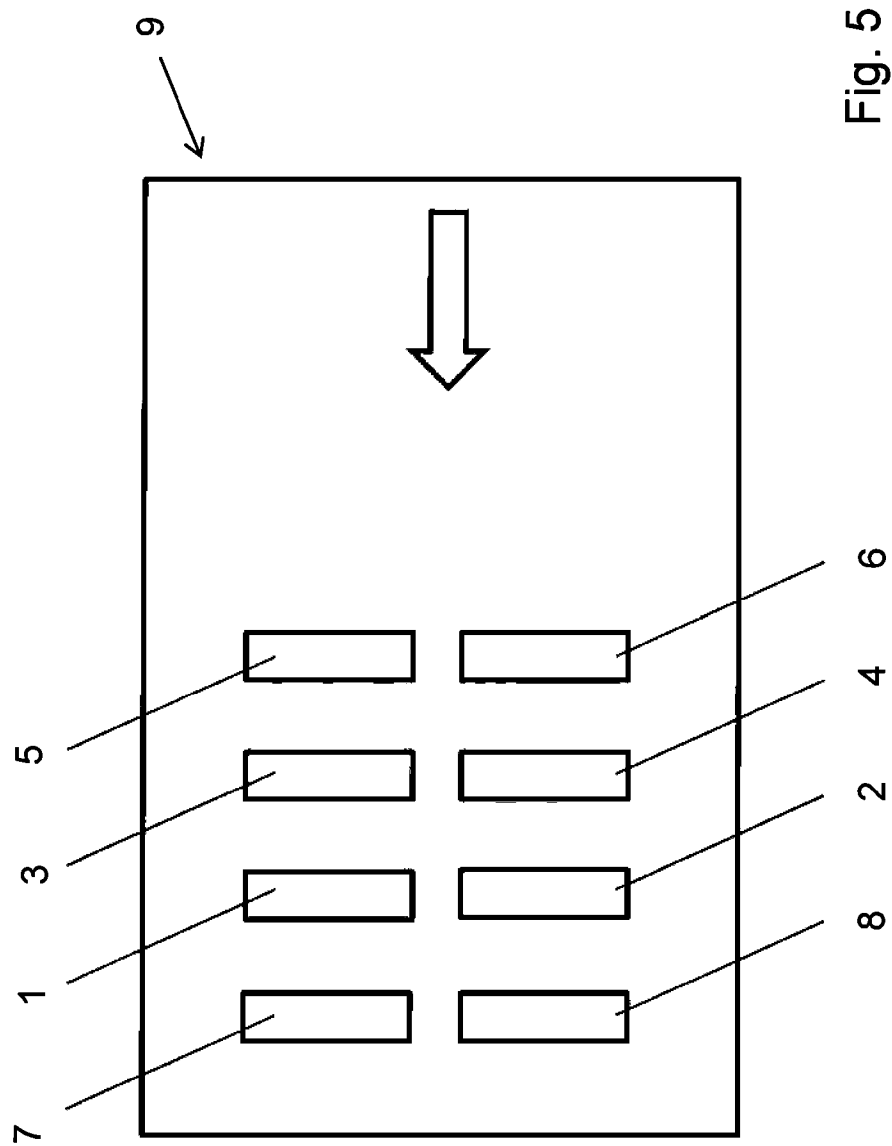


Fig. 4



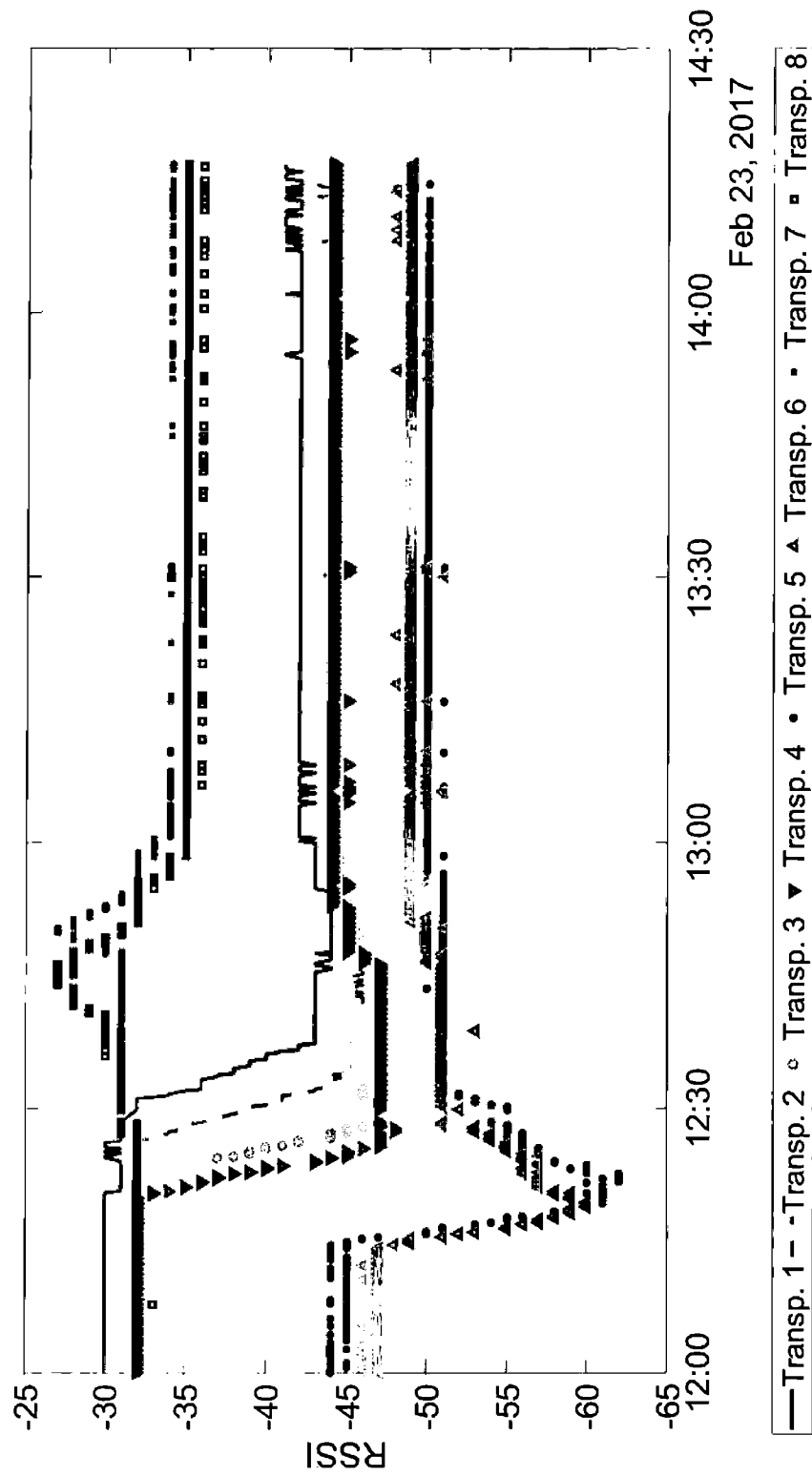


Fig. 6