

(19)



(11)

EP 2 928 267 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.10.2015 Patentblatt 2015/41

(51) Int Cl.:
H05B 7/101 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15000373.9**

(22) Anmeldetag: **09.02.2015**

(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

(72) Erfinder:
• **Schweikle, Ralf**
79261 Gutach im Breisgau (DE)
• **Flach, Walter**
77694 Kehl-Querbach (DE)

(30) Priorität: **11.02.2014 DE 102014001713**

(74) Vertreter: **Thämer, Wolfgang**
Zürn & Thämer
Patentanwälte
Hermann-Köhl-Weg 8
76571 Gaggenau (DE)

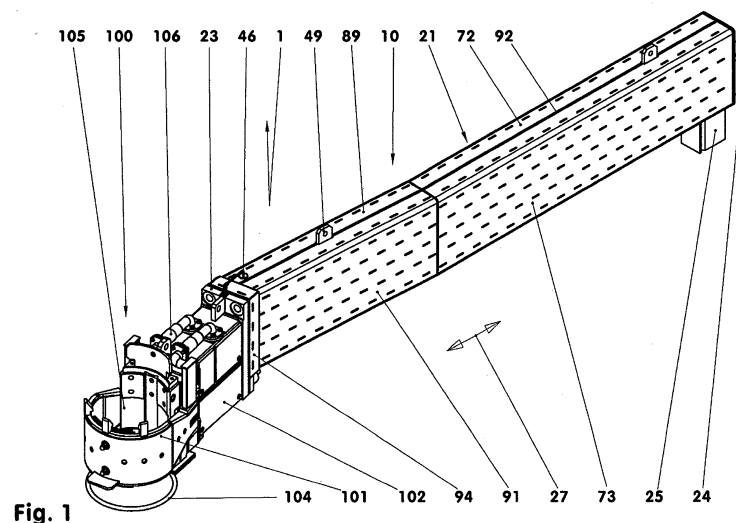
(71) Anmelder: **Badische Stahl-Engineering GmbH**
77694 Kehl (DE)

(54) Elektroden­tragarmkörper mit Tragkörper

(57) Die Erfindung betrifft einen stromführenden und mittels eines Kühlmittels durchströmbaren Elektroden­tragarmkörper eines Elektrolichtbogenofens, der stirnseitig Adapter für Hochstromkabel aufweist und wobei an der den Adaptern abgewandten Seite des Elektroden­tragarmkörpers eine Elektrodenaufnahmevorrichtung anschließbar ist sowie einen Elektroden­tragarm mit einem derartigen Elektroden­tragarmkörper und einer Elektrodenaufnahmevorrichtung. Der Elektroden­tragarmkörper weist einen einen Profilträger umfassenden Tragkörper und einen hiervon mittels Abstandshaltern beabstandeten, im Querschnitt zweischalig ausgebildeten Leitkörper

per auf. Am oder im Profilträger sind Elektroden­tragarm-Befestigungselemente zur Befestigung des Elektroden­tragarmkörpers an einer Elektrodenhubvorrichtung angeordnet. Außerdem weist der Tragkörper ein geschlossenes Profil auf, dessen größtes Flächenträgheitsmoment mehr als 25 % größer ist als das größte Flächenträgheitsmoment des Leitkörpers im gleichen Querschnitt.

Mit der vorliegenden Erfindung werden ein kostengünstig herstellbarer, bei Beaufschlagung mit innerer und mit äußerer Belastung stabiler Elektroden­tragarmkörper und Elektroden­tragarm entwickelt.

**Fig. 1****EP 2 928 267 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen stromführenden und mittels eines Kühlmittels durchströmbaren Elektroden-tragarmkörper eines Elektrolichtbogenofens, der stirn-seitig Adapter für Hochstromkabel aufweist und wobei an der den Adaptern abgewandten Seite des Elektroden-tragarmkörpers eine Elektrodenaufnahmevorrichtung anschließbar ist sowie einen Elektroden-tragarm mit einem derartigen Elektroden-tragarmkörper und mit einer Elektrodenaufnahmevorrichtung.

[0002] Aus der EP 1 901 586 A1 ist ein Elektroden-tragarm bekannt, in dem einzelne, mit einem leitfähigen Material plattierte Stahlbleche miteinander mittels Stahlblechen verbunden sind. Die leitfähigen Materialien sind mittels leitfähiger Verbindungsbleche miteinander verbunden. Der Elektroden-tragarm ist aufwendig herzustellen. Betriebsbelastungen durch innere oder durch äußere Kräfte können zu Verformungen des Elektroden-tragarms führen.

[0003] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Problemstellung zugrunde, einen kostengünstig herstellbaren, bei Beaufschlagung mit innerer und äußerer Belastung stabilen Elektroden-tragarmkörper und Elektroden-tragarm zu entwickeln.

[0004] Diese Problemstellung wird mit den Merkmalen des Hauptanspruches gelöst. Dazu weist der Elektroden-tragarmkörper einen einen Profilträger umfassenden Tragkörper und einen hiervon mittels Abstandshaltern beabstandeten, im Querschnitt zweischalig ausgebildeten Leitkörper auf. Am oder im Profilträger sind Elektroden-tragarm-Befestigungselemente zur Befestigung des Elektroden-tragarmkörpers an einer Elektrodenhubvorrichtung angeordnet. Außerdem weist der Tragkörper ein geschlossenes Profil auf, dessen größtes Flächenträgheitsmoment mehr als 25 % größer ist als das größte Flächenträgheitsmoment des Leitkörpers im gleichen Querschnitt.

[0005] Weitere Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung schematisch dargestellter Ausführungsformen.

- Figur 1: Elektroden-tragarm;
- Figur 2: Rückansicht von Figur 1;
- Figur 3: Querschnitt des Elektroden-tragarms aus Figur 1;
- Figur 4: Detail aus Figur 3;
- Figur 5: Detail des Elektroden-tragarms mit Befestigungselement;
- Figur 6: Leitkörperschale;
- Figur 7: Tragkörper mit Abstandshaltern.

[0006] In den Figuren 1 - 7 ist ein Elektroden-tragarm (10) eines Elektrolichtbogenofens in Ansichten, Schnitten und Einzelteilen dargestellt. Der in den Figuren gezeigte Elektroden-tragarm (10) ist ein äußerer Elektroden-tragarm (10) eines Drehstromofens. Der Drehstrom-

ofen verfügt über drei einzeln regelbare Elektroden-tragarme (10), wobei jeder Elektroden-tragarm (10) den Strom einer der drei elektrisch um 120 Grad versetzten Phasen des Drehstromnetzes überträgt. Vom Trafobaus aus gesehen ist der in den Figuren dargestellte Elektroden-tragarm (10) der rechte der drei Tragarme. Jeder der Elektroden-tragarme (10) trägt im Betrieb mittels einer Elektrodenaufnahmevorrichtung (100) eine Elektrode. Die mittels einer Elektroden-Spannvorrichtung (101) eingespannten Elektroden sind auf einem gemeinsamen Teilkreis angeordnet, wobei der Winkel zwischen den Elektroden jeweils 120 Grad beträgt. Hierbei ist die Elektrode des mittleren Elektroden-tragarms im Allgemeinen in Richtung der Trafobauswand versetzt. Mittels hydraulischer Betätigung der in der Elektrodenaufnahmevorrichtung (100) angeordneten Elektroden-Spannvorrichtung (101) ist die Elektrode lösbar.

[0007] Der Elektrolichtbogenofen kann auch als Gleichstromofen ausgeführt sein. Ein Gleichstromofen hat einen einzigen Elektroden-tragarm (10), der im Allgemeinen die eine Kathode bildende Elektrode trägt. Im Boden des Gefäßes des Gleichstromofens ist eine Bodenelektrode angeordnet, die eine Anode bildet.

[0008] Beim Betrieb des Elektrolichtbogenofens wird elektrischer Strom vom Transformator über flexible, schlauchartige Hochstromleitungen an den oder die Elektroden-tragarme (10) und die Elektroden geführt. Zum Ofenbetrieb zündet ein Lichtbogen zwischen der einzelnen Elektrode und dem Einsatzmaterial, z.B. Stahlschrott und erhitzt dieses. Die Stromstärke des über den Elektroden-tragarm (10) übertragenen elektrischen Stroms beträgt beispielsweise 75 Kiloampère. Die einzelne Graphitelektrode hat z.B. einen Durchmesser von 610 Millimetern und besteht beispielsweise aus drei bis vier miteinander verschraubten Elektrodenabschnitten. Sie hat eine Gesamtmasse zwischen 9.000 und 12.000 Kilogramm.

[0009] Der einzelne Elektroden-tragarm (10) sitzt mittels z.B. zwei Auflagenplatten (18) und einer Isolationsplatte auf einer Hubsäule. Mittels dieser z.B. hydraulisch betätigten Hubsäule werden während des Ofenbetriebs die Elektroden angehoben und abgesenkt, um im Schmelzbad einen stabilen Lichtbogen zu erreichen. Diese Regelung erfolgt dynamisch. Der Abstand der einzelnen Elektrode von der Hubsäule beträgt im Ausführungsbeispiel 5,4 Meter.

[0010] Zur Befestigung des Elektroden-tragarms (10) an der Hubsäule dient eine unter den Auflageplatten (18) liegende Befestigungsplatte, die z.B. mittels dreier Schraubverbindungen am Elektroden-tragarm (10) befestigt ist. Im Elektroden-tragarm (10) sind hierfür als Befestigungselemente (11) drei Einschraubhülsen (11) angeordnet. Die Innengewinde (12) dieser Einschraubhülsen (11) haben beispielsweise einen Nenndurchmesser von 160 Millimetern und eine Länge von 300 Millimetern. Zur Anpassung der Befestigungsplatte an die Hubsäule kann zwischen diesen beiden Bauteilen ein Adapterstuhl angeordnet sein.

[0011] Das gesamte Elektrodenhubwerk ist zusammen mit allen Elektrodentragarmen (10) schwenkbar ausgebildet. Der Schwenkwinkel beträgt z.B. 50 Grad. Beim Schwenken, beim Anheben und beim Absenken der Elektrodentragarme (10) werden die flexiblen Hochstromleitungen, Kühlmittleitungen und Hydraulikleitungen, die die Wand des Trafohauses mit den Elektrodentragarmen (10) verbinden, verformt.

[0012] Die Elektrodentragarme (10) werden durch ein sich änderndes Lastkollektiv beansprucht. Im Ruhezustand, z.B. bei abgeschaltetem Ofen, werden die Elektrodentragarme (10) im Wesentlichen durch statische Kräfte beansprucht. Dies sind unter anderem die durch die Eigenmasse des Elektrodentragarms (10), die Elektrode und die flexiblen Leitungen verursachten Biegebeanspruchungen.

[0013] Beim Betrieb wird der Elektrodentragarm (10) zusätzlich durch dynamische Kräfte aufgrund der Regelung sowie durch elektrische Kräfte beansprucht. Letztere entstehen beim Drehstromofen durch den phasenverschobenen Stromfluß in den beiden anderen Elektrodentragarmen (10). Je nach momentaner Phasenlage der benachbarten Stromflüsse wirken anziehende oder abstoßende Kräfte zwischen den Elektrodentragarmen (10).

[0014] Die vom flüssigen Stahl aufsteigende Wärme - die Abstichtemperatur eines Elektrolichtbogenofens kann bis zu 1700 Grad Celsius betragen - sowie der Stromdurchfluß bewirken beim Betrieb des Elektrolichtbogenofens zusätzlich eine thermische Belastung des einzelnen Elektrodentragarms (10).

[0015] Im Ausführungsbeispiel hat der Elektrodentragarm (10) einschließlich der Elektrodenaufnahmeverrichtung (100) eine Gesamtlänge von 7,7 Metern. Seine Höhe beträgt etwa 800 Millimeter und seine Breite 430 Millimeter. Im Ausführungsbeispiel hat der Elektrodentragarm (10) einen rechteckigen Querschnitt mit abgerundeten Ecken. Der Querschnitt kann aber auch polygonförmig, rund, elliptisch, etc. ausgebildet sein.

[0016] Der in den Figuren dargestellte Elektrodentragarm (10) umfasst einen Elektrodentragarmkörper (21) und die Elektrodenaufnahmeverrichtung (100). In den Darstellungen der Figuren 1 und 2 ist die Elektrodenaufnahmeverrichtung (100) an einer Flanschplatte (23) des Elektrodentragarmkörpers (21) befestigt.

[0017] An dem der Elektrodenaufnahmeverrichtung (100) abgewandten hinteren Ende des Elektrodentragarmkörpers (21) verschließt eine Anschlussplatte (22) den Elektrodentragarmkörper (21). Die Anschlussplatte (22) ist eine Kupferplatte mit einer Dicke von z.B. 20 Millimetern. Sie ist z.B. aus einem desoxidierten Kupfer mit niedrigem Restphosphorgehalt hergestellt, z.B. CU-HCP mit der EN-Werkstoffnummer CW021A und der DIN-Werkstoffnummer 2.0070. Die elektrische Leitfähigkeit dieses Werkstoffs beträgt bei einer Temperatur von 20 Grad Celsius 57 - 59 Megasiemens/Meter. Der spezifische elektrische Widerstand bei einer Temperatur von 20 Grad Celsius liegt unter $0,02 \cdot 10^{-6}$ Ohm mal Meter. Er

ist damit kleiner als $0,05 \cdot 10^{-6}$ Ohm mal Meter. An der Anschlussplatte (22) sind beispielsweise zwei Adapter. (24) bildende Anschlußfahnen (24) befestigt. An jeder dieser Anschlußfahnen (24) wird z.B. ein Hochstromkabel befestigt. Zwei weitere Anschlußfahnen (25) sind an der Unterseite des Elektrodentragarmkörpers (21) angeordnet.

[0018] Die Flanschplatte (23) besteht im Ausführungsbeispiel aus einer Stahlplatte und einer mit dieser an einzelnen Punkten verschweißten Kupferplatte. Die Kupferplatte ist aus dem gleichen Werkstoff wie die Anschlussplatte (22) hergestellt. Hierbei steht die Kupferplatte über die Stahlplatte über und verschließt das vordere Ende des Elektrodentragarmkörpers (21). An der Flanschplatte (23) sind beispielsweise Gewindebuchsen (26) zur Aufnahme von Spannschrauben zur Befestigung der Elektrodenaufnahmeverrichtung (100) angeordnet.

[0019] Der Elektrodentragarmkörper (21) hat im Ausführungsbeispiel entlang seiner Länge einen weitgehend konstanten Querschnitt. In der Draufsicht ist das vordere Drittel dieses Elektrodentragarmkörpers (21) der rechten Phase um 3,5 Grad von der Ofenmitte weg gekröpft. Der Elektrodentragarmkörper (21) kann jedoch auch ohne Abkröpfung ausgebildet sein.

[0020] Wie in den Figuren 3 - 7 dargestellt, umfasst der Elektrodentragarmkörper (21) einen Tragkörper (31) und einen Leitkörper (71). Hierbei ist der außenliegende Leitkörper (71) mittels Abstandshaltern (61, 62) beabstandet vom innenliegenden Tragkörper (31).

[0021] Der Tragkörper (31) umfasst im dargestellten Ausführungsbeispiel einen in Längsrichtung des Elektrodentragarmkörpers (21) orientierten Profilträger (32), an dessen Längsseiten (33) Seitenbleche (36, 37) angeordnet sind. Der Profilträger (32) ist z.B. ein Doppel-T-Träger, beispielsweise ein HEB-Breitflanschträger IPB 700 nach EN 10034 und DIN 1025 B1.2. Auch eine andere Bauform eines Doppel-T-Trägers ist denkbar. Er ist aus warmgewalztem, unlegiertem Baustahl, z.B. S235JR mit der Werkstoffnummer 1.0037 hergestellt. Die Gesamtlänge des im Ausführungsbeispiel zweiteiligen Profilträgers (32) entspricht der Länge des Elektrodentragarmkörpers (21). Die Seitenbleche (36, 37) bestehen aus dem gleichen Werkstoff wie der Profilträger (32). Im Ausführungsbeispiel sind sie 16 Millimeter dick. Sie sind am oberen (34) und am unteren Profilträgerflansch (35) mit diesem verschweißt. Der von den Seitenblechen (36, 37) und dem Profilträger (32) umschlossene Hohlraum (38) kann bis auf eine Entlüftung in die Umgebung (1) gas- und flüssigkeitsdicht verschlossen sein.

[0022] Im unteren Flansch (35) und im vertikalen Mittenlängssteg (39) des Profilträgers (32) sind die Einschraubhülsen (11) angeordnet. Sie sind dort z.B. eingeschweißt. Die Innengewinde (12) zeigen nach unten. Auf beiden Seiten des Mittenlängssteges (39) verstärken Versteifungsbleche (41) den Profilträger (32) im Bereich der Einschraubhülsen (11).

[0023] Der Tragkörper (31) weist damit im Querschnitt ein geschlossenes Profil auf. Seim maximales Flächen-

trägheitsmoment ist mindestens fünf Mal so groß wie sein minimales Flächenträgheitsmoment. Die Hauptachse des größten Flächenträgheitsmoments des Querschnittsprofils ist normal zur vertikalen Richtung orientiert. Die Hauptachse des kleinsten Flächenmoments des Querschnittsprofils des Tragkörpers (31) ist damit in vertikaler Richtung orientiert. Die Richtung dieser zweiten Hauptachse entspricht zumindest annähernd der Hauptbelastungsrichtung des Tragkörpers (31).

[0024] Anstatt des Doppel-T-Trägers kann der Profilträger (32) auch ein Kastenträger sein. Dieser kann beispielsweise aus einem oder mehreren Rechteckprofilen oder quadratischen Profilen bestehen, die nebeneinander oder übereinander angeordnet sein können. Auch der Einsatz eines T-förmigen Profilträgers ist - z.B. bei einem Elektrodenträgarm (10) mit kreisförmigem Querschnitt - denkbar.

[0025] In den Seitenblechen (36, 37) sind die Durchbrüche (42-44) angeordnet, vgl. Figur 7. Der Durchbruch (42) verbindet mittels eines Verbindungsrohrstücks (16) die beiden Seiten des Tragkörpers (31).

[0026] Durch den Durchbruch (43) ist eine Hydraulikleitung (46) hindurchgeführt. Diese ist im Innenraum (38) des Tragkörpers (31) durch die Versteifungsbleche (41) hindurchgeführt. Die Hydraulikleitung (46) hat beispielsweise eine Nennweite von 8 Millimetern und besteht aus einem korrosionsbeständigen, austenitischen Werkstoff, z.B. X5CrNi18-10. An diese Hydraulikleitung (46) ist die Elektrodenlösevorrichtung (102) der Elektrodenaufnahmeverrichtung (100) anschließbar.

[0027] Durch den Durchbruch (44) ist eine Kühlwasserleitung (47) hindurchgeführt. An diese Kühlwasserleitung (47) ist im Betrieb die Elektrodenkühlvorrichtung (103) mit dem Sprühling (104) angeschlossen. Es ist auch denkbar, Durchbrüche der Seitenbleche (36, 37) zur Durchflutung des Innenraums (38) vorzusehen.

[0028] Auf der Außenfläche des Tragkörpers (31) sind Abstandshalter (61, 62) angeordnet, vgl. die Figuren 3 - 5 und 7. Dies sind in Längsrichtung (27) des Elektrodenträgarmkörpers (21) ausgerichtete Stegbleche (61) und Trennsteg (62). Im Ausführungsbeispiel sind sie 35 Millimeter hoch und 12 Millimeter breit. Die Trennsteg (62) sind mittig auf dem oberen (34) und auf dem unteren Profilträgerflansch (35) angeordnet. Sie sind durchgehend flüssigkeitsdicht mit dem Tragkörper (31) verschweißt. Bei den übrigen Abstandshaltern (61) kann die als Kehlnaht ausgeführte Schweißnaht (63) am Tragkörper (31) durchgehend oder unterbrochen sein. Um den Tragkörper (31) werden damit 16 Längskanäle (64, 65) ausgebildet. Auf jedem Seitenblech (36, 37) sind vier Kanäle (64) angeordnet, vier weitere Kanäle (65) sind entlang der Längskanten (48) des Tragkörpers (31) ausgebildet. Jeweils acht Kanäle (64, 65) sind miteinander verbunden. Die zwischen den Kanälen (64, 65) angeordneten Stegbleche (61) können kürzer als dargestellt ausgebildet sein. Beispielsweise können mehrere Stegbleche (61) entlang einer Linie angeordnet sein.

[0029] Beide aus den einzelnen Kanälen (64, 65) ge-

bildete Kanalgruppen (66, 67) haben die gleiche Querschnittsfläche. Sie sind über die Elektrodenaufnahmeverrichtung (100) miteinander verbunden. Gegebenenfalls können die linke (66) und die rechte Kanalgruppe (67) auch im Bereich der Flanschplatte (23) hydraulisch miteinander verbunden sein.

[0030] Die Abstandshalter (61, 62) tragen den Leitkörper (71). In der Querschnittsdarstellung der Figur 3 umfaßt der Leitkörper (71) zwei u-förmig gebogene, schalenförmige Kupferleitbleche (72, 73; 89, 91), die den Tragkörper (31) umgreifen. Die Figur 6 zeigt ein derartiges Kupferleitblech (72). Der Werkstoff der z.B. 10 Millimeter dicken Kupferleitbleche (72, 73; 89, 91) entspricht dem oben genannten Kupferwerkstoff.

[0031] Das einzelne Kupferleitblech (72; 73; 89; 91) ist aus einer rechteckigen Blechtafel z.B. mittels eines Kaltumformverfahrens hergestellt. Im dargestellten Kupferleitblech (72) sind die beiden in die gleiche Richtung weisenden Schenkel (74, 75) gleich lang. Der Biegeradius am Übergang zum Hauptteil (76) beträgt an der Innenseite (77) des Kupferleitblechs (72) 25 Millimeter.

[0032] Am oberen Schenkel (74) ist eine Ausnehmung (78) eingebracht. Beim montierten Elektrodenträgarmkörper (21) umgibt diese eine Transportöse (49).

[0033] Der untere Schenkel (75) des in der Figur 6 dargestellten, als Schale (72) ausgebildeten Kupferleitblechs (72) weist zwei Ausnehmungen (79, 81) auf. Beim montierten Elektrodenträgarmkörper (21) umgreifen diese Ausnehmungen (79, 81) die Auflageplatte (18) und die Befestigungselemente (11) des Elektrodenträgarms (10). An beiden Schenkeln (74, 75) und am Hauptteil (76) des Kupferleitblechs (72) sind Längsschlitze (82) eingebracht. Jeder dieser Längsschlitze (82) ist im Ausführungsbeispiel 80 Millimeter lang und 12 Millimeter breit. Der Abstand zweier in einer Linie angeordneter Längsschlitze (82) beträgt z.B. 120 Millimeter. Die einzelnen Reihen (83) der Längsschlitze (82) sind versetzt zueinander angeordnet. Der Mittenabstand der Reihen (83) entspricht dem Mittenabstand der Abstandshalter (61, 62).

[0034] Am Hauptteil (76) des dargestellten Kupferleitblechs (72) sind weiterhin vier Durchbrüche (84 - 86, 96) angeordnet. Durch zwei große Durchbrüche (84, 85) sind beim montierten Elektrodenträgarm (10) Kühlwasserleitungen hindurchgeführt. Durch den Durchbruch (86) kleineren Durchmessers ist bei montiertem Elektrodenträgarmkörper (21) beispielsweise die Hydraulikleitung (46) für die Elektrodenlösevorrichtung (102) hindurchgeführt und durch den vierten Durchbruch (96) ist die Kühlwasserleitung (47) für die Elektrodenkühlvorrichtung (103) geführt. Die freien Kanten (87) des Kupferleitblechs (72) haben im Ausführungsbeispiel eine Schweißnahtvorbereitung (88), deren Tiefe 80 % der Materialstärke beträgt. Der Schrägungswinkel beträgt z.B. 30 Grad.

[0035] Beim Aufbau des Trägarmkörpers (31) werden zunächst die Ausnehmungen (51) für die Befestigungselemente (11) in den Profilträger (32) eingebracht. Im Ausführungsbeispiel des abgekröpften Elektrodenträg-

armkörpers (21) werden beide Abschnitte (52, 53) des Profilträgers (32) miteinander verbunden. Nach dem Einschweißen der Einschraubhülsen (11) werden die Verstärkungsbleche (41) eingesetzt, fixiert und verschweißt. Beispielsweise am unteren Profilträgerflansch (18) kann die Auflageplatte (18) befestigt werden. In den Innenraum (38) des Tragkörpers (31) wird die Hydraulikleitung (46) eingelegt und fixiert. Im nächsten Schritt werden die Seitenbleche (36, 37) an die Profilträgerflansche (34, 35) angesetzt und verschweißt. Auf die Oberseite (55) des Profilträgers (32) werden beispielsweise zwei Transportösen (49) angeschweißt. Alle tragenden Teile des so hergestellten Tragkörpers (31) bestehen aus dem gleichen Werkstoff. Daher kann überall das gleiche Fügeverfahren eingesetzt werden. Der Tragkörper (31) hat im Querschnitt ein geschlossenes Profil.

[0036] Im nächsten Schritt der Herstellung werden die Abstandshalter (61, 62) auf den Tragkörper (31) fixiert und befestigt. Anschließend werden die schalenförmigen Leitkörperelemente (72, 73, 89, 91) an den Abstandhaltern (61, 62) angelegt und fixiert. An der Oberseite (55) des Elektrodenragarmkörpers (21) werden die Leitkörperelemente (72, 73, 89, 91) mit den Trennstegen (62) und miteinander mittels jeweils einer durchgängigen Schweißnaht (92) verbunden. Hierbei wird beispielsweise ein Kupfer-Aluminium-Schweißzusatzwerkstoff eingesetzt. An den Transportösen (49) ist die Schweißnaht (92) um diese herumgeführt. An der Unterseite (28) des Elektrodenragarmkörpers (21) ist die ansonsten durchgehende Schweißnaht (93) um die Auflageplatten (18) herumgeführt. Beide Schweißnähte (92, 93) sind Verschweißungen zwischen Kupfer und Stahl.

[0037] Entlang der Abstandshalter (61) werden die Leitkörperelemente (72, 73, 89, 91) mit diesen durch die Längsschlitze (82) hindurch von außen verschweißt. Auch diese Verschweißungen sind Kupfer-Stahl-Verschweißungen. Gegebenenfalls können mit der Flanschplatte (23) Anpassbleche (94) eingesetzt werden. An der rückwärtigen Stirnseite wird die Anschlussplatte (22) angebracht und mit den restlichen Teilen des Leitkörpers (71) verschweißt. Der Leitkörper (71) umgreift nun den Tragkörper (31). Sein im Bereich der Schweißnähte (92, 93) geschlossenes Profil hat die gleichen Symmetrieebenen wie der Tragkörper (31). Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist das maximale Flächenträgheitsmoment des Tragkörpers (31) im selben Querschnitt um 70 % größer als das maximale Flächenträgheitsmoment des Leitkörpers (71). Es ist auch denkbar, den Tragkörper (31) und den Leitkörper (71) so auszubilden, dass das maximale Flächenträgheitsmoment des Tragkörpers (31) um mindestens 25 % größer ist als das maximale Flächenträgheitsmoment des Leitkörpers (71).

[0038] Der Anteil des größten Flächenträgheitsmoments des Tragkörpers (31) am größten Flächenträgheitsmoment des gesamten Elektrodenragarmkörpers (21) beträgt im Ausführungsbeispiel 58 %. Dieser Anteil kann größer oder gleich 50 % sein.

[0039] An den Durchbrüchen (84 - 86, 96) werden

Flansche (95) angeordnet, die gegenüber dem Leitkörper (71) elektrisch isoliert sind. Auch eine andere Reihenfolge des Aufbaus des Elektrodenragarmkörpers (21) ist denkbar.

5 **[0040]** Der Elektrodenragarmkörper (21) besteht aus handelsüblichen Bauteilen. Für alle Schweißnähte des Tragkörpers (31) kann z.B. ein Metall-Inertgas-Verfahren eingesetzt werden. Für die Schweißnähte des Leitkörpers (71) kann einheitlich ein Kupfer-Stahl-Schweißverfahren verwendet werden. Der Elektrodenragarmkörper (21) ist daher schnell und kostengünstig herstellbar. Aufgrund des großen Flächenträgheitsmoments bezüglich der horizontalen Hauptachse ist er verformungssteif gegen Biege- und Torsionsbeanspruchungen, die durch statische Kräfte und Betriebskräfte verursacht werden.

10 **[0041]** An den Elektrodenragarmkörper (21) kann nun zum Aufbau des Elektrodenragarms (10) die Elektrodenaufnahmevorrichtung (100) angeschlossen werden. Hierbei kann die Elektrodenaufnahmevorrichtung (100) an den Elektrodenragarmkörper (21) angeflanscht werden oder mit diesem verschweißt werden. Auch andere Fügeverfahren sind denkbar. Die Elektrodenaufnahmevorrichtung (100) umfasst die Elektrodenspannvorrichtung (101), die Elektrodenlösevorrichtung (102) und eine Elektrodenkühlvorrichtung (103). Die federbelastete Elektrodenspannvorrichtung (101) klemmt nach dem Einsetzen die Elektrode mittels z.B. dreier Klemmbacken (105). Diese Spannvorrichtung (101) ist mittels einer hydraulisch betätigten Lösevorrichtung (102), die z.B. einen einfachwirkenden Hochdruckzylinder umfasst, entsperrenbar. Der Hydraulikzylinder ist über die im Tragkörper (31) geführte Hydraulikleitung (46) und eine Schlauchverbindung zur Trafohauswand mit einem Hydraulikaggregat verbindbar.

25 **[0042]** Die Elektrodenkühlvorrichtung (103) umfasst den Sprühling (104), durch dessen in Richtung der Elektrode gerichtete Öffnungen Kühlwasser austritt und während des Ofenbetriebs die Elektrode kühlt. Die Elektrodenkühlvorrichtung (103) ist mit dem Elektrodenragarmkörper (21) und mittels weiterer flexibler Schlauchleitungen mit der Trafohauswand verbunden. Gegebenenfalls kann die Elektrodenkühlvorrichtung (103) auch mit der Tragarmkühlung verbunden sein. Schlauchleitungen (106) verbinden den Elektrodenragarmkörper (21) mit der Elektrodenaufnahmevorrichtung (100) zur Kühlung der Elektrodenlösevorrichtung (102).

30 **[0043]** Zum Betrieb wird der so vorbereitete Elektrodenragarm (10) auf einer Elektrodenhubsäule befestigt. An die Anschlußfahnen (24, 25) des Elektrodenragarms (10) werden die Hochstromkabel angeschlossen. An den Hydraulikanschluss (13) wird der von der Trafohauswand kommende Hydraulikschlauch befestigt. An den Kühlwasseranschluss (17) wird der Schlauch für die Elektrodenkühlvorrichtung (103) angeschraubt. Weiterhin werden an der rechten Seite des dargestellten Elektrodenragarms (10) zwei Kühlwasserschläuche angeschlossen. Beide haben im Ausführungsbeispiel eine Nennweite von 80 Millimetern. Der untere Anschluß (14)

ist z.B. der Zulaufanschluss (14) und der obere Anschluß (15) der Rücklaufanschluss (15).

[0044] Die Kühlung des Elektrodenragarms (10) erfolgt beispielsweise mittels eines Volumenstroms von 95 Kubikmeter pro Stunde und mit einem Druck von $6 \cdot 10^5$ Newton pro Quadratmeter. Der Kühlwasserkreislauf kann als offener oder als geschlossener Kreislauf ausgebildet sein. Das demineralisierte Kühlwasser durchströmt auf der in der Draufsicht rechten Seite des Elektrodenragarms (10) die Kanalgruppe (67) zwischen dem Tragkörper (31) und dem Leitkörper (71). Nach dem Durchströmen der Elektrodenaufnahmevorrichtung (100) fließt das Wasser durch die linke Kanalgruppe (66) und ein Verbindungsrohrstück (16) zurück zum zweiten Kühlwasseranschluss (15). Auch ein anderer Kühlwasserlauf ist denkbar. Hierbei verhindern die Kanalgeometrie und die beidseitigen Fixierungen der Abstandshalter (61, 62) ein Beulen des Elektrodenragarms (10). Gegebenenfalls kann auch der Innenraum (38) des Tragkörpers (31) gekühlt sein. Der Druckverlust im Elektrodenragarm (10) beträgt im Ausführungsbeispiel $2 \cdot 10^5$ Newton pro Quadratmeter.

[0045] Während des Ofenbetriebs wird der elektrische Strom im Elektrodenragarm (10) entlang des Leitkörpers (71) gefördert. Bei einem Drehstromofen erfolgt eine Verdrängung des Stromflusses an die Außenwandung des Leitkörpers (71), sodass der eisenhaltige Tragkörper (31) nur geringfügig durch den Stromfluss erwärmt wird. Die von der Netzfrequenz, der Permeabilität und der elektrischen Leitfähigkeit des Leitkörpers (71) abhängige Eindringtiefe des Stroms beträgt im Ausführungsbeispiel bei einer Netzfrequenz von 50 Hertz 9,5 Millimeter. Die Eindringtiefe ist damit geringer als die Dicke der Leitkörperelemente (72, 73, 89, 91). Bei der angenommenen inhomogenen Verteilung der Stromdichte über den Querschnitt des Leitkörpers (71) ist im Ausführungsbeispiel die maximale Stromdichte geringer als 4,5 Ampere pro Quadratmillimeter.

[0046] Der beschriebene Elektrodenragarm (10) ist derart aufgebaut, dass nach einer Demontage die einzelnen eingesetzten Werkstoffe problemlos voneinander zu trennen sind.

[0047] Auch Kombinationen der verschiedenen Ausführungsbeispiele sind denkbar.

Bezugszeichenliste:

[0048]

1 Umgebung

- 10 Elektrodenragarm
- 11 Befestigungselemente, Einschraubhülsen
- 12 Innengewinde
- 13 Hydraulikanschluss
- 14 Kühlwasseranschluss, Zulauf
- 15 Kühlwasseranschluß, Rücklauf
- 16 Verbindungsrohrstück

- 17 Kühlwasseranschluß
- 18 Auflageplatte
- 21 Elektrodenragarmkörper
- 22 Anschlussplatte
- 23 Flanschplatte
- 24 Adapter, Anschlußfahnen
- 25 Anschlußfahnen
- 26 Gewindebuchsen
- 27 Längsrichtung
- 28 Unterseite
- 31 Tragkörper
- 32 Profilträger
- 33 Längsseiten
- 34 oberer Profilträgerflansch
- 35 unterer Profilträgerflansch
- 36 Seitenbleche
- 37 Seitenblech
- 38 Hohlraum, Innenraum
- 39 Mittenlängssteg
- 41 Versteifungsbleche
- 42 Durchbruch
- 43 Durchbruch
- 44 Durchbruch
- 46 Hydraulikleitung
- 47 Kühlwasserleitung
- 48 Längskanten
- 49 Transportösen
- 51 Ausnehmungen
- 52 Abschnitt von (32)
- 53 Abschnitt von (32)
- 55 Oberseite
- 61 Abstandshalter, Stegbleche
- 62 Abstandshalter, Trennsteg
- 63 Schweißnaht
- 64 Längskanäle
- 65 Längskanäle
- 66 Kanalgruppe
- 67 Kanalgruppe
- 71 Leitkörper
- 72 Kupferleitblech, Schale, Leitkörperelemente
- 73 Kupferleitblech, Schale, Leitkörperelemente
- 74 Schenkel, oben
- 75 Schenkel, unten
- 76 Hauptteil
- 77 Innenseite
- 78 Ausnehmung
- 79 Ausnehmung
- 81 Ausnehmung
- 82 Längsschlitze

- 83 Reihe von (82)
- 84 Durchbruch
- 85 Durchbruch
- 86 Durchbruch
- 87 freie Kanten
- 88 Schweißnahtvorbereitung
- 89 Leitkörperelement

- 91 Leitkörperelement
- 92 Schweißnaht
- 93 Schweißnaht
- 94 Anpassbleche
- 95 Flansche
- 96 Durchbruch

- 100 Elektrodenaufnahmeverrichtung
- 101 Elektrodenspannvorrichtung
- 102 Elektrodenlösevorrichtung
- 103 Elektrodenkühlvorrichtung
- 104 Sprühring
- 105 Klemm- und Kontaktbacken
- 106 Schlauchleitungen

Patentansprüche

1. Stromführender und mittels eines Kühlmittels durchströmbarer Elektrodentragarmkörper (21) eines Elektrolichtbogenofens, der stirnseitig Adapter (24) für Hochstromkabel aufweist und wobei an der den Adaptern (24) abgewandten Seite des Elektrodentragarmkörpers (21) eine Elektrodenaufnahmeverrichtung (100) anschließbar ist, **dadurch gekennzeichnet**,
 - **dass** der Elektrodentragarmkörper (21) einen einen Profilträger (32) umfassenden Tragkörper (31) und einen hiervon mittels Abstandshaltern (61, 62) beabstandeten, im Querschnitt zweischalig ausgebildeten Leitkörper (71) aufweist,
 - **dass** am oder im Profilträger (32) Elektroden-tragarm-Befestigungselemente (11) zur Befestigung des Elektrodentragarmkörpers (21) an einer Elektrodenhubvorrichtung angeordnet sind und
 - **dass** der Tragkörper (31) ein geschlossenes Profil aufweist, dessen größtes Flächenträgheitsmoment mehr als 25 % größer ist als das größte Flächenträgheitsmoment des Leitkörpers (71) im gleichen Querschnitt.

2. Elektrodentragarmkörper (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das größte Flächenträgheitsmoment des Tragkörpers (31) mindestens dem Fünffachen des kleinsten Flächenträgheitsmoments des Tragkörpers (31) im gleichen Querschnitt entspricht.

3. Elektrodentragarmkörper (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Tragkörper (31) einen in der Hauptachse des kleinsten Flächenträgheitsmoments orientierten Mittenlängssteg (39) umfasst.

4. Elektrodentragarmkörper (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abstandshalter (61, 62) am Tragkörper (31) befestigt sind und dass der Leitkörper (71) von außen mit den Abstandshaltern (61, 62) verschweißt ist.

5. Elektrodentragarmkörper (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Leitkörper (71) aus einem Werkstoff besteht, dessen spezifischer elektrischer Widerstand bei einer Temperatur von 20 Grad Celsius kleiner ist als $0,05 \cdot 10^{-6}$ Ohm mal Meter.

6. Elektrodentragarmkörper (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schweißnähte (92, 93) der beiden Schalen (72, 73) des Leitkörpers (71) mit einem durchgehenden, zwei Kanalgruppen (66, 67) flüssigkeitsdicht voneinander trennenden Trennsteg (62) fluchten.

7. Elektrodentragarmkörper (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Tragkörper (31) einen mit der Umgebung (1) verbindbaren oder verbundenen Innenraum (38) aufweist.

8. Elektrodentragarmkörper (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** er eine Flanschplatte (23) zur Befestigung der Elektrodenaufnahmeverrichtung (100) umfasst.

9. Elektrodentragarm (10) mit einem Elektrodentragarmkörper (21) nach Anspruch 1 und mit einer Elektrodenaufnahmeverrichtung (100).

10. Elektrodentragarm (10) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektrodenaufnahmeverrichtung (100) eine hydraulisch betätigbare Elektrodenlösevorrichtung (102) umfasst, deren einfach wirkender Zylinder an eine im Innenraum (38) des Tragkörpers (31) geführte Hydraulikleitung (46) angeschlossen ist.

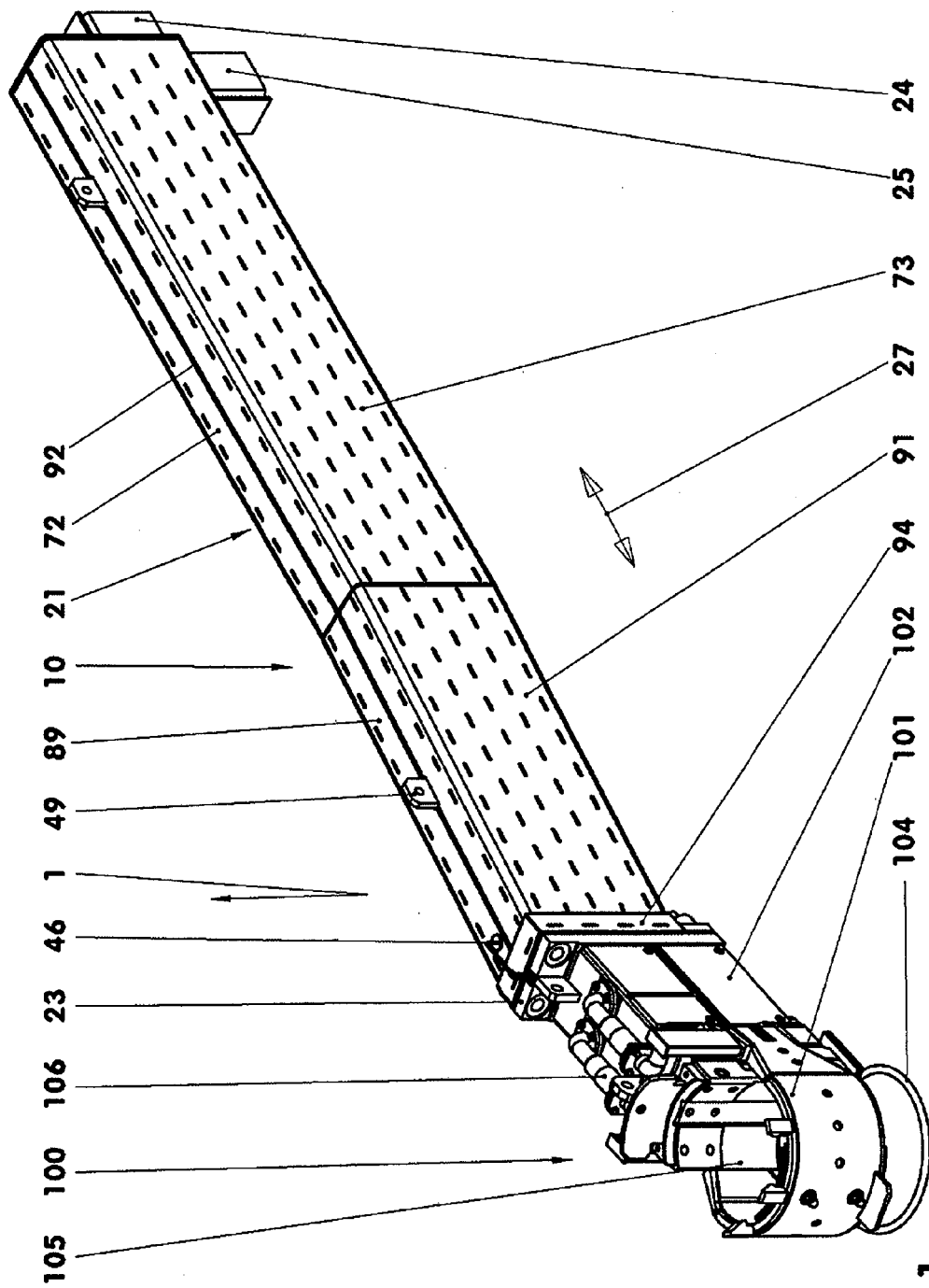


Fig. 1

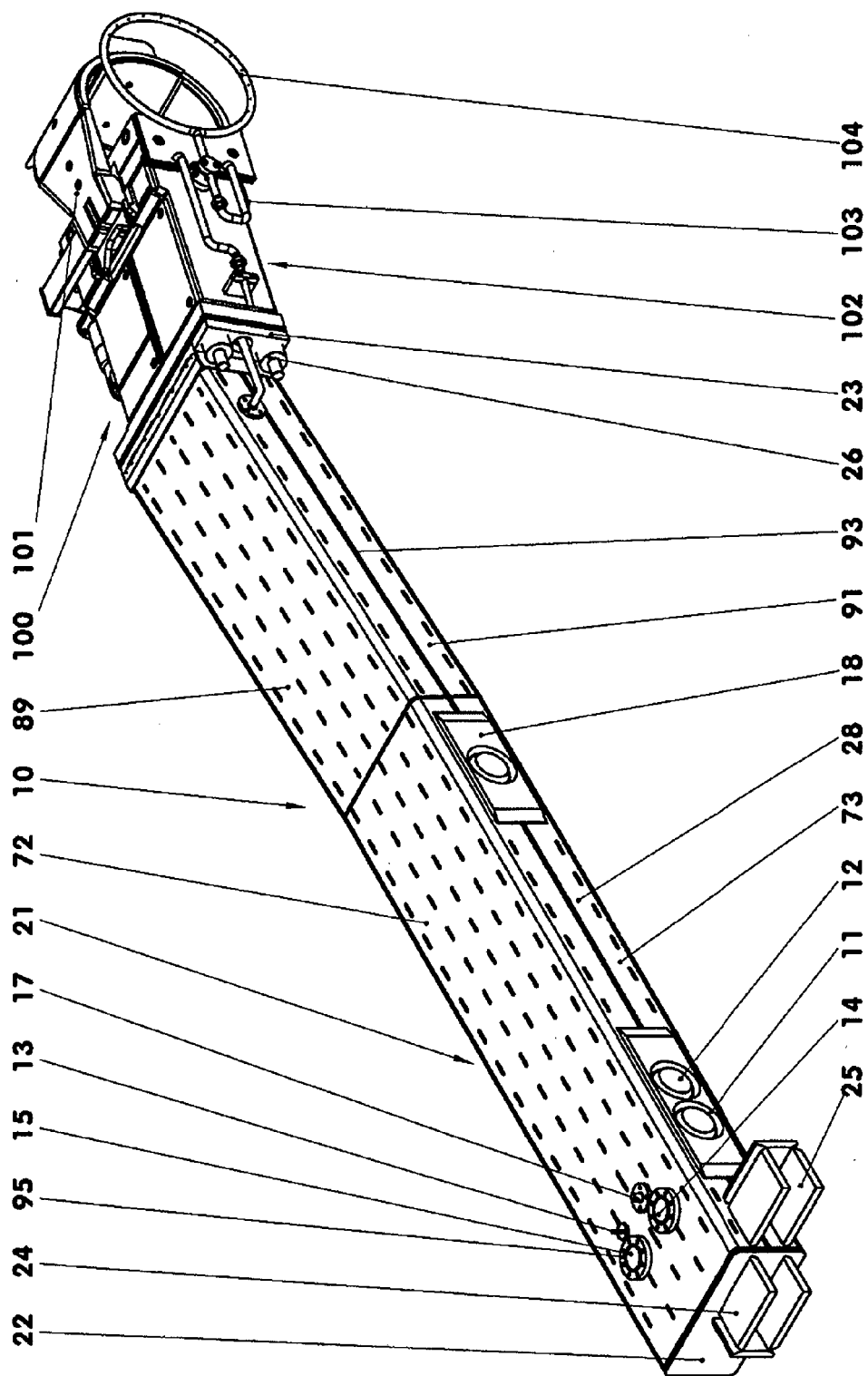


Fig. 2

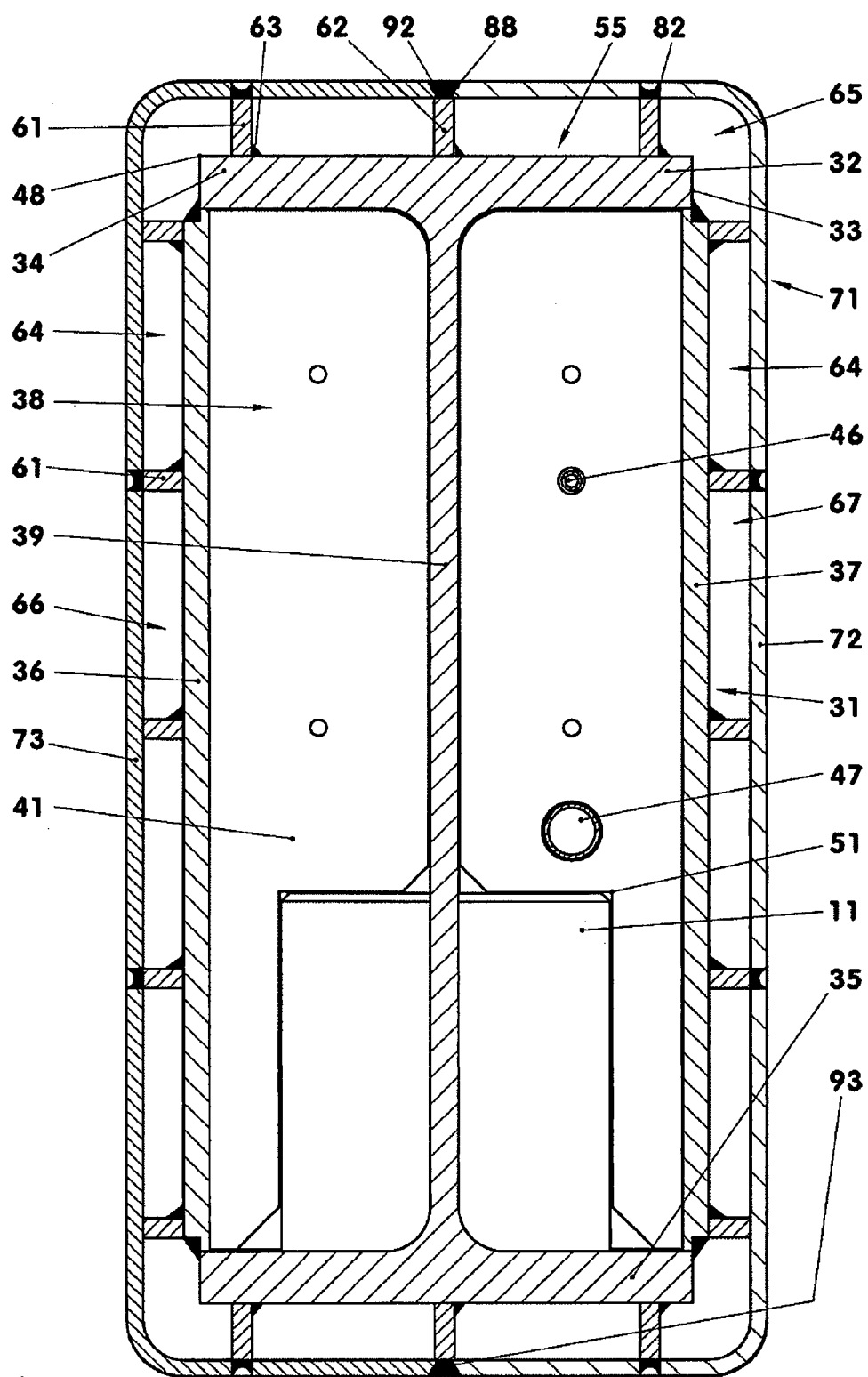
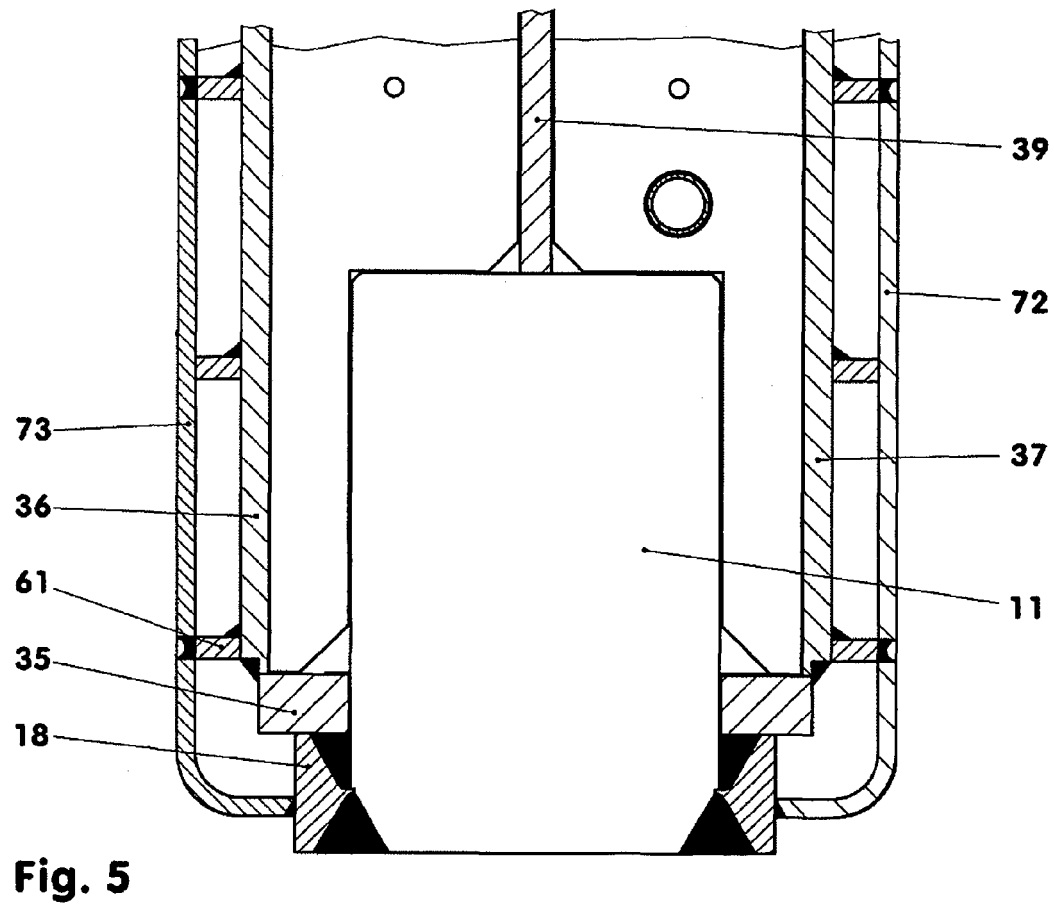
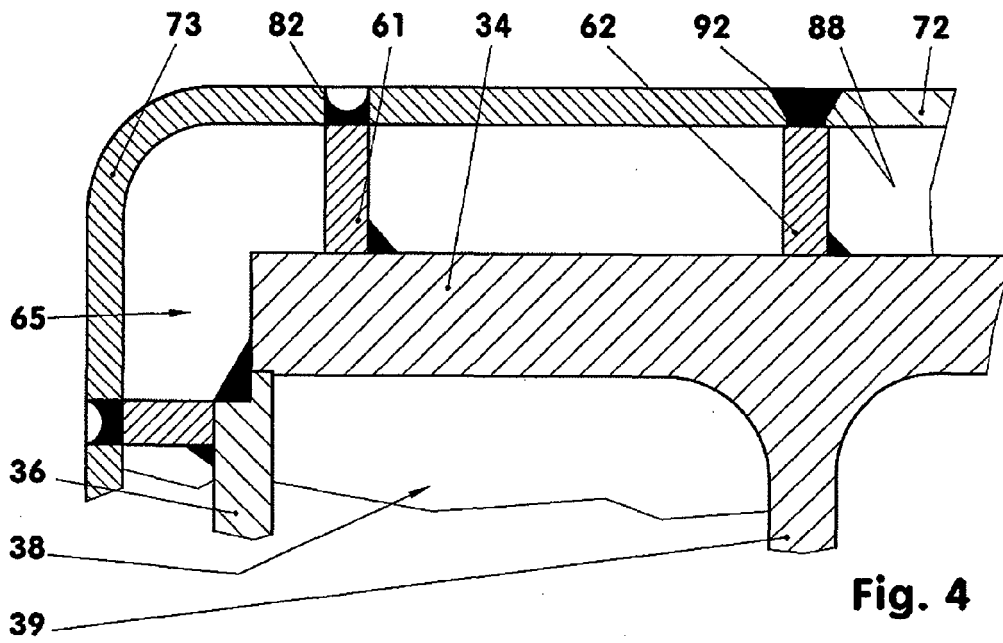


Fig. 3



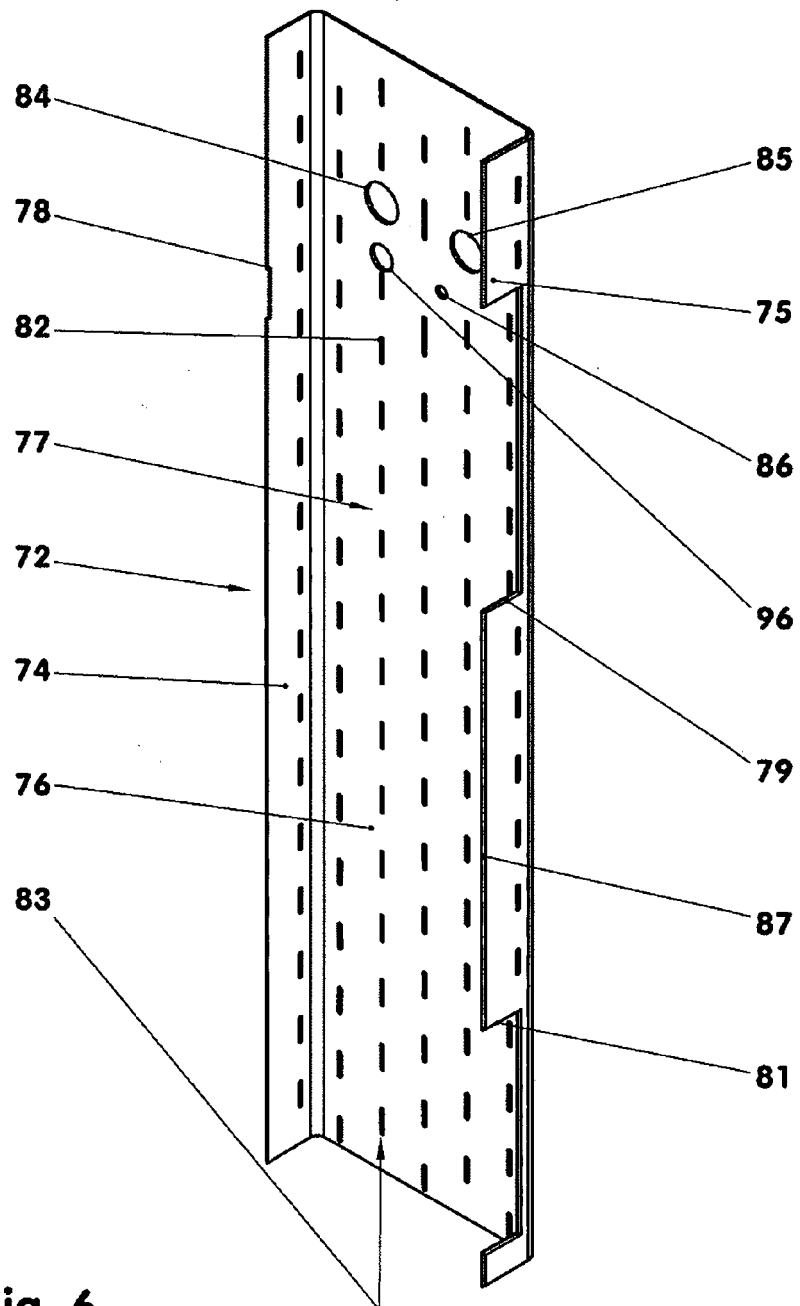
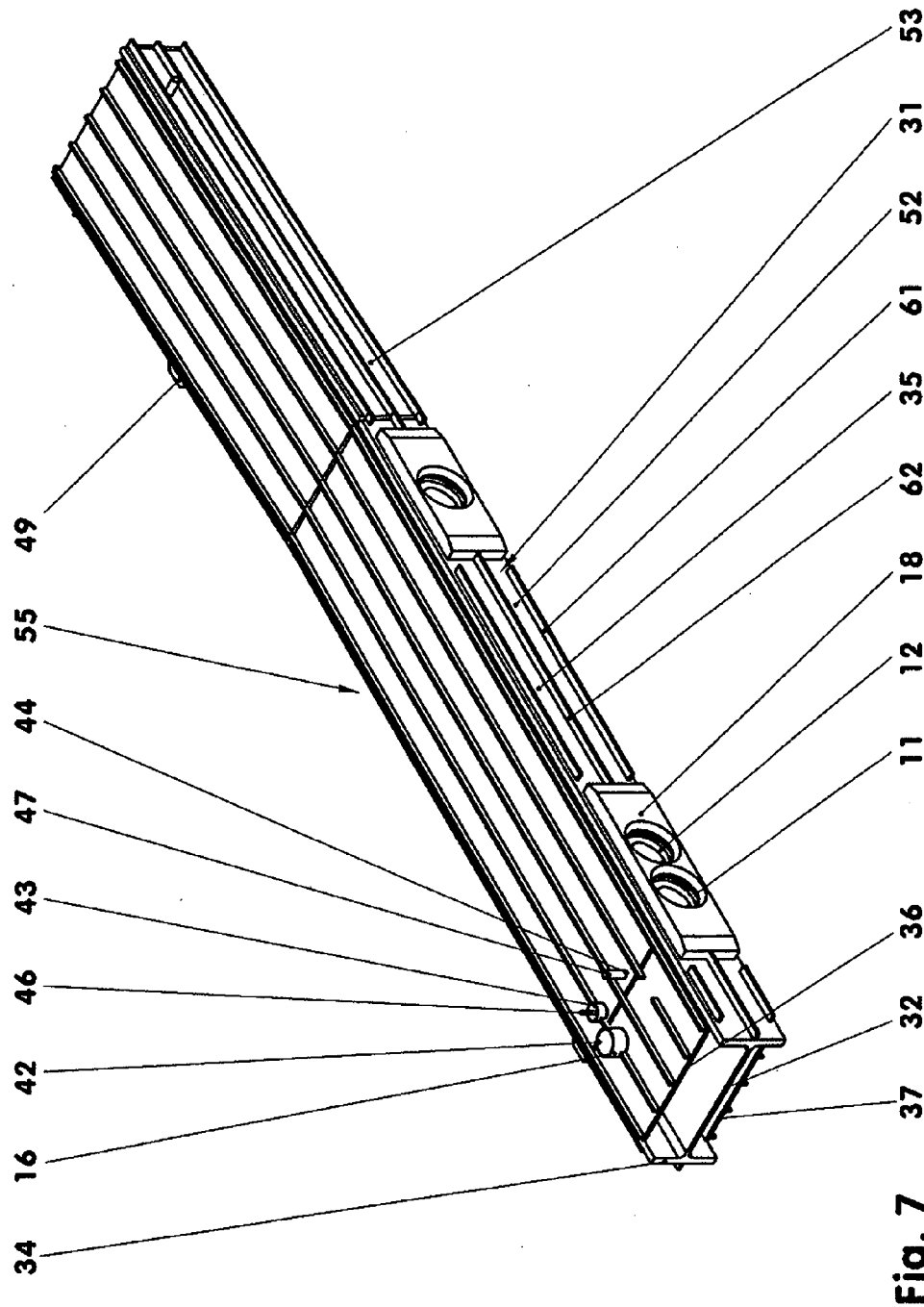


Fig. 6





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 15 00 0373

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)
A	DE 10 2010 052086 A1 (SMS SIEMAG AG [DE]) 15. September 2011 (2011-09-15) * Absatz [0022] - Absatz [0026]; Abbildung 1 *	1-10	INV. H05B7/101
A	EP 0 061 612 A1 (KRUPP GMBH [DE]) 6. Oktober 1982 (1982-10-06) * Seite 4, Zeile 1 - Zeile 17; Anspruch 19 *	1-10	
A	DE 10 2006 032440 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17. Januar 2008 (2008-01-17) * Absatz [0027] - Absatz [0028]; Abbildungen 1-3 *	1-10	
A,D	EP 1 901 586 A1 (HOMA GES F HOCHSTROM MAGNETSCH [DE]) 19. März 2008 (2008-03-19) * Absatz [0030] - Absatz [0032]; Abbildung *	1-10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H05B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 3. August 2015	Prüfer Gea Haupt, Martin
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, 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			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 15 00 0373

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.

03-08-2015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102010052086 A1	15-09-2011	CA 2792909 A1	15-09-2011
		CN 102870496 A	09-01-2013
		DE 102010052086 A1	15-09-2011
		EP 2545747 A1	16-01-2013
		JP 2013521625 A	10-06-2013
		KR 20120123725 A	09-11-2012
		MA 34210 B1	02-05-2013
		US 2013039379 A1	14-02-2013
		WO 2011110522 A1	15-09-2011

EP 0061612 A1	06-10-1982	BR 8201619 A	08-02-1983
		CA 1169457 A1	19-06-1984
		EP 0061612 A1	06-10-1982
		ES 8303874 A1	01-05-1983
		JP H0449760 B2	12-08-1992
		JP S57170492 A	20-10-1982
		MX 151275 A	30-10-1984
		US 4453254 A	05-06-1984

DE 102006032440 A1	17-01-2008	CN 101491158 A	22-07-2009
		DE 102006032440 A1	17-01-2008
		WO 2008006688 A1	17-01-2008

EP 1901586 A1	19-03-2008	EP 1901586 A1	19-03-2008
		US 2008069174 A1	20-03-2008

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1901586 A1 [0002]