

(19)



(11)

EP 3 104 373 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
14.12.2016 Patentblatt 2016/50

(51) Int Cl.:
H01B 7/32 (2006.01) H01B 9/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16171148.6**

(22) Anmeldetag: **24.05.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(71) Anmelder: **Dung, Arndt**
58093 Hagen (DE)

(72) Erfinder: **Dung, Arndt**
58093 Hagen (DE)

(74) Vertreter: **Kalkoff & Partner**
Patentanwälte
Martin-Schmeisser-Weg 3a-3b
44227 Dortmund (DE)

(30) Priorität: **10.06.2015 DE 102015109194**

(54) **HOCHSTROMKABEL UND VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG DES VERSCHLEISSGRADES VON HOCHSTROMKABELN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Hochstromkabel für elektrisch betriebene Öfen, Anlagen für Elektroschlacke-Umschmelzverfahren und Reduktionsöfen sowie ein Verfahren zur Ermittlung des Verschleißgrades eines Hochstromkabels für elektrisch betriebene Öfen und für Elektroschlacke-Umschmelzanlagen. Um ein einfaches Verfahren sowie ein Hochstromkabel bereitzustellen, das einen störungsfreien und kosteneffizienten Betrieb ermöglicht, die Anlage vor Beschädigungen schützt sowie einen routinemäßigen Austausch von Hochstromkabeln nicht notwendig macht und somit zu geringeren Betriebskosten führt, ist vorgesehen, dass das Hochstrom-

kabel wenigstens ein elektrisches Leitungselement, eine an einer ersten Position des Leitungselements angeordnete Einspeisleitung für einen Messstrom, eine an einer zweiten Position des Leitungselements angeordnete Rückleitung für den Messstrom auf, einen ersten und einen zweiten, an dem Leitungselement angeordneten Messpunkt, ein erstes, mit dem ersten Messpunkt verbundenes Übertragungsmittel für ein erstes Messsignal sowie ein zweites, mit dem zweiten Messpunkt verbundenes Übertragungsmittel für ein zweites Messsignal umfasst.

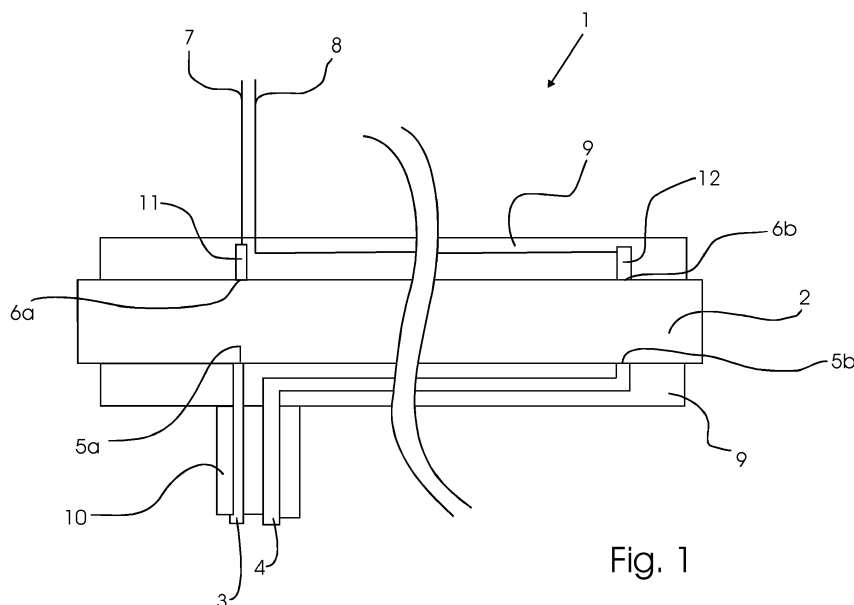


Fig. 1

EP 3 104 373 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Hochstromkabel für elektrisch betriebene Öfen, Anlagen für Elektroschlacke-Umschmelzverfahren und Reduktionsöfen sowie ein Verfahren zur Ermittlung des Verschleißgrades eines Hochstromkabels für elektrisch betriebene Öfen und Elektroschlacke-Umschmelzanlagen.

[0002] Hochstromkabel sind in vielfältiger Ausgestaltung aus dem Stand der Technik bekannt. Dabei werden entsprechende Hochstromkabel insbesondere verwendet, die Sekundärseite eines Transformators einer entsprechenden Hochstromanlage mit einer Elektrode bzw. einem Tragarm für eine Elektrode eines Pfannen- oder Lichtbogenofens oder einem anderen mit Starkstrom betriebenen Bauteil zu verbinden. Dabei weisen kleinere Pfannenöfen typischerweise drei Phasen auf und sind mit zwei Hochstromkabeln pro Phase angeschlossen. Bei größeren Öfen werden gewöhnlich bis zu vier Hochstromkabel pro Phase verwendet.

[0003] Dabei ist es insbesondere für größere Anlagen wichtig, dass der Betrieb ohne Ausfälle und damit verbundene, unerwünschte Betriebspausen erfolgt, da zum einen solche Unterbrechungen die Kosteneffizienz der Anlagen verringern und zum anderen auch zu Betriebsunterbrechungen der nachfolgenden Verarbeitungsschritte, beispielsweise einer Gießanlage und somit zu hohen finanziellen Verlusten führen. Die Anlagen des Standes der Technik werden bislang betrieben, bis es zu einem Kabelausfall, für gewöhnlich in Form des Bruches eines solchen Hochstromkabels kommt.

[0004] Dies führt jedoch nicht nur zu regelmäßigen Betriebsunterbrechung, sondern kann auch zu einer Beschädigung der gesamten Anlage führen. Insbesondere steigt die Belastung der übrigen Hochstromkabel beim Ausfall eines der Hochstromkabel sprunghaft an, was wenigstens zu einem erhöhten Verschleiß und sogar zum Ausfall weiterer Hochstromkabel führen kann.

[0005] Eine alternative Lösung des Problems regelmäßig ausfallender Hochstromkabel des Standes der Technik besteht in einem routinemäßigen Austausch sämtlicher Hochstromkabel nach einer vorgegebenen Anzahl an Betriebsstunden. Um jedoch einen Kabelausfall sicher zu verhindern, ist ein Austausch der Kabel deutlich vor der Einreichung einer möglichen Belastungsgrenze notwendig. Ein solcher häufiger Austausch sämtlicher Hochstromkabel führt jedoch zu einer unerwünschten Erhöhung der Betriebskosten.

[0006] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein einfaches Verfahren sowie ein Hochstromkabel bereitzustellen, das einen störungsfreien und kosteneffizienten Betrieb ermöglicht, die Anlage vor Beschädigungen schützt sowie einen routinemäßigen Austausch von Hochstromkabeln nicht notwendig macht und somit zu geringeren Betriebskosten führt.

[0007] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 sowie ein Verfahren gemäß Anspruch 12 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen

der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0008] Das erfindungsgemäße Hochstromkabel für elektrisch betriebene Öfen und Anlagen für Elektroschlacke-Umschmelzverfahren weist wenigstens ein elektrisches Leitungselement, eine an einer ersten Position des Leitungselements angeordnete Einspeisleitung für einen Messstrom sowie eine an einer zweiten Position des Leitungselements angeordnete Rückleitung für den Messstrom auf. Darüber hinaus sind an dem Leitungselement ein erster sowie ein zweiter Messpunkt angeordnet, wobei mit dem ersten Messpunkt ein erstes Übertragungsmittel für ein erstes Messsignal sowie mit dem zweiten Messpunkt ein zweites Übertragungsmittel für ein zweites Messsignal verbunden sind.

[0009] Dabei ermöglicht es das erfindungsgemäße Hochstromkabel in vorteilhafter Weise eine regelmäßige Messung des Zustandes des Leitungselements, wodurch in besonders einfacher Weise der Verschleiß des Hochstromkabels ermittelt werden kann, ohne dass dafür das Hochstromkabel aus der Anlage ausgebaut werden muss, was zu einer erheblichen Erhöhung der Betriebskosten sowie der Ausfallzeiten der Anlage führen würde. Weiterhin ermöglicht die ortsfeste Anordnung der Messpunkte sowie der Einspeisleitung und der Rückleitung eine besonders präzise und gut reproduzierbare Messbarkeit des individuellen Hochstromkabels.

[0010] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Ermittlung des Verschleißgrades eines Hochstromkabels für elektrisch betriebene Öfen oder für Elektroschlacke-Umschmelzanlagen erfolgt zunächst eine Abschaltung eines Hochstroms zum Betrieb des Ofens oder der Anlage sowie ein Einleiten eines Messstroms über eine mit einem Leitungselement des Hochstromkabels an einer ersten Position verbundenen Einspeisleitung sowie mittels einer an einer zweiten Position des Leitungselements angeordneten Rückleitung. Anschließend wird eine Messung wenigstens eines Messsignals an zwei voneinander beabstandeten, an dem Leitungselement angeordneten Messpunkten durchgeführt und schließlich werden eine Auswertung des Messsignals und eine Ermittlung des Verschleißgrades des Hochstromkabels vorgenommen.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es in vorteilhafter Weise, das Hochstromkabel während des Betriebs bzw. in kurzen Betriebspausen, beispielsweise zur Befüllung des Ofens, regelmäßig zu messen und somit den bereits eingetretenen Verschleiß des Hochstromkabels zu ermitteln. Dadurch werden zum einen unerwünschte Betriebsausfälle aufgrund von Ausfällen eines Hochstromkabels verhindert und dabei zugleich die Lebensdauer sämtlicher Hochstromkabel durch das Ausbleiben von Strom- bzw. Spannungsspitzen aufgrund des Ausfalls eines einzelnen Hochstromkabels vermieden. Zum anderen kann das Hochstromkabel über seine maximale Betriebsdauer genutzt werden, so dass ein vorzeitiger Austausch unnötig ist und somit die Betriebskosten gesenkt werden können.

Schließlich ermöglicht die feste Anordnung der Einspeisleitung und der Rückleitung sowie der beiden Messpunkte am Hochstromkabel besonders präzise Messungen, die bei den Vorrichtungen des Standes der Technik nicht möglich sind, da zum einen der Messung eines herkömmlichen Hochstromkabels innerhalb einer Anlage die sich verändernden Kontaktwiderstände des Kabels gegenüber der Anlage entgegenstehen und zum anderen durch geringfügige Variationen der Messpositionen eine Reihe präziser, reproduzierbarer Messungen nicht möglich ist.

[0012] Unter einem Hochstromkabel wird grundsätzlich jedes Kabel verstanden, das geeignet ist, einen Starkstrom zu leiten, insbesondere mit einer Stromstärke größer als 0,5 kA, bevorzugt größer als 1 kA, besonders bevorzugt größer als 5 kA und ganz besonders bevorzugt größer als 10 kA. Dabei kann das Hochstromkabel zunächst in beliebiger Weise ausgestaltet sein. So kann das Hochstromkabel ungekühlt, wassergekühlt oder luftgekühlt sein. Weiterhin kann das Hochstromkabel sowohl aus einem elektrischen Leitungselement gebildet sein, als auch ein elektrisches Leitungselement sowie eine Isolierung oder einer Ummantelung umfassen. Grundsätzlich kann ein Hochstromkabel zunächst eine beliebige Länge aufweisen, bevorzugt beträgt die Länge eines Hochstromkabels jedoch 1 - 15 m, besonders bevorzugt 2,5 - 12,5 m und ganz besonders bevorzugt 4 - 10 m.

[0013] Bei dem elektrischen Leitungselement handelt es sich grundsätzlich um ein Bauelement bzw. eine Baugruppe des Hochstromkabels, welches bzw. welche zur Leitung des Hochstroms vorgesehen ist. Dazu ist das elektrische Leitungselement bevorzugt im Wesentlichen aus Metall, besonders bevorzugt aus einer Kupferlegierung und ganz besonders bevorzugt im Wesentlichen aus reinem Kupfer gebildet. Grundsätzlich kann das elektrische Leitungselement eine beliebige Form, insbesondere einen beliebigen Querschnitt aufweisen. Bevorzugt weist das elektrische Leitungselement jedoch einen runden Querschnitt auf, dessen Durchmesser zwischen 100 mm² und 10.000 mm², bevorzugt zwischen 200 mm², und 9.000 mm² und besonders bevorzugt zwischen 250 mm² und 7.500 mm² beträgt.

[0014] Unter einem elektrisch betriebenen Ofen wird zunächst jede Anlage verstanden, in der ein Hochstrom zum Betrieb verwendet wird, um hohe Temperaturen im Inneren der Anlage zu erzeugen bzw. die zur Verarbeitung eines Metalls oder einer metallhaltigen Substanz unter Einwirkung hoher Temperaturen verwendet werden kann. Insbesondere handelt es sich dabei um Anlagen zum Schmelzen und Behandeln von Metall, insbesondere Pfannenöfen oder Lichtbogenöfen und/oder Anlagen zur Durchführung eines Elektroschlacke-Umschmelzverfahrens.

[0015] Bei der Einspeisleitung und der Rückleitung handelt es sich jeweils um ein Bauteil, das vorgesehen ist, einen elektrischen Strom zu leiten. Bevorzugt sind die Einspeisleitung und die Rückleitung jeweils im We-

sentlichen durch einen elektrischen Leiter, insbesondere bevorzugt durch ein metallisches Kabel gebildet. Das metallische Kabel ist dabei bevorzugt aus Kupfer oder einer Kupferlegierung gebildet und weist besonders bevorzugt eine Isolierung und/oder einer Ummantelung, insbesondere aus einem Kunststoff oder einer Lackschicht auf. Ebenfalls bevorzugt beträgt der Durchmesser der Einspeisleitung und der Rückleitung jeweils zwischen 20 mm² und 100 mm², besonders bevorzugt zwischen 25 mm² und 75 mm² und ganz besonders bevorzugt zwischen 35 mm² und 50 mm². Dabei können die Einspeisleitung und die Rückleitung grundsätzlich sowohl einadrig als auch mehradrig gebildet sein. Bei einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die Einspeisleitung und die Rückleitung zumindest abschnittsweise als ein einziges, zweiadriges Kabel gebildet, insbesondere jeweils an einem dem Leitungselement abgewandten Ende der Einspeisleitung und der Rückleitung.

[0016] Erfindungsgemäß sind die Einspeisleitung und die Rückleitung elektrisch leitend mit dem Leitungselement verbunden und können gemeinsam mit wenigstens einem Abschnitt des Leitungselements einen Stromkreis bilden. Bevorzugt sind die Einspeisleitung und die Rückleitung unmittelbar und ortsfest am Leitungselement festgelegt.

[0017] Bei dem Messstrom kann es sich zunächst grundsätzlich um einen beliebigen elektrischen Strom handeln. Bevorzugt handelt es sich dabei um einen gleichbleibenden, für eine gewisse Dauer eingeleiteten Strom, wobei die Dauer bevorzugt zwischen 500 ms und 30 s, besonders bevorzugt zwischen 1 s und 15 s und ganz besonders bevorzugt zwischen 2,5 s und 7,5 s beträgt. Dabei kann es sich bei dem Messstrom sowohl um einen Gleichstrom als auch um einen Wechselstrom handeln. Bei einem Messstrom in Form eines Gleichstroms beträgt die Stromstärke bevorzugt zwischen 50 A und 1,5 kA, besonders bevorzugt zwischen 100 A und 1 kA und ganz besonders bevorzugt zwischen 250 A und 750 A. Bei einem Messstrom in Form eines Wechselstroms beträgt die Frequenz bevorzugt 50 - 60 Hz oder alternativ bevorzugt zwischen 100 Hz und 1 kHz, besonders bevorzugt zwischen 250 Hz und 1 kHz.

[0018] Bei einem Messpunkt handelt es sich zunächst lediglich um eine festgelegte, ortsfeste Position an dem Leitungselement, an der ein Messsignal ermittelt werden kann. Dabei sind der erste und der zweite Messpunkt bevorzugt auf der ersten und/oder der zweiten Position bzw. zwischen der ersten und zweiten Position angeordnet. Ebenfalls bevorzugt ist am Messpunkt ortsfest ein Mittel zur Aufnahme bzw. Messung eines Messsignals angeordnet. Das Mittel zur Aufnahme eines Messsignals ist im einfachsten Fall ein Draht oder Kabel, kann jedoch auch einen Schaltkreis umfassen.

[0019] Das Übertragungsmittel ist unmittelbar oder mittelbar über ein weiteres Bauteil, beispielsweise ein Mittel zur Aufnahme, zur Messung und/oder zur Verarbeitung eines Messsignals, beispielsweise einem Mes-

sumformer, mit einem der Messpunkte verbunden und derart gebildet, dass das Übertragungsmittel ein am Messpunkt gemessenes Signal bzw. durch Verarbeitung gewonnene Daten weiterleiten bzw. übertragen kann.

[0020] Bei dem Messsignal kann es sich zunächst um eine beliebige physikalische Größe oder eine beliebige physikalische Eigenschaft handeln. Insbesondere kann es sich bei dem Messsignal um einen elektrischen Strom handeln. Entsprechend wird unter einer Messung des Messsignals die Erfassung einer entsprechenden physikalischen Eigenschaft, beispielsweise eines elektrischen Stromes verstanden. Grundsätzlich kann jedoch die Messung eines Messsignals auch schon erste Schritte einer Auswertung bzw. Datenverarbeitung enthalten, beispielsweise die Ermittlung typischer elektrischer Größen bzw. Eigenschaften eines elektrischen Leiters, beispielsweise Stromstärke, Spannung, Widerstand, Spannungsdifferenz gegenüber einem anderen Bauteil, insbesondere einer Erdung, bzw. Eigenschaften des resultierenden Magnetfeldes.

[0021] Unter der Auswertung des Messsignals wird wenigstens der Vorgang verstanden, bei dem aus wenigstens einem, bevorzugt mehreren Messsignalen und/oder daraus abgeleiteten Größen ein Wert oder eine Kennzahl ermittelt wird, die Aufschluss über den Zustand des Hochstromkabels, insbesondere des Leitungselements des Hochstromkabels liefert.

[0022] Bei dem Verschleißgrad handelt es sich um einen Wert zur Beschreibung des Zustandes des Hochstromkabels, insbesondere des Leitungselements des Hochstromkabels, wobei der Verschleißgrad das Maß der Abnutzung bzw. des Verschleißes mit zunehmender Betriebszeit eines Hochstromkabels beschreibt.

[0023] Unter der Abschaltung des Hochstroms wird zunächst grundsätzlich jede Abschaltung oder Senkung der Stromstärke im Leitungselement des Hochstromkabels auf oder unter die Stromstärke des Messstroms verstanden. Bevorzugt umfasst die Abschaltung des Hochstromkabels eine vollständige Abschaltung, besonders bevorzugt eine physikalische Trennung wenigstens eines Endes des Hochstromkabels von der Stromversorgung zum Betrieb des Ofens, insbesondere von der Sekundärseite eines Transformators. Dies kann insbesondere mittels eines Schalters bzw. einer anderen mechanischen oder elektronischen Schalt-Vorrichtung erfolgen.

[0024] Unter der Einleitung eines Messstroms wird zunächst grundsätzlich jede Einstellung der Stromstärke im Leitungselement des Hochstromkabels auf die Stromstärke des Messstroms verstanden. Bevorzugt erfolgt die Einleitung des Messstroms unabhängig von und/oder aus einer anderen Stromquelle als der Stromversorgung zum Betrieb des Ofens, insbesondere der Sekundärseite eines Transformators zum Betrieb des Ofens.

[0025] Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Hochstromkabels sind der erste und der zweite Messpunkt entlang des Leitungselements eine Messstrecke bildend voneinander beabstandet ange-

ordnet, wobei durch die ortsfeste Anordnung der beiden Messpunkte die Messstrecke gleichbleibend festgelegt ist und somit in besonders einfacher Weise präzise wiederholbare Messungen des Leitungselements ermöglicht werden.

[0026] Nach einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Hochstromkabels weist die Messstrecke eine Länge zwischen 95 % und 85 %, bevorzugt zwischen 95 % und 90 % und besonders bevorzugt 95 % der Länge des Leitungselements auf, wodurch eine besonders einfache und präzise Messung der als besonders belastet bekannten Abschnitte des Hochstromkabels erfolgen kann. Gemäß einer weiteren möglichen Ausgestaltung entspricht die Länge der Messstrecke der Länge des Leitungselements und die beiden Messpunkte sind im Bereich jeweils eines Endes des Leitungselements angeordnet.

[0027] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Hochstromkabels ist der erste Messpunkt an der ersten Position und/oder der zweite Messpunkt an der zweiten Position angeordnet, wodurch besonders präzise Messungen ermöglicht werden, da die Positionen der Ein- bzw. Rückleitung des Messstromes den Stellen des Leitungselements des Hochstromkabels entsprechen, an denen die Messsignale erfasst werden.

[0028] Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Hochstromkabels weist die erste Position entlang des Leitungselements von der zweiten Position wenigstens einen Abstand zwischen 10 % und 100 %, bevorzugt zwischen 25 % und 90 % und besonders bevorzugt zwischen 35 % und 65 % der Länge des Leitungselements auf.

[0029] Gemäß einer besonders bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Hochstromkabels sind die Einspeisleitung und/oder die Rückleitung wenigstens abschnittsweise in einer Isolierung oder einer Ummantelung des Hochstromkabels angeordnet, wodurch sich eine besonders leichte Handhabbarkeit des Hochstromkabels ergibt und zugleich eine Veränderung der Messsignale aufgrund unterschiedlich in Bezug zueinander verlaufender, stromführender Leitungen vermieden wird. Besonders bevorzugt verlaufen die Einspeisleitung und/oder die Rückleitung auf dem Abschnitt des Hochstromkabels innerhalb einer Isolierung oder einer Ummantelung, in dem die Einspeisleitung und/oder die Rückleitung parallel zum Leitungselement des Hochstromkabels geführt sind. Weiterhin bevorzugt treten sowohl die Einspeisleitung als auch die Rückleitung aus der Isolierung oder der Ummantelung des Hochstromkabels an einer gemeinsamen Position aus, wobei die Einspeisleitung und die Rückleitung dabei besonders bevorzugt als ein zweiadriges Kabel gebildet sind. Grundsätzlich sind sowohl die Einspeisleitung als auch die Rückleitung jedoch nur an der ersten bzw. zweiten Position leitend mit dem Leitungselement des Hochstromkabels verbunden.

[0030] Gemäß einer ebenfalls besonders bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Hochstromka-

bels sind das erste und/oder das zweite Übertragungsmittel wenigstens abschnittsweise in einer Isolierung oder einer Ummantelung des Hochstromkabels angeordnet, wodurch sich eine besonders leichte Handhabbarkeit des Hochstromkabels ergibt und zugleich eine Veränderung der Messsignale aufgrund unterschiedlich in Bezug zueinander verlaufender, stromführender Leitungen vermieden wird. Ebenfalls bevorzugt treten beide Übertragungsmittel aus der Isolierung oder der Ummantelung des Hochstromkabels an einer gemeinsamen Position aus, so dass beide Übertragungsmittel in besonders einfacher Weise mit einer Vorrichtung zur Erfassung und/oder zur Auswertung des Messsignals verbunden werden können.

[0031] Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Hochstromkabels umfasst wenigstens eines, bevorzugt beide Übertragungsmittel eine elektrische Messleitung, die bevorzugt einen Kern aus Metall, insbesondere Kupfer, beispielsweise Kupferdraht oder Kupferlitze umfasst und besonders bevorzugt weiterhin eine Isolierung aufweist. Ebenfalls bevorzugt beträgt der Durchmesser des Kerns aus Metall zwischen $0,5 \text{ mm}^2$ und 10 mm^2 , besonders bevorzugt zwischen 1 mm^2 und 5 mm^2 und ganz besonders bevorzugt $2,5 \text{ mm}^2$. Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Hochstromkabels umfasst wenigstens eines, bevorzugt beide der Übertragungsmittel einen optischen Leiter, insbesondere ein Glasfaserkabel, wobei besonders bevorzugt an jedem optischen Leiter ein Messumformer zur Wandlung eines elektrischen in ein optisches Signal angeordnet ist, wodurch eine besonders schnelle und beispielsweise durch Induktion unbeeinflusste Datenübertragung in vorteilhafter Weise ermöglicht wird und somit die Genauigkeit der Messung verbessert wird. Ebenfalls bevorzugt ist der Messumformer im Bereich des Messpunktes angeordnet und besonders bevorzugt ist der Messumformer vollständig innerhalb einer Ummantelung oder Isolierung des Hochstromkabels angeordnet.

[0032] Nach einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Hochstromkabels sind am ersten und/oder am zweiten Messpunkt ein im elektrischen Kontakt mit dem Leitungselement des Hochstromkabels befindliches Anschlusselement für ein Messgerät oder eine Messeleitung angeordnet, wodurch in besonders einfacher Weise weitere Messungen bzw. die Erfassung weiterer Messwerte ermöglicht wird. Unter einem Anschlusselement wird dabei zunächst jede Vorrichtung verstanden, die vorgesehen ist, eine Messeleitung oder ein Messgerät anzuschließen. Insbesondere bevorzugt umfasst das Anschlusselement einen im elektrischen Kontakt mit dem Leitungselement stehenden Bereich sowie einen diesen Bereich vollständig abdeckende, öffnbare, im geschlossenen Zustand isolierende Verschlussvorrichtung, wobei die Verschlussvorrichtung einen elektrischen Zugang zum Leitungselement, insbesondere durch eine Isolierung und/oder einer Ummantelung des Hochstromkabels ermöglicht.

[0033] Nach einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Hochstromkabels ist eine Rogowski-Spule bzw. ein Rogowski-Gürtel das Leitungselement umgebend angeordnet, wobei die Rogowski-Spule besonders bevorzugt innerhalb einer Isolierung oder Ummantelung des Hochstromkabels angeordnet ist. Dies ermöglicht in vorteilhafter Weise die Erfassung weiterer Messwerte, insbesondere der Stromstärke des von einem Messstrom oder einem Hochstrom im Betrieb durchflossenen Hochstromkabels.

[0034] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Abschaltung des Hochstroms mittels einer Schütze, wobei besonders bevorzugt mittels der Schütze zugleich die Einleitung des Messstroms geschaltet wird. Dies ermöglicht in vorteilhafter Weise in einem gemeinsamen Verfahrensschritt die Abschaltung des Hochstroms sowie die Einleitung des Messstroms. Besonders bevorzugt liegt dabei eine Potentialtrennung zwischen dem Hochstromkreis zum Betrieb der Anlage und dem Messstromkreis vor.

[0035] Nach einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst die Messung eine Erfassung eines Spannungsabfalls, einer Spannungsdifferenz und/oder eines induktiven Blindwiderstandes, wodurch in besonders einfacher Weise eine Veränderung der Struktur des Hochstromkabels, insbesondere des Leitungselements des Hochstromkabels erfasst werden kann.

[0036] Gemäß einer ebenfalls bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst die Auswertung eine Beobachtung einer Signaländerung über ein Zeitintervall und/oder gegenüber einer Referenz, insbesondere gegenüber an einer abgeschirmten Erdung gemessenen Werten. Ganz besonders bevorzugt wird in Betriebspausen der Anlage, beispielsweise zwischen dem Schmelzen verschiedener Metalllegierungen in einem elektrisch betriebenen Ofen, jeweils eine Messung des angeschlossenen Hochstromkabels vorgenommen und auf eine Änderung der Messwerte über die Zeit hin untersucht, die einen Hinweis auf eine Veränderung des Hochstromkabels, insbesondere einen Verschleiß des Leitungselements hinweisen kann.

[0037] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden mehrere, voneinander isolierte Leitungselemente eines Hochstromkabels bzw. mehrere Hochstromkabel einer elektrischen Hochstromanlage, insbesondere eines elektrisch betriebenen Ofens, der Reihe nach gemessen und anschließend die Messsignale für jedes Leitungselement bzw. jedes Hochstromkabel einzeln und/oder in Bezug zueinander ausgewertet.

[0038] Ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung sowie des erfindungsgemäßen Verfahrens wird nachstehend mit Bezug auf die Zeichnung näher erläutert. In der Figur zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Hochstromkabels.

[0039] Die in Figur 1 dargestellte, erste Ausführungsform eines Hochstromkabels 1 weist ein elektrisches Leitungselement 2 sowie eine das elektrische Leitungselement 2 umgebende Ummantelung 9 auf.

[0040] Das elektrische Leitungselement 2 ist dabei aus einer Kupferlegierung gebildet und weist einen runden Querschnitt mit einem Durchmesser von 7.500 mm² auf. Die Länge des elektrischen Leitungselements 2 beträgt 8 m.

[0041] Im Bereich eines ersten Endes des Hochstromkabels 1 ist eine aus Kupfer gebildete, einen Durchmesser von 50 mm² aufweisende Einspeisleitung 3 ortsfest mit dem elektrischen Leitungselement 2 unmittelbar an einer ersten Position 5a verbunden. Die Einspeisleitung 3 weist eine Länge von 2 m auf und ist vorgesehen, um einen Messstrom mit einer Stromstärke von 100 A in das elektrische Leitungselement 2 einzuleiten.

[0042] Im Bereich eines zweiten Endes des Hochstromkabels 1 ist eine Rückleitung 4 ortsfest und unmittelbar am Leitungselement an einer zweiten Position 5b angeordnet, wobei die Rückleitung 4 insbesondere im Durchmesser und im Material der Einspeisleitung 3 gleicht. Die Rückleitung weist dabei eine Länge von etwa 8 m auf.

[0043] Die Einspeisleitung 3 und die Rückleitung 4 sind beide an den jeweils dem elektrischen Leitungselement 2 zugewandten Enden innerhalb der Ummantelung 9 des Hochstromkabels 1 angeordnet, wobei insbesondere die Rückleitung 4 über eine Strecke von etwa 6 m parallel zum elektrischen Leitungselement 2 innerhalb der Ummantelung 9 des Hochstromkabels 1 auf die Einspeisleitung 3 hinzu geführt ist, so dass die Einspeisleitung 3 und die Rückleitung 4 die Ummantelung 9 des Hochstromkabels 1 an einer gemeinsamen Position verlassen. Der außerhalb der Ummantelung 9 des Hochstromkabels 1 befindliche Teil der Einspeisleitung 3 und der Rückleitung 4 ist ein einziges, zweiadriges Kabel bildend von einer Isolierung 10 aus Kunststoff umgeben, wobei dieser Teil der Einspeisleitung 3 und der Rückleitung 4 eine Länge von etwa 1,8 m aufweist.

[0044] Der Abstand der ersten Position 5a von der zweiten Position 5b entlang dem elektrischen Leitungselement 2 beträgt dabei etwa 6 m und somit 80 % der Länge des elektrischen Leitungselements 2.

[0045] Im Bereich des ersten Endes des Hochstromkabels 1 und an der ersten Position 5a ist ein erster Messpunkt 6a angeordnet, an dem ein innerhalb der Ummantelung 9 des Hochstromkabels 1 angeordneter, erster Messumformer 11 elektrisch leitend mit dem elektrischen Leitungselement 2 verbunden ist.

[0046] Im Bereich des zweiten Endes des Hochstromkabels 1 ist ein zweiter Messpunkt 6b mit einem zweiten Messumformer 12 angeordnet, so dass der Abstand zwischen dem ersten Messpunkt 6a und dem zweiten Messpunkt 6b entlang der Längsachse des elektrischen Leitungselements 26 m beträgt.

[0047] Die beiden Messumformer 11, 12 wandeln dabei ein vom elektrischen Leitungselement 2 an den bei-

den Messpunkten 6a, 6b jeweils aufgenommenes elektrisches Signal in ein optisches Signal um. Das optische Signal wird dann vom ersten Messumformer 11 in ein erstes Übertragungsmittel 7 und vom zweiten Messumformer 12 in ein zweites Übertragungsmittel 8 eingeleitet, wobei beide Übertragungsmittel 7, 8 durch Glasfaserleitung gebildet werden.

[0048] Die beiden Übertragungsmittel 7, 8 verlaufen abschnittsweise an den den Messumformern 11, 12 zugewandten Enden innerhalb der Ummantelung 9 des Hochstromkabels 1, wobei insbesondere das zweite Übertragungsmittel 8 parallel zum elektrischen Leitungselement 2 innerhalb der Ummantelung 9 des Hochstromkabels 1 auf das erste Übertragungsmittel 7 zu verläuft, so dass das erste Übertragungsmittel 7 und das zweite Übertragungsmittel 8 an einer gemeinsamen Position aus der Ummantelung 9 des Hochstromkabels 1 austreten.

[0049] Eine Messung zur Ermittlung des Verschleißgrades des Hochstromkabels 1 erfolgt, indem zunächst ein für den Betrieb einer entsprechenden Anlage notwendiger Hochstrom auf dem Hochstromkabel 1 abgeschaltet wird und nachfolgend über die Einspeisleitung 3 sowie die Rückleitung 4 einen Messstrom mit einer Stromstärke von 100 A für eine Dauer von wenigstens 5 s eingeleitet wird.

[0050] Während der Messstrom am elektrischen Leitungselement 2, insbesondere zwischen der ersten Position 5a und der zweiten Position 5b anliegt, wird jeweils am ersten und am zweiten Messpunkt 6a, 6b durch die beiden Messumformer 11, 12 wenigstens die Spannung am elektrischen Leitungselement 2 gegenüber einer abgeschirmten Erdung ermittelt, jeweils in ein optisches Signal gewandelt und mittels der beide Übertragungsmittel 7, 8 an eine Auswertungseinheit weitergeleitet.

[0051] In der Auswertungseinheit werden anschließend die gemessenen Signale ausgewertet und eine Kennzahl für den Grad des Verschleißes des Hochstromkabels 1 ermittelt, wobei die Auswertung wenigstens auf der zeitlichen Änderung eines im Rahmen mehrerer verschiedener Messungen ermittelten Spannungsabfalls zwischen dem ersten Messpunkt 6a und dem zweiten Messpunkt 6b beruht.

[0052] Weiterhin ist im Rahmen der Auswertung vorgesehen, sämtliche in der Anlage verbauten Hochstromkabel 1 zunächst einzelnen und nacheinander zu messen sowie zunächst für jedes Hochstromkabel 1 unabhängig von den weiteren Hochstromkabel 1 die jeweilige Kennzahl für den Verschleißgrad des Hochstromkabels 1 zu bestimmen. Nachfolgend können darüber hinaus auch die Messsignale und/oder die Kennzahlen der einzelnen Hochstromkabel 1 zueinander in Bezug gesetzt werden, um über ein einzelnes Hochstromkabel 1 hinausgehende Informationen über den Zustand der gesamten Anlage zu erhalten.

Bezugszeichen

[0053]

- 1 Hochstromkabel
- 2 elektrisches Leitungselement
- 3 Einspeisleitung
- 4 Rückleitung
- 5a erste Position
- 5b zweite Position
- 6a erster Messpunkt
- 6b zweiter Messpunkt
- 7 erstes Übertragungsmittel
- 8 zweites Übertragungsmittel
- 9 Ummantelung
- 10 Isolierung
- 11 erster Messumformer
- 12 zweiter Messumformer

Patentansprüche

1. Hochstromkabel (1) für elektrisch betriebene Öfen, Anlagen für Elektroschlacke-Umschmelzverfahren und Reduktionsöfen, mit

- wenigstens einem elektrischen Leitungselement (2),
- einer an einer ersten Position (5a) des Leitungselements (2) angeordneten Einspeisleitung (3) für einen Messstrom und
- einer an einer zweiten Position (5b) des Leitungselements (2) angeordneten Rückleitung (4) für den Messstrom,
- einem ersten und einem zweiten, an dem Leitungselement angeordneten Messpunkt (6a, b) sowie
- einem ersten, mit dem ersten Messpunkt (6a) verbundenen Übertragungsmittel (7) für ein erstes Messsignal sowie einem zweiten, mit dem zweiten Messpunkt (6b) verbundenen Übertragungsmittel (8) für ein zweites Messsignal.

2. Hochstromkabel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste und der zweite Messpunkt (6a, b) entlang des Leitungselements (2) eine Messstrecke bildend voneinander beabstandet angeordnet sind.

3. Hochstromkabel nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messstrecke eine Länge zwischen 10 % und 100 %, bevorzugt zwischen 25 % und 90 % und besonders bevorzugt zwischen 35 % und 65 % der Länge des Leitungselements (2) aufweist.

4. Hochstromkabel nach wenigstens einem der vorher-

gehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass der erste Messpunkt (6a) an der ersten Position (5a) und/oder der zweite Messpunkt (6b) an der zweiten Position (5b) angeordnet ist.

5. Hochstromkabel nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass die erste Position (5a) entlang des Leitungselements (2) von der zweiten Position (5b) wenigstens einen Abstand zwischen 10 % und 100 %, bevorzugt zwischen 25 % und 90 % und besonders bevorzugt zwischen 35 % und 65 % der Länge des Leitungselements (2) aufweist.

6. Hochstromkabel nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass die Einspeisleitung (3) und/oder die Rückleitung (4) wenigstens abschnittsweise in einer Isolierung oder einer Ummantelung (9) des Hochstromkabels (1) angeordnet sind und dabei bevorzugt sowohl die Einspeisleitung (3) als auch die Rückleitung (4) aus der Isolierung oder der Ummantelung (9) des Hochstromkabels (1) an einer gemeinsamen Position austreten.

7. Hochstromkabel nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass das erste und/oder das zweite Übertragungsmittel (7, 8) wenigstens abschnittsweise in einer Isolierung oder einer Ummantelung (9) des Hochstromkabels (1) angeordnet sind und dabei bevorzugt beide Übertragungsmittel (7, 8) aus der Isolierung oder der Ummantelung (9) des Hochstromkabels (1) an einer gemeinsamen Position austreten.

8. Hochstromkabel nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines, bevorzugt beide Übertragungsmittel (7, 8) einen elektrischen Leiter umfassen.

9. Hochstromkabel nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines, bevorzugt beide der Übertragungsmittel (7, 8) einen optischen Leiter, insbesondere ein Glasfaserkabel umfassen, wobei bevorzugt an jedem optischen Leiter ein Messumformer (11, 12) zur Wandlung eines elektrischen in ein optisches Signal angeordnet ist.

10. Hochstromkabel nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass am ersten und/oder am zweiten Messpunkt (6a, b) ein im elektrischen Kontakt mit dem Leitungselement (2) des

Hochstromkabels (1) befindliches Anschlusselement für ein Messgerät oder eine Messeitung angeordnet sind.

11. Hochstromkabel nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, 5
dadurch gekennzeichnet, dass eine Rogowski-Spule das Leitungselement (2) umgebend angeordnet ist, wobei die Rogowski-Spule bevorzugt innerhalb einer Isolierung oder Ummantelung (9) des Hochstromkabels (1) angeordnet ist. 10

12. Verfahren zur Ermittlung des Verschleißgrades eines Hochstromkabels für elektrisch betriebene Öfen und für Elektroschlacke-Umschmelzanlagen, mit den Schritten 15
 - Abschaltung eines Hochstroms zum Betrieb des Ofens oder der Anlage,
 - Einleiten eines Messstroms über eine mit einem Leitungselement des Hochstromkabels an einer ersten Position verbundenen Einspeisleitung sowie mittels einer an einer zweiten Position des Leitungselements angeordneten Rückleitung, 20
 - Messung wenigstens eines Messsignals an zwei voneinander beabstandeten, an dem Leitungselement angeordneten Messpunkten, 25
 - Auswertung des Messsignals und Ermittlung des Verschleißgrades des Hochstromkabels. 30

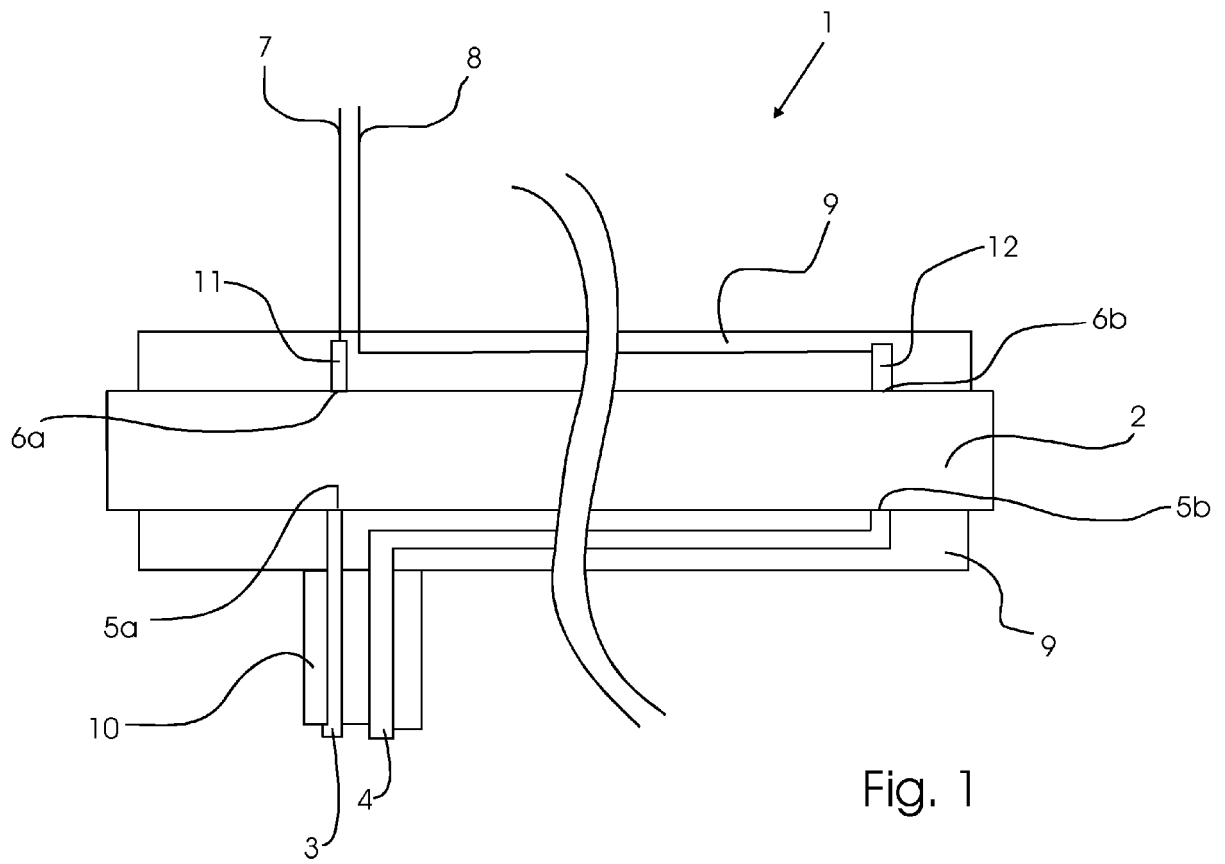
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abschaltung des Hochstroms mittels einer Schütze erfolgt, wobei bevorzugt mittels der Schütze zugleich die Einleitung des Messstroms geschaltet wird. 35

14. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messung eine Erfassung eines Spannungsabfalls, einer Spannungsdifferenz und/oder eines induktiven Blindwiderstandes umfasst. 40

15. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 12 - 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auswertung eine Beobachtung einer Signaländerung über ein Zeitintervall und/oder gegenüber einer Referenz, insbesondere gegenüber an einer abgeschirmten Erdung gemessenen Werten umfasst. 45

50

55





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 16 17 1148

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2011 016966 A1 (SAVEWAY GMBH & CO KG [DE]) 18. Oktober 2012 (2012-10-18)	1-5	INV.
A	* Absatz [0021]; Abbildung 5 *	12	H01B7/32
	-----		H01B9/00
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 1. November 2016	Prüfer Salm, Robert
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 17 1148

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

01-11-2016

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	DE 102011016966 A1	18-10-2012	KEINE	
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82