

(19)



(11)

**EP 3 785 821 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**03.03.2021 Patentblatt 2021/09**

(51) Int Cl.:  
**B22C 9/06** (2006.01) **B22C 9/22** (2006.01)  
**B22C 9/24** (2006.01) **B22D 25/02** (2006.01)  
**H01F 5/00** (2006.01) **H01F 41/04** (2006.01)  
**H02K 15/04** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20192518.7**

(22) Anmeldetag: **25.08.2020**

(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:  
**KH MA MD TN**

(71) Anmelder: **Volkswagen Aktiengesellschaft  
 38440 Wolfsburg (DE)**

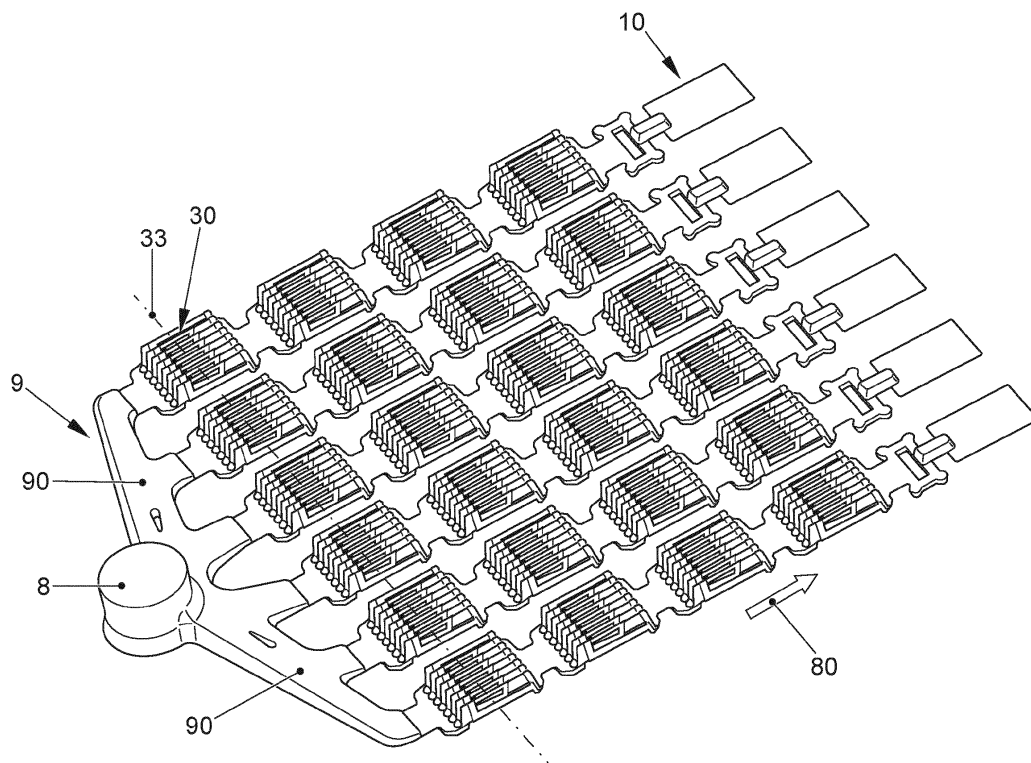
(72) Erfinder:  
 • **Preis, Jürgen**  
**38110 Braunschweig (DE)**  
 • **Findeisen, Sebastian**  
**38102 Braunschweig (DE)**  
 • **Trittel, Andreas**  
**31319 Sehnde (DE)**  
 • **Unverzagt, Maik**  
**38112 Braunschweig (DE)**

(30) Priorität: **27.08.2019 DE 102019212850**

**(54) GUSSWERKZEUG FÜR GEGOSSENE ELEKTROTECHNISCHE SPULEN**

(57) Gusswerkzeug (1) zur Herstellung gegossener elektrotechnischer Spulen (30), wobei die gegossene Spule (30) mehrere, voneinander beabstandete Windungen (31) um einen hohlen Kernbereich (32), der sich entlang einer Spulenachse (33) erstreckt, aufweist, wobei

das Gusswerkzeug (1) zumindest zwei relativ zueinander in einer Entformungsrichtung (4) bewegbare Formeinsätze (2, 3) zur Ausbildung von zumindest einem Formnest (5), welches für genau eine Spule formgebend ist, umfasst.

**FIG. 2****EP 3 785 821 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Gusswerkzeug zum Gießen elektrotechnischer Spulen. Die Spulen werden aus einem elektrisch leitfähigen Material gegossen und in einer elektrischen Maschine verwendet. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung des Gusswerkzeugs, ein Verfahren zur Herstellung der elektrotechnischen Spulen sowie die gegossene elektrotechnische Spule.

**[0002]** Die Offenlegungsschrift DE 10 2016 202 657 A1 zeigt ein vorbekanntes Verfahren zum Gießen elektrotechnischer Spulen.

**[0003]** Es ist eine Aufgabe vorliegender Erfindung, ein Gusswerkzeug anzugeben, mit dem möglichst effizient elektrotechnische Spulen gegossen werden können. Insbesondere sollen die Spulen möglichst schnell, mit ausreichender Qualität und möglichst geringem Materialeinsatz hergestellt werden können.

**[0004]** Die Aufgabe wird gelöst durch ein Gusswerkzeug zum Herstellen gegossener elektrotechnischer Spulen. Das Gusswerkzeug ist dabei vorzugsweise dazu ausgebildet, die Spule aus einem Metall, insbesondere Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, zu gießen. Vorzugsweise handelt es sich bei dem Gusswerkzeug um eine Dauerform. Die "Dauerform" kann für mehrere Gussvorgänge verwendet werden und benötigt keine verlorenen Formteile oder Kerne. Die gegossene Spule ist zur Verwendung in einer elektrischen Maschine ausgebildet. Die elektrische Maschine kann elektromotorisch und/oder generatorisch betrieben werden. Insbesondere handelt es sich bei der elektrischen Maschine um einen langsam drehenden Elektromotor, der in Fahrzeugen als Servomotor oder Stellmotor verwendet werden kann.

**[0005]** Die mit dem Gusswerkzeug herzustellende Spule weist mehrere, voneinander beabstandete Windungen auf. Die Windungen erstrecken sich um einen hohlen Kernbereich der Spule. Der hohle Kernbereich erstreckt sich dabei entlang einer Spulenachse durch den Spulenmittelpunkt. Nach dem Gießen der Spule können die einzelnen Windungen mit einem elektrisch isolierenden Material beschichtet werden, oder es wird anderweitig ein isolierendes Material zwischen die Windungen eingebracht.

**[0006]** Das Gusswerkzeug umfasst zumindest zwei Formeinsätze. Die beiden Formeinsätze sind in einer Entformungsrichtung zueinander relativ bewegbar. Dabei ist es auch möglich, dass einer der beiden Formeinsätze beim Öffnen und Schließen des Gusswerkzeugs feststeht und der andere Formeinsatz bewegt wird. Die beiden Formeinsätze bilden zumindest ein Formnest, welches formgebend für genau eine Spule ist. Insbesondere bildet das Formnest dabei eine Negativform der Spule.

**[0007]** Vorzugsweise ist zumindest einer der Formeinsätze aus mehreren einzeln zusammengesetzten Formsegmenten gebildet. Die Formsegmente sind jeweils an

einer Segmentteilungsebene aneinandergesetzt. Die Segmentteilungsebene ist dabei nicht-parallel, vorzugsweise senkrecht, zur Spulenachse. Das heißt, der Formeinsatz ist segmentiert ausgebildet und kann entsprechend in die einzelnen Formsegmente geteilt werden. Dies wirkt sich besonders vorteilhaft auf eine schnelle und kostengünstige Herstellung des Formeinsatzes aus. Beispielsweise können hierdurch die einzelnen Formsegmente separat gefertigt werden. Alternativ ist es vorzugsweise auch möglich, die Formsegmente gleichzeitig zu fertigen und während der Herstellung in einem Abstand zueinander anzuordnen, beispielsweise durch Verspannen von Distanzplatten zwischen den Formsegmenten. Dadurch kann der segmentierte Formeinsatz insbesondere in einer einzigen Aufspannung gefertigt werden. Durch die Anordnung mit Abständen kann das Formnest vorzugsweise durch Senkerodieren, besonders bevorzugt mittels einer einzigen Senkelektrode, erzeugt werden, wodurch sich eine sehr zeiteffiziente und kostengünstige Herstellung des Formeinsatzes bei gleichzeitig hoher Präzision der Geometrie des Formnests ergibt. Dies ist besonders vorteilhaft, um die sehr filigrane Struktur des Formnests mittels der genau einen Senkelektrode herstellen zu können. Ohne die einzelnen Formsegmente, beispielsweise mittels Distanzplatten, beabstandet zu positionieren, wäre eine zeitaufwendige und damit kostenintensive Fertigung jeder einzelnen Windung aufgrund der filigranen Struktur erforderlich.

**[0008]** Für den Gussprozess der Spule können die Formsegmente nach deren Herstellung vorzugsweise unmittelbar aneinander angrenzend angeordnet werden. Bevorzugt werden die Formsegmente dabei in Richtung der Spulenachse miteinander verspannt.

**[0009]** Bevorzugt weist der segmentierte Formeinsatz jeweils genau ein Formsegment pro Windung der Spule auf. Dadurch ist es besonders vorteilhaft möglich, die filigrane Struktur des Formnests bei der Fertigung des Formeinsatzes zu entzerren, beispielsweise durch Distanzplatten zwischen den Formsegmenten. Jedes Formsegment des Formeinsatzes weist dadurch zudem eine besonders gut zugängliche Geometrie auf, was einerseits eine einfachere Fertigung ermöglicht, und zudem beispielsweise eine mögliche Nachbearbeitung der das Formnest formgebenden Geometrie erlaubt.

**[0010]** Besonders bevorzugt sind die Formeinsätze in einer Gussformteilungsebene, welche senkrecht zur Entformungsrichtung ist, voneinander trennbar ausgebildet. Die Gussformteilungsebene ist dabei außermittig zum Formnest, und insbesondere in einem vorbestimmten Abstand zur Spulenachse angeordnet. Vorzugsweise ist die Gussformteilungsebene an einem bezüglich der Spulenachse radial äußeren Außenrand des Formnests, welches formgebend für die Spule ist, angeordnet. Das heißt, die Formeinsätze sind bezüglich der Gussformteilungsebene asymmetrisch zueinander ausgebildet. Dadurch wird insbesondere die Herstellung der Formeinsätze weiter vereinfacht und hinsichtlich einer präzisen Geometrie des Formnests optimiert.

**[0011]** Vorzugsweise umfasst das Gusswerkzeug ferner einen Gusslaufzentralpunkt. Von dem Gusslaufzentralpunkt ausgehend sind mehrere, insbesondere mindestens 2, bevorzugt maximal 6, und besonders bevorzugt 4, Formnester hintereinander angeordnet, um eine gemeinsame Gusslaufkavität auszubilden. Insbesondere liegen die Formnester ausgehend von dem Gusslaufzentralpunkt in einer Gussrichtung hintereinander. Als Gussrichtung wird dabei eine Haupt-Strömungsrichtung innerhalb der Gusslaufkavität angesehen, das heißt beispielsweise parallel zu einer Verbindungslinie zweier hintereinanderliegender Spulen-Mittelpunkte. Die Gusslaufkavität ist dabei dadurch definiert, dass die hintereinander angeordneten Formnester einen zusammenhängenden Hohlraum bilden. In die Gusslaufkavität wird somit bei einem Gussvorgang zur Herstellung der Spulen ausgehend von dem, insbesondere einzigen, Gusslaufzentralpunkt die Schmelze eingefüllt, wobei jedes der hintereinander angeordneten Formnester mit der Schmelze befüllt wird.

**[0012]** Besonders bevorzugt sind ausgehend von dem Gusslaufzentralpunkt mehrere, vorzugsweise mindestens 2, bevorzugt maximal 10, besonders bevorzugt 6, Gusslaufkavitäten in Gussrichtung parallel zueinander angeordnet.

**[0013]** Vorzugsweise umfasst das Werkzeug insgesamt 24 Formnester, welche in einer 6x4-Matrix angeordnet sind, das heißt ausgehend vom Gusslaufzentralpunkt 6 parallele Gusslaufkavitäten mit jeweils 4 hintereinander angeordneten Formnestern.

**[0014]** Besonders bevorzugt erstrecken sich dabei alle Gusslaufkavitäten parallel zur Gussrichtung, um ein Gusswerkzeug mit besonders geringem Raumbedarf zu erhalten. Weiter bevorzugt sind sämtliche Formnester gleich ausgerichtet, insbesondere derart, dass die Spulenachse senkrecht zur Gussrichtung liegt. Eine solche Gestaltung des Gusswerkzeugs bietet ein Mehrfachwerkzeug mit sehr geringem Platzbedarf und hoher Ausbringung an Spulen pro Guss-Zyklus. Zudem ist eine besonders geringe Menge an Umlaufmaterial zur Erzeugung der Spulen erforderlich, da insbesondere ein Verhältnis einer gesamten Masse eines Guss-Systems zur Masse des Nutzteils, nämlich der Spule, signifikant reduziert werden kann im Vergleich zu einem Einfach-Werkzeug, in welchem nur eine einzige Spule hergestellt wird. Das gesamte Guss-System umfasst dabei neben dem Nutzteile auch ein Angussmaterial und ein Überlaufmaterial, welches nach dem Gussvorgang entfernt wird, um die Spule zu erhalten. Beispielsweise kann durch das Mehrfachwerkzeug das Verhältnis der Masse des gesamten Guss-Systems zur Masse des Nutzteils halbiert, insbesondere von 16 auf 8 reduziert werden.

**[0015]** Besonders bevorzugt umfasst das Gusswerkzeug zumindest zwei Gusslaufkavitäten und einen Anguss, welcher den Gusslaufzentralpunkt mit jeder der Gusslaufkavitäten verbindet. Dabei umfasst der Anguss zumindest zwei Angussstränge, welche sich von dem Gusslaufzentralpunkt zu den Gusslaufkavitäten erstre-

cken, um die Gusslaufkavitäten jeweils mit gleichmäßiger Füllgeschwindigkeit mit der Schmelze befüllen zu können. Dadurch wird sichergestellt, dass sämtliche Gusslaufkavitäten gleich schnell befüllt werden, um insbesondere ein gleichmäßiges Abkühlen und Erstarren der Schmelze zu ermöglichen.

**[0016]** Der Anguss kann dabei verschiedene Geometrien aufweisen, um zuverlässig eine gleichmäßige Befüllung der Gusslaufkavität zu ermöglichen:

10 Bevorzugt sind die beiden Angussstränge V-förmig angeordnet, wobei der Gusslaufzentralpunkt in dem Schnittpunkt der beiden Schenkel des V angeordnet ist, und wobei das V in Richtung der Gusslaufkavitäten geöffnet ist. Vorzugsweise beträgt ein Öffnungswinkel zwischen den V-förmig angeordneten Angusssträngen mindestens 120°, insbesondere mindestens 150°. Ausgehend von den Schenkeln des V erstreckt sich vorzugsweise jeweils ein Angussarm zu jeder Gusslaufkavität, insbesondere zu jedem in Bezug auf die Gussrichtung ersten Formnest jeder Gusslaufkavität.

**[0017]** Vorzugsweise erstrecken sich die beiden Angussstränge alternativ dazu ausgehend von dem Gusslaufzentralpunkt in genau entgegengesetzter Richtung zueinander, also weisen insbesondere einen Winkel von 25 180° zwischen sich auf. Besonders bevorzugt erstrecken sich die Angussstränge in diesem Fall senkrecht zur Gussrichtung. Vorzugsweise erstrecken sich dabei von den Angusssträngen ausgehend jeweils parallele und insbesondere gleich lange Angussarme jeweils zu den Gusslaufkavitäten. Besonders bevorzugt ist dabei jeder 30 der Angussstränge gestuft ausgebildet. Das heißt, ein Teilabschnitt des Angussstrangs ist parallel zur Gussrichtung, insbesondere in Richtung der Gusslaufkavität, oder von der Gusslaufkavität weg, versetzt.

**[0018]** Bevorzugt kann jeder der Angussstränge für eine besonders gleichmäßige Geschwindigkeit einen Umkehrabschnitt aufweisen, welcher ausgehend vom Gusslaufzentralpunkt zur Gusslaufkavität eine vollständige Umlenkung, insbesondere um 360°, einer Strömung der 40 Schmelze bewirkt. Das heißt, beim Befüllen der Gusslaufkavitäten strömt die Schmelze zuerst vom Gusslaufzentralpunkt in entgegengesetzte Richtungen, und insbesondere senkrecht zur Gussrichtung, und wird anschließend um 360° umgelenkt, bevor die Schmelze durch die einzelnen Angussarme und daraufhin in die Gusslaufkavität strömt.

**[0019]** Weiter bevorzugt kann jeder der Angussstränge jeweils einen oder mehrere Sub-Angussstränge aufweisen, welche sich insbesondere jeweils senkrecht zur Gussrichtung erstrecken. Der Sub-Angussstrang kann beispielsweise mittels eines oder mehrerer Sub-Angussarmen, welche sich insbesondere parallel zur Gussrichtung erstrecken, mit dem entsprechenden Angussstrang verbunden sein. Die Angussarme, welche die Schmelze jeweils in die Gusslaufkavitäten leiten, können dabei an den Sub-Angusssträngen vorgesehen sein.

**[0020]** Besonders bevorzugt sind innerhalb der Angussstränge Strömungsleitelemente, welche beispiels-

weise flügelartig ausgebildet sein können, angeordnet, um eine gleichmäßige Geschwindigkeit der Schmelze beim Durchströmen der Angussstränge weiter positiv zu beeinflussen.

**[0021]** Mit dem beschriebenen Gusswerkzeug können grundsätzlich Spulen mit beliebiger Geometrie gegossen werden.

**[0022]** Bevorzugt ist vorgesehen, dass das Gusswerkzeug formgebend für folgende Spule ausgebildet ist: Spule mit mehreren voneinander beanstandeten Windungen um einen hohlen Kernbereich, der sich entlang einer Spulenachse erstreckt. Die Spule weist bei Betrachtung parallel zur Spulenachse zwei gegenüberliegende erste Seiten und zwei gegenüberliegende zweite Seiten auf. Die Windungen winden sich somit, insbesondere spiralförmig, um die Spulenachse.

**[0023]** Vorzugsweise stehen die ersten Seiten bei Betrachtung entlang der Spulenachse senkrecht zu den zweiten Seiten, wodurch sich eine rechteckige Form der Spule ergibt. Alternativ ist beispielsweise auch eine Trapezform, Rautenform, runde Form, oder ovale Form möglich.

**[0024]** Die beiden ersten Seiten sind insbesondere plattenförmig oder blechartig ausgestaltet, und erstrecken sich im Wesentlichen in Entformungsrichtung. Die beiden ersten Seiten sind jeweils in einem vorbestimmten Neigungswinkel gegenüber einer zur Spulenachse senkrechten Ebene, welche insbesondere parallel zur Segmentteilungsebene ist, geneigt. Das heißt, die ersten Seiten sind schräg gegenüber der Spulenachse angeordnet. Bevorzugt sind die beiden ersten Seiten einer Windung jeweils in dem Neigungswinkel symmetrisch zu der zur Spulenachse senkrechten Ebene geneigt. Somit bewirken die beiden Seiten insbesondere eine Steigung der Spule. Die beiden zweiten Seiten sind vorzugsweise in Form von in sich verwundenen, insbesondere schraubenförmigen Blechen ausgebildet, und verbinden somit jeweils die beiden ersten Seiten miteinander. Dabei erstrecken sich die beiden zweiten Seiten vorzugsweise im Wesentlichen senkrecht zur Entformungsrichtung. Nach dem Gießen können die Spulen insbesondere derart zu einer fertigen elektrotechnischen Spule umgeformt werden, indem diese entlang der Spulenachse zusammengestaucht werden, wobei die Umformung im Wesentlichen durch Torsion der beiden zweiten Seiten geschieht.

**[0025]** Vorzugsweise sind, bei Betrachtung auf die zur Spulenachse senkrechte Ebene, die beiden ersten Seiten kürzer als die beiden zweiten Seiten. Somit verteilt sich eine Torsion der beiden zweiten Seiten beim Zusammenstauchen der Spule nach dem Gießen insbesondere auf eine größere Länge, im Vergleich zur kleineren Länge der ersten Seiten, wodurch eine geringere mechanische Belastung auf die fertiggestellte elektrotechnische Spule wirkt.

**[0026]** Die beiden ersten Seiten bestimmen eine Breite der Spule. Die beiden zweiten Seiten bestimmen zudem eine Länge der Spule. Senkrecht zur Breite und zur Län-

ge verläuft eine Höhe der Spule, parallel zur Spulenachse. Vorzugsweise ist die Entformungsrichtung im Wesentlichen parallel zur Breite der Spule, und insbesondere senkrecht zur Länge der Spule, angeordnet.

**[0027]** Die spezielle Geometrie der Spule mit der schrägen Anordnung der beiden ersten Seiten der Spule ermöglicht somit eine Vermeidung von Hinterschneidungen an der zu gießenden Spule in Bezug auf die Entformungsrichtung. Hierdurch wird ermöglicht, dass die Spule in ihrer endgültigen Gestalt lediglich mit den beiden Formeinsätzen alleine gegossen werden kann. Insbesondere ist hierdurch ein schieberloses Druckgießen möglich, wobei dennoch die Spule mit dem hohlen Kernbereich vollständig exakt gegossen werden kann. Hierfür sind die beiden Formeinsätze vorzugsweise so ausgebildet, dass diese sich in der zusammengefüzten Guss-Konfiguration im Bereich des hohlen Kernbereichs berühren. Auf einen üblicherweise erforderlichen Schieber (auch: Kernzug) kann somit verzichtet werden, wodurch der Gussprozess besonders einfach und kostengünstig gehalten wird, und wodurch zudem ein besonders platzsparendes Gusswerkzeug bereitgestellt werden kann.

**[0028]** Besonders bevorzugt beträgt der Neigungswinkel mindestens 5°, vorzugsweise mindestens 10°, besonders vorzugsweise maximal 25°, für eine optimale Geometrie der Spule hinsichtlich einer Vermeidung von Hinterschneidungen, und damit guter Entformbarkeit.

**[0029]** Weiterhin führt die Erfindung zu einem Verfahren zur Herstellung eines Gusswerkzeugs, insbesondere des vorab beschriebenen Gusswerkzeugs. Das Verfahren umfasst dabei den Schritt eines Herstellens eines Formnests in zumindest zwei Formeinsätzen. Das Herstellen des Formnests erfolgt dabei mittels Senkerodieren, wobei insbesondere eine einzige Senkelektrode pro Formeinsatz verwendet wird. Das heißt, jeder Formeinsatz wird dadurch hergestellt, dass jeweils ein Teil des Formnests mittels Senkerodieren erzeugt wird, um eine besonders einfache, kostengünstige und präzise Fertigung des Gusswerkzeugs zu ermöglichen.

**[0030]** Bevorzugt ist während des Senkerodierens jeweils eine Distanzplatte zwischen zwei benachbarten Segmenten eines segmentierten Formeinsatzes angeordnet, um eine besonders einfache und kostengünstige Fertigung der Formeinsätze zu ermöglichen. Dabei sind die Formsegmente und Distanzplatten in Richtung einer Spulenachse vorzugsweise miteinander verspannt, insbesondere indem der Zusammenbau aus Formsegmenten und Distanzplatten parallel zur Spulenachse mittels zumindest einer Schraube verschraubt ist. Zusätzlich können die Formsegmente bevorzugt mittels zumindest einem Passstift präzise relativ zueinander ausgerichtet werden. Insbesondere folgt bei der zusammengebauten Anordnung jeweils eine Distanzplatte auf ein Formsegment. Vorzugsweise weisen sämtliche Distanzplatten eine gleiche Dicke in Richtung der Spulenachse auf.

**[0031]** Ferner führt die Erfindung zu einem Verfahren zur Herstellung elektrotechnischer Spulen. Die Spulen werden vorzugsweise aus Aluminium oder einer Alumi-

niumlegierung gegossen. Besonders günstig ist dabei Aluminium als Werkstoff für die Spulen, um eine hohe Flexibilität und damit hohe Gestaltungsfreiheit bei der Geometrie der Spulen zu erhalten. Bei dem Verfahren wird vorzugsweise das beschriebene Gusswerkzeug verwendet.

**[0032]** Besonders bevorzugt wird bei dem Herstellungsverfahren der Spulen ein Druckguss-Verfahren, vorzugsweise ein Kaltkammervorverfahren, angewendet. Des Weiteren ist vorzugsweise vorgesehen, dass beim Gießen die Entformungsrichtung mit  $\pm 20^\circ$  vertikal ausgerichtet ist.

**[0033]** Die Erfindung umfasst ferner eine gegossene elektrotechnische Spule, welche vorzugsweise mittels des beschriebenen Gusswerkzeugs bzw. nach dem beschriebenen Verfahren hergestellt ist. Die Spule umfasst mehrere voneinander beanstandete Windungen um einen hohlen Kernbereich, der sich entlang einer Spulenachse erstreckt. Die Spule weist bei Betrachtung parallel zur Spulenachse zwei gegenüberliegende erste Seiten und zwei gegenüberliegende zweite Seiten auf. Die Windungen winden sich somit, insbesondere spiralförmig, um die Spulenachse. Vorzugsweise stehen die ersten Seiten bei Betrachtung entlang der Spulenachse senkrecht zu den zweiten Seiten, wodurch sich eine rechteckige Form der Spule ergibt. Alternativ sind beispielsweise auch eine Trapezform, Rautenform, runde Form, oder ovale Form möglich. Die beiden ersten Seiten sind insbesondere plattenförmig oder blechartig ausgestaltet, und jeweils in einem vorbestimmten Neigungswinkel gegenüber einer zur Spulenachse senkrechten Ebene, geneigt. Das heißt, die ersten Seiten sind schräg gegenüber der Spulenachse angeordnet.

**[0034]** Vorzugsweise beträgt der Neigungswinkel mindestens  $5^\circ$ , vorzugsweise mindestens  $10^\circ$  besonders vorzugsweise maximal  $25^\circ$  für eine optimale Geometrie der Spule hinsichtlich einer Vermeidung von Hinterschnidungen und damit insbesondere schieberloser Geometrie des Gusswerkzeugs sowie guter Entformbarkeit der Spulen.

**[0035]** Bevorzugt sind die beiden ersten Seiten jeweils in dem Neigungswinkel symmetrisch zu der zur Spulenachse senkrechten Ebene geneigt. Somit bewirken die beiden Seiten insbesondere eine Steigung der Spule.

**[0036]** Die beiden zweiten Seiten sind vorzugsweise in Form von in sich verwundenen, insbesondere schraubenförmigen Blechen ausgebildet, und verbinden insbesondere jeweils die beiden ersten Seiten miteinander. Nach dem Gießen können die Spulen bevorzugt derart zur fertigen elektrotechnischen Spule umgeformt werden, indem diese entlang der Spulenachse zusammengestaucht werden, wobei die Umformung im Wesentlichen durch Torsion der beiden zweiten Seiten geschieht. Besonders vorzugsweise sind, bei Betrachtung auf die zur Spulenachse senkrechte Ebene, die beiden ersten Seiten kürzer als die beiden zweiten Seiten. Somit verteilt sich eine Torsion der beiden zweiten Seite insbesondere auf eine größere Länge, wodurch eine geringe mecha-

nische Belastung auf die fertiggestellte elektrotechnische Spule wirkt.

**[0037]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels genauer erläutert. Hierzu zeigen:

Figur 1 eine perspektivische Ansicht einer Auswurfseite des erfindungsgemäßen Gusswerkzeugs,

Figur 2 eine perspektivische Ansicht eines durch das Gusswerkzeug der Figur 1 gegossenen Positivs,

Figur 3 Detailansichten einer mittels des Gusswerkzeugs der Figur 1 gegossenen elektrotechnischen Spule,

Figur 4 eine vergrößerte perspektivische Ansicht eines einzelnen Formeinsatzes einer Auswurfseite des Gusswerkzeugs der Figur 1,

Figur 5 eine vergrößerte perspektivische Ansicht eines einzelnen Formeinsatzes einer Eingussseite des erfindungsgemäßen Gusswerkzeugs,

Figur 6 eine perspektivische Detailansicht des Formeinsatzes der Figur 4 nach dessen Fertigung, und

Figur 7 Ansichten eines durch ein Gusswerkzeug gegossenen Positivs mit mehreren Varianten einer Angussgestaltung.

**[0038]** Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel eines Gusswerkzeugs 1 im Detail erläutert. Dabei wird auf die Figuren 1 bis 6 Bezug genommen. Anhand Figur 7 werden mehrere Varianten einer Angussgestaltung eines solchen Gusswerkzeugs 1 beschrieben. Gleiche bzw. funktional gleiche Bauteile sind stets mit denselben Bezugszeichen versehen.

**[0039]** Das Gusswerkzeug 1 umfasst eine feste Gussformseite 25 und eine bewegliche Gussformseite, wobei die bewegliche Gussformseite nicht dargestellt ist. Die feste Gussformseite 25 wird auch als Auswurfseite bezeichnet, während die bewegliche Gussformseite auch als Eingussseite bezeichnet wird. Die beiden Gussformseiten 25 weisen jeweils mehrere Formeinsätze 2, 3 auf.

**[0040]** Die beiden Gussformseiten 25 und damit auch die Formeinsätze 2, 3 sind relativ zueinander entlang einer Entformungsrichtung 4 bewegbar.

**[0041]** Bei dem Gusswerkzeug 1 handelt es sich um eine Dauerform für einen Druckguss. Das mit dem Gusswerkzeug 1 gegossene und erstarrte Material ist in Figur 2 dargestellt. Figur 2 zeigt somit eine Positiv-Darstellung der durch das Gusswerkzeug 1 gebildeten Negativform. Figur 3 zeigt ein Detail aus Figur 2, nämlich eine gegossene elektrotechnische Spule 30.

**[0042]** Wie insbesondere Figur 1 zeigt, sind in den beiden Gussformseiten 25 insgesamt 24 Formnester 5 ausgebildet. In jedem Formnest 5 wird genau eine elektrotechnische Spule 30 gegossen. Die Formnester 5 sind somit formgebend für die jeweilige Spule 30. Ein Formnest 5 wird dabei definiert durch jeweils ein paar von gegenüberliegenden Formeinsätzen 2, 3. Ein einzelner erster Formeinsatz 2 der Auswurfseite ist dabei vergrößert in der Figur dargestellt, wobei zur Veranschaulichung zusätzlich die mittels des Gusswerkzeugs 1 gegossene elektrotechnische Spule 30 dargestellt ist. Analog zeigt die Figur 3 einen einzelnen Formeinsatz 3 der Eingussseite.

**[0043]** Um eine besonders einfache Fertigung der Formeinsätze 2, 3 zu ermöglichen, sind die Formeinsätze 2, 3 jeweils aus mehreren einzeln zusammengesetzten Formsegmenten 20 gebildet, wie dies beispielhaft in Figur 6 für den Formeinsatz 2 der Auswurfseite dargestellt ist. Die Formsegmente 20 sind dabei jeweils in einer Segmentteilungsebene 21, welche senkrecht zur Spulenachse 33 ist, voneinander teilbar. Der Formeinsatz 2 weist dabei pro Windung 31 der Spule 30 jeweils genau ein Formsegment 20 auf, sodass jedes Formsegment 20 formgebend für einen Teil jeweils einer Windung 31 ist.

**[0044]** Während der Herstellung der Formeinsätze 2, 3 ist jeweils zwischen zwei Formsegmenten 20 eine Distanzplatte 22 angeordnet. Hierbei sind die Formsegmente 20 und die Distanzplatten 22 mittels zwei Passstiften 28 präzise relativ zueinander ausgerichtet und mittels einer Schraube 29 in Richtung der Spulenachse 33 miteinander verspannt. Durch das Einfügen der Distanzplatten 22 zwischen die Formsegmente 20 werden der Formsegmente 20 in Richtung der Spulenachse entzerrt, also beabstandet positioniert, sodass diese besser zugänglich sind. Dadurch kann die filigrane Struktur der die Spule 30 formgebenden Negativform präzise und einfach hergestellt werden. Durch die beabstandete Anordnung mittels der Distanzplatten ist es möglich, diese Negativform in jedem der Formeinsätze 2, 3 jeweils mittels einer einzigen Senkelektrode durch Senkerodieren herzustellen.

**[0045]** Weiterhin sind die Formeinsätze 2, 3 sowie die Geometrie der zu gießenden Spulen 30 speziell so ausgebildet, um ein schieberloses Druckgießen der Spulen 30 zu ermöglichen. Das heißt, die Spule 30 mit jeweils mehreren, voneinander beabstandeten Windungen 31, die sich um einen hohlen Kernbereich 32 erstrecken, wobei sich der hohle Kernbereich 32 entlang einer Spulenachse 33 erstreckt (vgl. Figuren 3 bis 5), kann alleine durch die beiden Formeinsätze 2, 3 gefertigt werden, ohne dass beispielsweise ein Schieber notwendig ist. Ein solcher Schieber wird ansonsten in Richtung der Spulenachse 33 eingeschoben, um den hohlen Kernbereich 32 abzubilden. Dies wird besonders vorteilhaft durch die nachfolgend beschriebene hinterschneidungsfreie Geometrie der Spule 30 ermöglicht.

**[0046]** Wie in der Figur 3 zu erkennen, weisen die Windungen 31 der Spule 30 bei Betrachtung parallel zur Spu-

lenachse 33 jeweils zwei gegenüberliegende erste Seiten 36 und zwei gegenüberliegende zweite Seiten 37 auf. Die ersten Seiten 36 sind dabei jeweils in einem vorbestimmten Neigungswinkel  $\alpha$  von  $12,5^\circ$  gegenüber einer zur Spulenachse 33 senkrechten Ebene 21 geneigt. Jeweils bezüglich der Spulenachse 33 gegenüberliegende erste Seiten 36 sind dabei entgegengesetzt um den Winkel  $2\alpha$  und symmetrisch zu der Ebene 21 geneigt, wie insbesondere in der Figur 3b zu erkennen. Die zweiten Seiten 37 sind jeweils in Form von in sich verwundenen, schraubenförmigen Blechen ausgebildet und verbinden jeweils zwei erste Seiten 36 miteinander. An den beiden Enden der Spule 30 sind jeweils Anschlüsse 34 in Form von Fortsätzen ausgebildet.

**[0047]** Durch diese spezielle Geometrie der zu gießenden Spule 30 werden Hinterschneidungen vermieden, sodass das die Spule 30 formgebende Formnest 5 vollständig und ausschließlich durch die beiden Formeinsätze 2, 3 ausgebildet werden kann. Um den hohlen Kernbereich 32 der Spule 30 zu bilden, berühren sich dabei die beiden Formeinsätze 2, 3 jeweils in diesem Bereich.

**[0048]** Weiter begünstigt wird die schieberlose Gestaltung des Gusswerkzeugs 1 durch eine außermittige Anordnung einer Gussformteilungsebene 6 in Bezug auf das Formnest 5, wie insbesondere den Figuren 4 und 5 erkennbar. Die Gussformteilungsebene 6 ist dabei an einem in Entformungsrichtung 4 und bezüglich der Spulenachse 33 radial außenliegendem Außenrand des Formnests 5 angeordnet, wodurch zudem eine Entformbarkeit der Spule 30 nach dem Gießen begünstigt wird.

**[0049]** Die schieberlose Gestaltung des Gusswerkzeugs 1 erlaubt insbesondere eine besonders platzsparende Anordnung der Formnester 5, um ein sehr kompaktes Mehrfach-Gusswerkzeug 1, wie der Figur 1 zu sehen, zu erhalten. Die 24 Formnester 5 sind dabei in einer  $6 \times 4$ -Matrix angeordnet, wobei jeweils 4 Formnester 5 in einer Gussrichtung 80 hintereinander angeordnet sind. Sämtliche Formnester 5 sind dabei so ausgerichtet, dass die Spulenachsen 33 jeweils senkrecht zur Gussrichtung 80 angeordnet sind. Die jeweils 4 hintereinander angeordneten Formnester 5 bilden jeweils eine Gusslaufkavität aus, indem diese hintereinander angeordneten Formnester 5 jeweils einen in Gussrichtung 80 zusammenhängenden Hohlraum bilden. Querverbindungen zwischen den einzelnen Gusslaufkavitäten sind dabei nicht vorhanden.

**[0050]** Jede dieser Gusslaufkavitäten kann ausgehend von einem gemeinsamen Gusslaufzentralpunkt 8 mit der Schmelze befüllt werden, um das in der Figur 2 abgebildete Positiv zu erhalten. Hierbei strömt die Schmelze ausgehend von dem Gusslaufzentralpunkt 8 in einen Anguss 9 mit zwei Angusssträngen 90. Über die Angussstränge 90 strömt die Schmelze weiter in der Gussrichtung 80 gleichmäßig in jede der Gusslaufkavitäten, und bis hin zum Überlauf 10. Eine Geometrie des Angusses 9 ist dabei speziell so ausgebildet, um eine gleichmäßige Befüllung sämtlicher Formnester 5 des Gusswerkzeugs 1 zu erhalten, sodass eine gleichmäßige Erstarrung der

Schmelze erfolgen kann. Besonders günstige Varianten einer Angussgestaltung sind dabei in der Figur 7 dargestellt, welche sechs Varianten eines durch das Gusswerkzeug 1 gegossenen Positivs mit verschiedenen Angussgeometrien zeigt.

**[0051]** Gezeigt sind in der Figur 7 jeweils Geometrien eines Angusses 9 mit zwei Angusssträngen 90, welche sich von dem Gusslaufzentralpunkt 8 in Richtung der Gusslaufkavitäten erstrecken. Ausgehend von den Angusssträngen 90 ist pro Gusslaufkavität jeweils ein Gusslaufarm 92 vorgesehen, welcher die entsprechende Gusslaufkavität mit einem der Angussstränge 90 verbindet.

**[0052]** In den Varianten a und d sind dabei V-förmig angeordnete Angussstränge 90 gezeigt, welche in einem Winkel  $\beta$  von  $130^\circ$  zueinander angeordnet sind. Die Angussarme 92 können entweder von einer zur Gussrichtung 80 parallelen Zentralachse 95 wegweisend (Variante a) oder zur Zentralachse hinweisend (Variante d) ausgerichtet sein.

**[0053]** Die Varianten b, c, e und f zeigen weiterhin Angussstränge 90, welche sich ausgehend von dem Gusslaufzentralpunkt 8 zumindest teilweise in genau entgegengesetzter Richtung zueinander und senkrecht zur Gussrichtung 80 erstrecken.

**[0054]** Variante b zeigt dabei einfache gerade Angussstränge 90, von denen sich jeweils parallele und gleich lange Angussarme 92 zu den Gusslaufkavitäten erstrecken.

**[0055]** Variante c zeigt gestufte Angussstränge 90, welche jeweils einen Teilabschnitt 93 aufweisen, der in Gussrichtung 80 hin zu den Gusslaufkavitäten versetzt angeordnet ist.

**[0056]** In Variante e ist zudem ein Anguss 9 mit einer Strömungsumkehr gezeigt. Dabei strömt die Schmelze zuerst vom Gusslaufzentralpunkt 8 weg in entgegengesetzte Richtungen in erste Abschnitte 94 der Angussstränge 90. Anschließend wird die Schmelze um  $360^\circ$  umgelenkt und strömt in umgekehrter Richtung zurück in zweiten Abschnitten 96. Von den zweiten Abschnitten 96 zweigen die Angussarme 92 rechtwinklig ab.

**[0057]** Weiterhin kann jeder der Angussstränge 90, wie in Variante f, aus jeweils zwei Sub-Angusssträngen 97, 98 gebildet sein, welche sich jeweils senkrecht zur Gussrichtung 80 erstrecken und in Gussrichtung 80 nebeneinander angeordnet sein. Die Sub-Angussstränge 97, 98 sind jeweils mittels zweier Sub-Angussarme 99, welche sich parallel zur Gussrichtung 80 erstrecken, miteinander verbunden. Die Angussarme 92, welche die Schmelze jeweils in die Gusslaufkavitäten leiten, sind dabei an den näher an den Gusslaufkavitäten angeordneten Sub-Angusssträngen 92 vorgesehen.

## Bezugszeichenliste

### [0058]

1 Gusswerkzeug

2 Auswurfseite  
3 Eingussseite  
4 Entformungsrichtung  
5 Formnester  
6 Gussformteilungsebene  
8 Gusslaufzentralpunkt  
9 Anguss  
10 Überlauf  
20 Formsegmente  
21 Segmentteilungsebene  
22 Distanzplatten  
25 Gussformseite  
28 Passstift  
29 Schraube  
30 Spule  
31 Windungen  
32 Kernbereich  
33 Spulenachse  
34 Anschlüsse  
36 erste Seiten  
37 zweite Seiten  
80 Gussrichtung  
90 Angussstrang  
92 Angussstrang  
94 erste Abschnitte  
95 Zentralachse  
96 zweite Abschnitte  
97 Sub-Angussstrang  
98 Sub-Angussstrang  
99 Sub-Angussarm

## Patentansprüche

1. Gusswerkzeug (1) zur Herstellung gegossener elektrotechnischer Spulen (30), wobei die gegossene Spule (30) mehrere, voneinander beabstandete Windungen (31) um einen hohlen Kernbereich (32), der sich entlang einer Spulenachse (33) erstreckt, aufweist, wobei das Gusswerkzeug (1) zumindest zwei relativ zueinander in einer Entformungsrichtung (4) bewegbare Formeinsätze (2, 3) zur Ausbildung von zumindest einem Formnest (5), welches für genau eine Spule formgebend ist, umfasst, und wobei das Gusswerkzeug (1) ferner einen Gusslaufzentralpunkt (8) umfasst, wobei mehrere Formnester (5) ausgehend von dem Gusslaufzentralpunkt (8) in Gussrichtung (80) hintereinander angeordnet sind, zur Ausbildung von zumindest einer Gusslaufkavität.
2. Gusswerkzeug nach Anspruch 1,
  - wobei zumindest einer der Formeinsätze (2, 3) aus mehreren einzeln zusammengesetzten Formsegmenten (20) gebildet ist,
  - wobei die Formsegmente (20) jeweils an einer Segmentteilungsebene (21) aneinander gesetzt sind, und

- wobei die Segmentteilungsebene (21) nicht-parallel, insbesondere senkrecht, zur Spulenachse (33) ist.
3. Gusswerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der segmentierte Formeinsatz (2) jeweils genau ein Formsegment (20) pro Windung (31) der Spule (30) aufweist. 5
4. Gusswerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 10
- wobei die Formeinsätze (2, 3) in einer zur Entformungsrichtung (4) senkrechten Gussformteilungsebene (6) voneinander trennbar sind, 15
- wobei die Gussformteilungsebene (6) außermittig zum Formnest (5) angeordnet ist, und
- wobei die Gussformteilungsebene (6) insbesondere an einem bezüglich der Spulenachse (33) radial außenliegenden Außenrand des Formnests (5) angeordnet ist. 20
5. Gusswerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend zumindest zwei Gusslaufkavitäten und einen Anguss (9), welcher den Gusslaufzentralpunkt mit jeder der Gusslaufkavitäten verbindet, wobei der Anguss (9) zumindest zwei Angussstränge (90) aufweist, welche sich von dem Gusslaufzentralpunkt (8) zu jeweils zumindest einer Gusslaufkavität erstrecken, zum Befüllen der Gusslaufkavitäten mit gleichmäßiger Füllgeschwindigkeit. 25
6. Gusswerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Formnester (5) formgebend für folgende Spule (30) ausgebildet sind: 30
- Spule (30) mit mehreren, voneinander beabstandeten Windungen (31) um einen hohlen Kernbereich (32), der sich entlang einer Spulenachse (33) erstreckt, 35
- wobei die Windungen (31), bei Betrachtung parallel zur Spulenachse (33), zwei gegenüberliegende erste Seiten (36) und zwei gegenüberliegende zweite Seiten (37) aufweisen, und 40
- wobei die beiden ersten Seiten (36) jeweils in einem vorbestimmten Neigungswinkel ( $\alpha$ ) gegenüber einer zur Spulenachse (33) senkrechten Ebene (21) geneigt sind. 45
7. Gusswerkzeug nach Anspruch 6, wobei der Neigungswinkel ( $\alpha$ ) mindestens  $5^\circ$ , bevorzugt mindestens  $10^\circ$ , besonders bevorzugt maximal  $25^\circ$  beträgt. 50
8. Verfahren zur Herstellung eines Gusswerkzeugs (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend den Schritt: 55
- Herstellen eines Formnests (5) in zumindest zwei Formeinsätzen (2, 3),
- wobei das Herstellen des Formnests (5) mittels Senkerodieren erfolgt.
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei während des Senkerodierens jeweils eine Distanzplatte (22) zwischen zwei benachbarten Formsegmenten (20) eines segmentierten Formeinsatzes (2) angeordnet ist.
10. Verfahren zur Herstellung elektrotechnischer Spulen (30), vorzugsweise aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, mit einem Gusswerkzeug (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, oder mit einem Gusswerkzeug (1), welches mittels eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 8 oder 9 hergestellt ist.
11. Gegossene elektrotechnische Spule (30), vorzugsweise hergestellt mit einem Gusswerkzeug (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 oder dem Verfahren nach Anspruch 10, mit mehreren, voneinander beabstandeten Windungen (31) um einen hohlen Kernbereich (32), der sich entlang einer Spulenachse (33) erstreckt,
- wobei die Windungen (31), bei Betrachtung auf eine zur Spulenachse (33) senkrechte Ebene, zwei gegenüberliegende erste Seiten (36) und zwei gegenüberliegende zweite Seiten (37) aufweisen, und
- wobei die beiden ersten Seiten (36) jeweils in einem vorbestimmten Neigungswinkel ( $\alpha$ ) gegenüber einer zur Spulenachse senkrechten Ebene (21) geneigt sind.
12. Gegossene elektrotechnische Spule (30) nach Anspruch 11, wobei der Neigungswinkel ( $\alpha$ ) mindestens  $5^\circ$ , bevorzugt mindestens  $10^\circ$ , besonders bevorzugt maximal  $25^\circ$  beträgt.
13. Gegossene elektrotechnische Spule (30) nach Anspruch 11 oder 12,
- wobei die beiden ersten Seiten jeweils (36) in dem Neigungswinkel ( $\alpha$ ) symmetrisch zu der zur Spulenachse senkrechten Ebene (21) geneigt sind.
14. Gegossene elektrotechnische Spule (30) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei die beiden zweiten Seiten (37) in Form von schraubenförmigen Blechen ausgebildet sind.

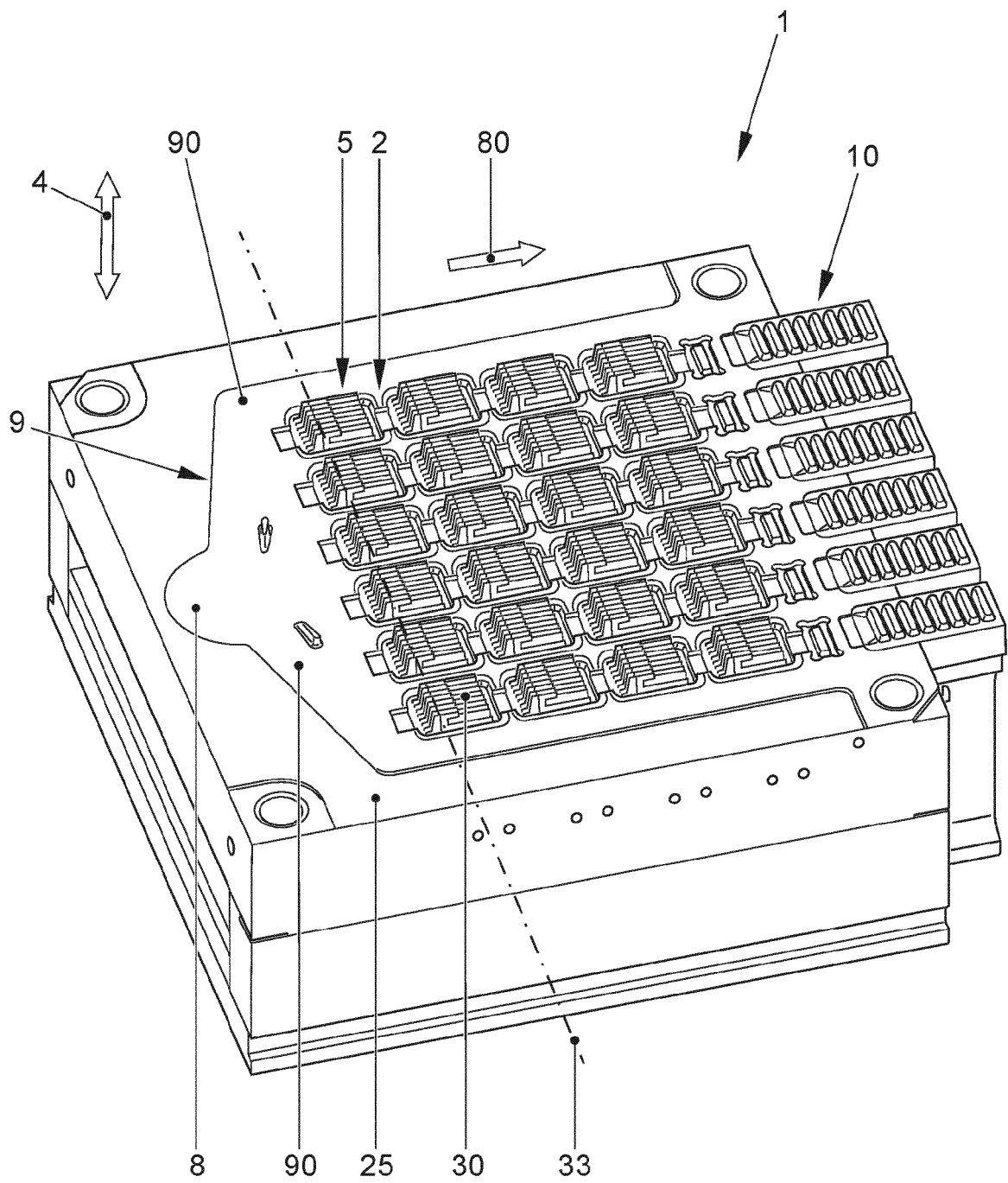


FIG. 1

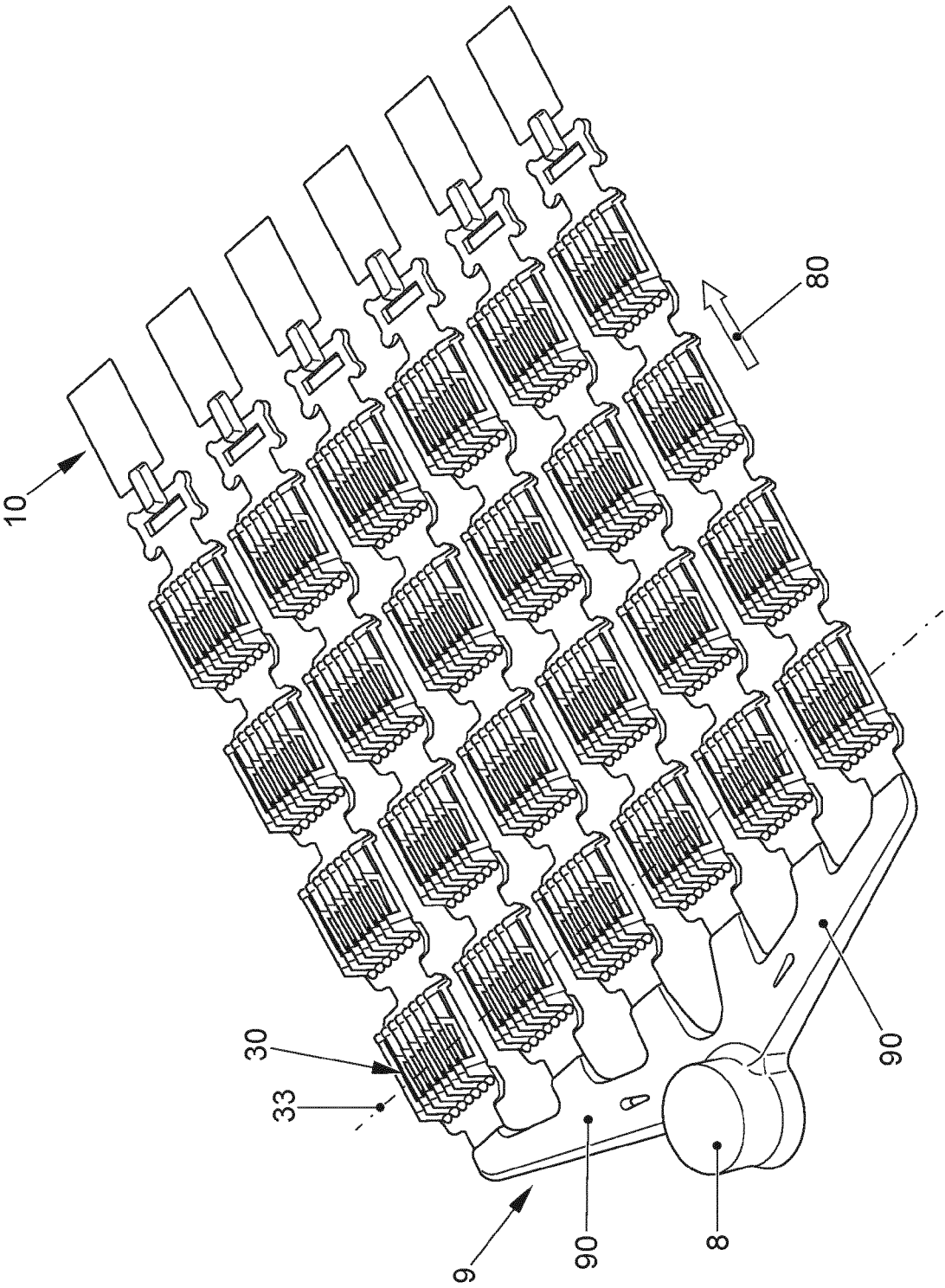


FIG. 2

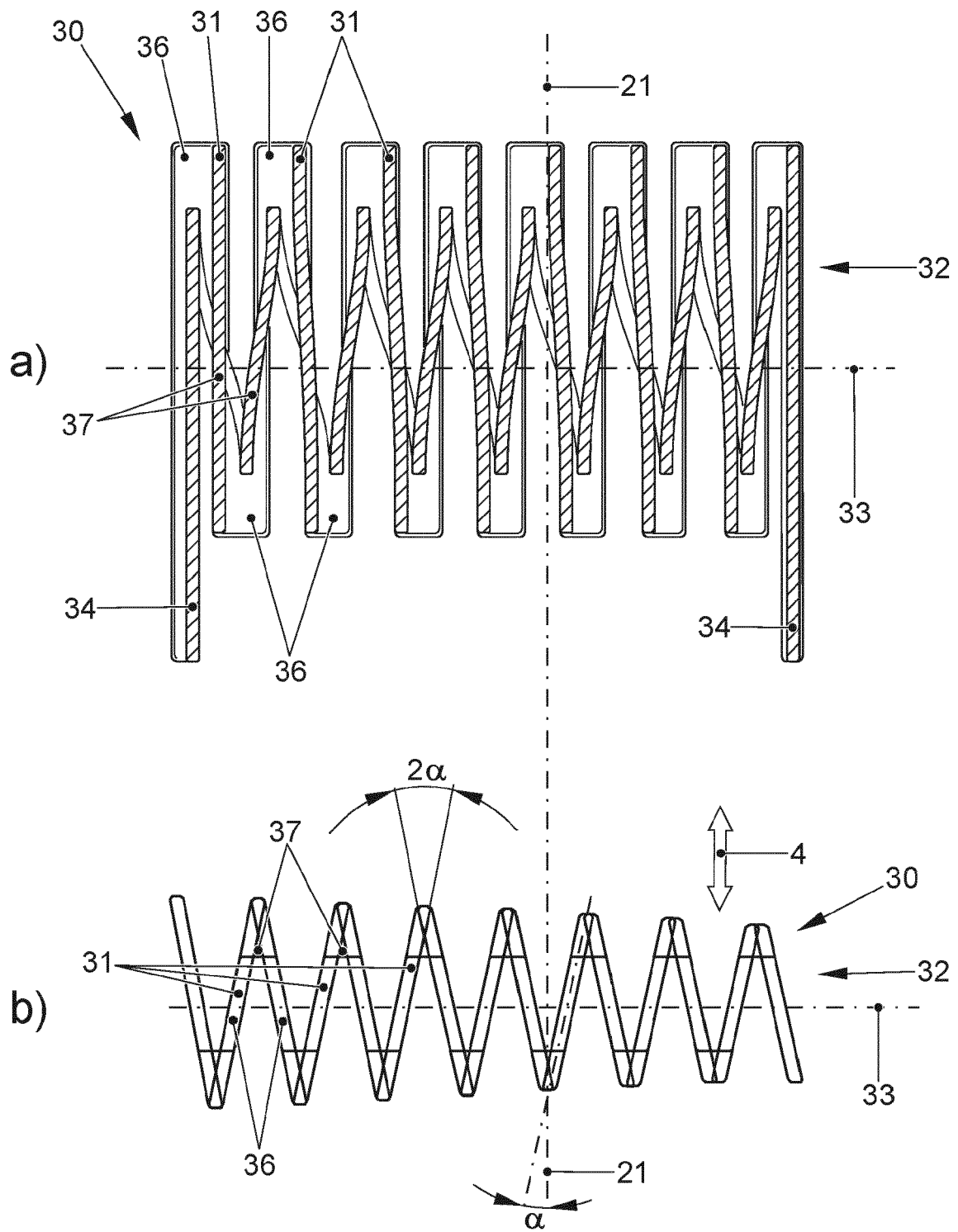


FIG. 3

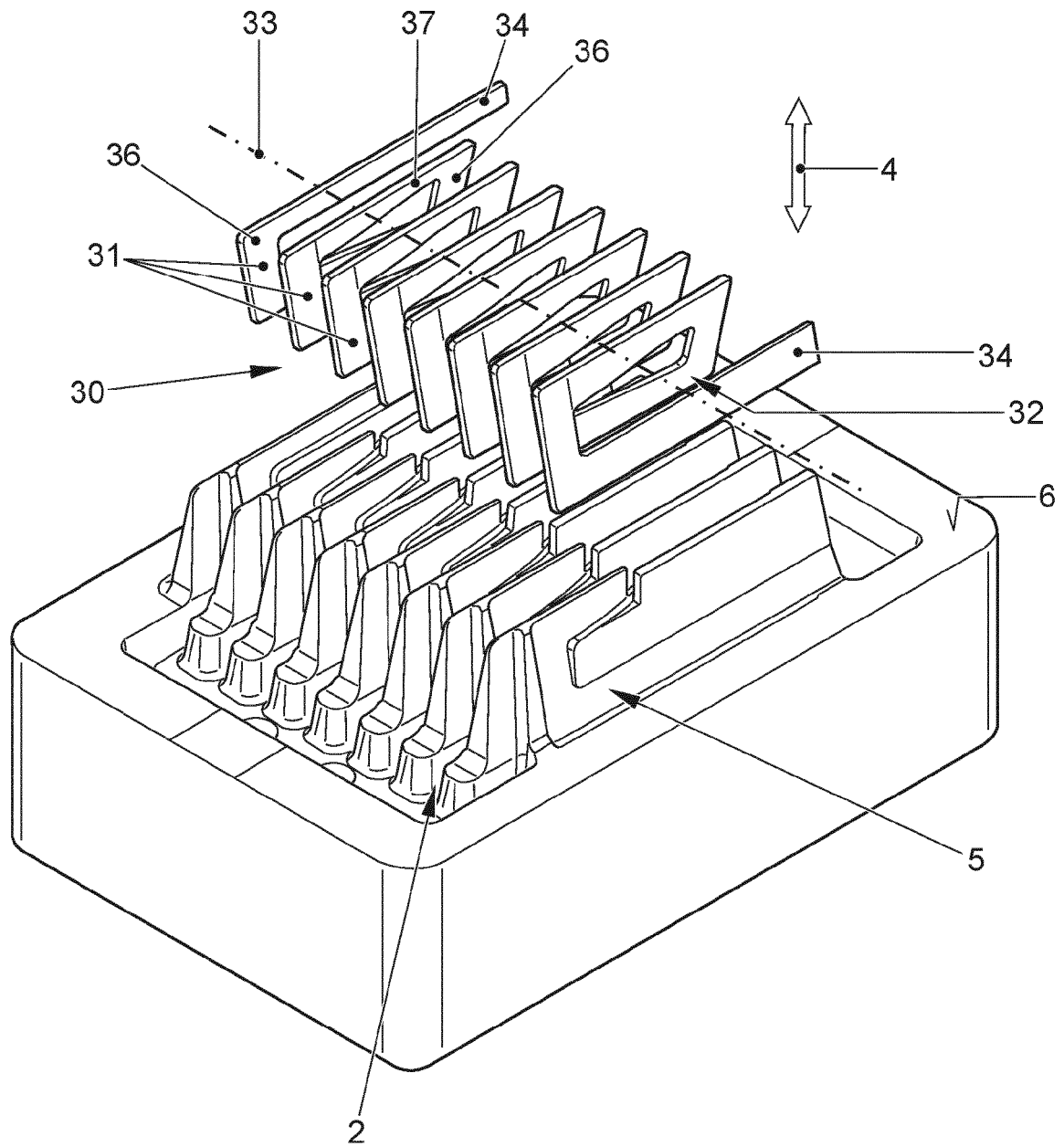


FIG. 4

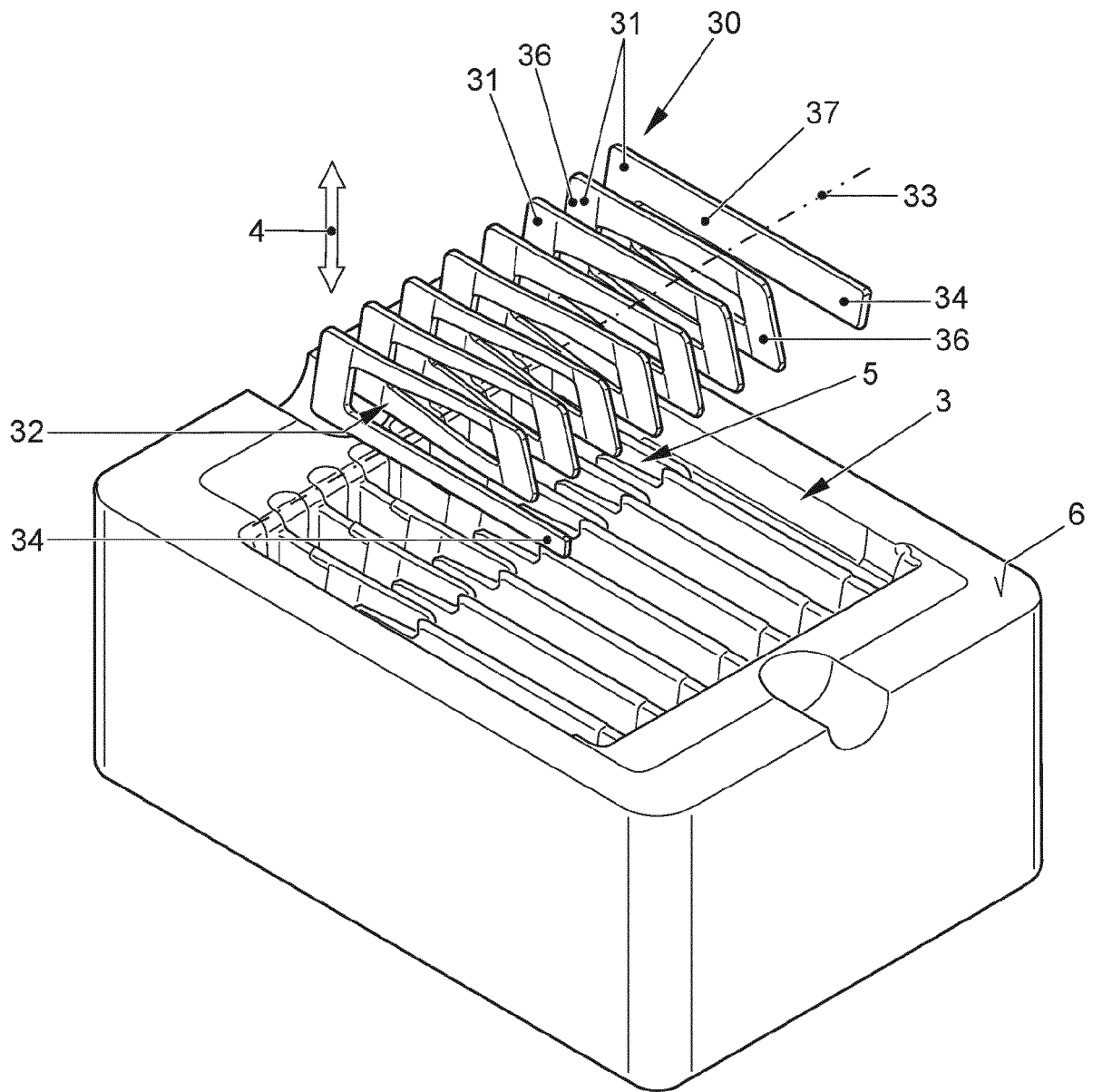


FIG. 5

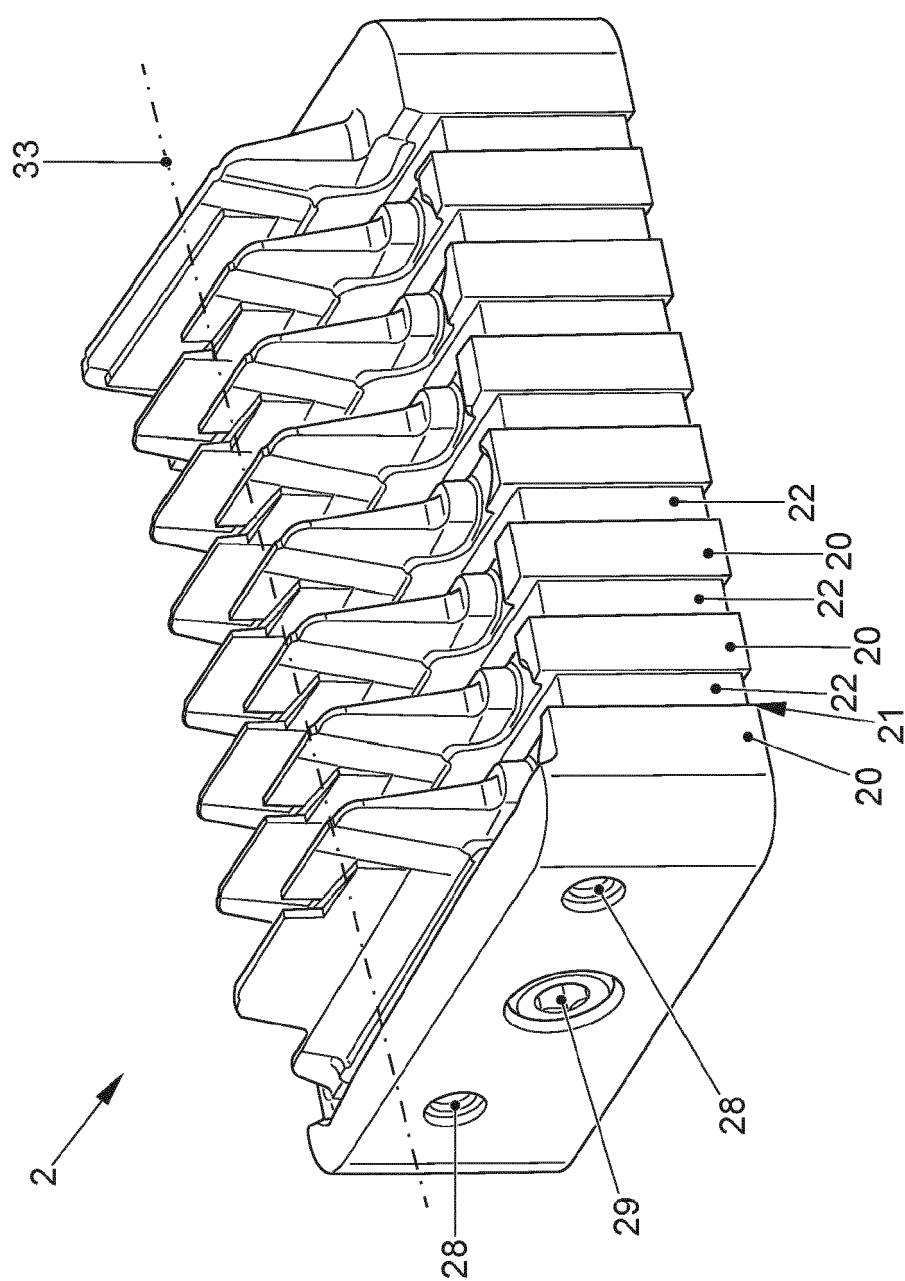


FIG. 6

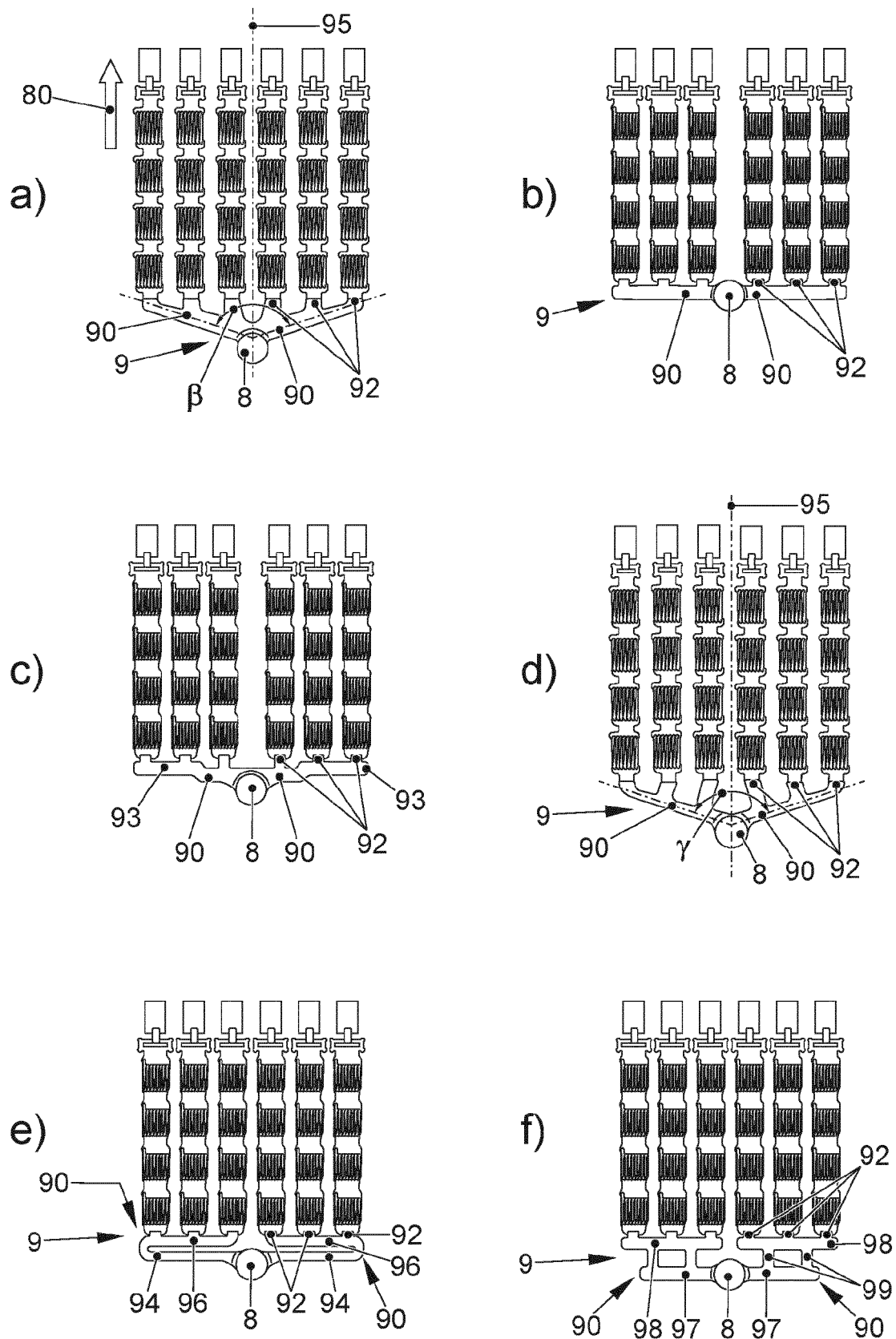


FIG. 7

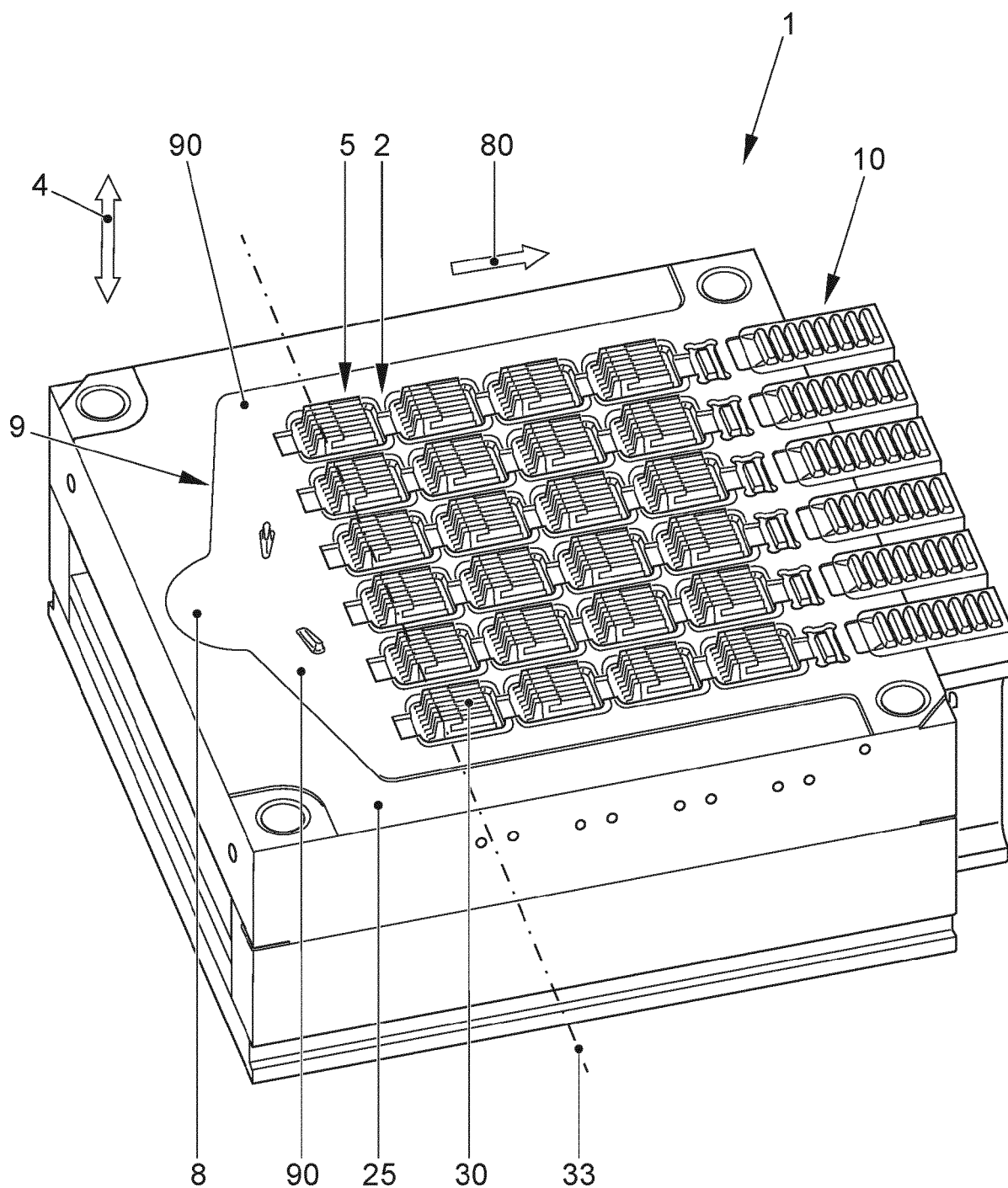


FIG. 1



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 20 19 2518

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,D                                                                                                                                                                                                                                                                                       | DE 10 2016 202657 A1<br>(FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E V [D])<br>24. August 2017 (2017-08-24)<br>* Anspruch 1; Abbildungen 1-24 *                                                           | 1-14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | INV.<br>B22C9/06<br>B22C9/22<br>B22C9/24<br>B22D25/02<br>H01F5/00<br>H01F41/04<br>H02K15/04 |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DE 10 2017 211034 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE])<br>3. Januar 2019 (2019-01-03)<br>* Absatz [0015]; Ansprüche 1,2,13;<br>Abbildungen 2-6 *                                                                                             | 1-14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                             |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                         | JP 2015 002614 A (AISIN AW CO)<br>5. Januar 2015 (2015-01-05)<br>* Absätze [0015], [0030]; Anspruch 1;<br>Abbildungen 4,5 *                                                                                                     | 1-14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                             |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                         | JP 2015 009259 A (AISIN AW CO)<br>19. Januar 2015 (2015-01-19)<br>* Absätze [0016], [0035]; Anspruch 1;<br>Abbildungen 3,9,11 *                                                                                                 | 1-14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                             |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                         | WO 2018/135086 A1 (PANASONIC IP MAN CO LTD [JP])<br>26. Juli 2018 (2018-07-26)<br>* Absätze [0041], [0043]; Anspruch 1;<br>Abbildungen 1,2,5,6A-C *                                                                             | 1-14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)<br>B22C<br>B22D<br>H02K<br>H01F                             |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                         | J JEEVAMALAR ET AL: "A Review on Die Sinking EDM Process Parameters", INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE RESEARCH IN ENGINEERING AND TECHNOLOGY-(ICIRET 2014), 30. Dezember 2014 (2014-12-30), XP055740545,<br>* Abstract * | 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                             |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                             |
| Recherchenort<br>Den Haag                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                 | Abschlußdatum der Recherche<br>30. Oktober 2020                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Prüfer<br>Momeni, Mohammad                                                                  |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                                                                                                                                 | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                                                                             |

EPO FORM 1503 03.02 (P04C03)



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 20 19 2518

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                                                                                                                                                                                                                                                                                         | AZHAR EQUBAL ET AL: "Electrical Discharge Machining: An Overview on Various Areas of Research",<br>MANUFACTURING AND INDUSTRIAL ENGINEERING,<br>Bd. 13, Nr. 1-2,<br>26. September 2014 (2014-09-26),<br>XP055740548,<br>ISSN: 1335-7972, DOI:<br>10.12776/mie.v13i1-2.339<br>* Abstract * | 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)    |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                    |
| Recherchenort<br>Den Haag                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Abschlußdatum der Recherche<br>30. Oktober 2020                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Prüfer<br>Momeni, Mohammad         |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                                                                                                                                                                                           | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                    |

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 20 19 2518

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.

30-10-2020

| 10 | Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
|    | DE 102016202657 A1                                 | 24-08-2017                    | DE 102016202657 A1                | 24-08-2017                    |
|    |                                                    |                               | EP 3208013 A1                     | 23-08-2017                    |
| 15 | DE 102017211034 A1                                 | 03-01-2019                    | KEINE                             |                               |
|    | JP 2015002614 A                                    | 05-01-2015                    | KEINE                             |                               |
| 20 | JP 2015009259 A                                    | 19-01-2015                    | JP 6044470 B2                     | 14-12-2016                    |
|    |                                                    |                               | JP 2015009259 A                   | 19-01-2015                    |
| 25 | WO 2018135086 A1                                   | 26-07-2018                    | CN 110199458 A                    | 03-09-2019                    |
|    |                                                    |                               | EP 3573215 A1                     | 27-11-2019                    |
|    |                                                    |                               | JP WO2018135086 A1                | 07-11-2019                    |
|    |                                                    |                               | US 2020212770 A1                  | 02-07-2020                    |
|    |                                                    |                               | WO 2018135086 A1                  | 26-07-2018                    |
| 30 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 35 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 40 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 45 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 50 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 55 |                                                    |                               |                                   |                               |

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**

- DE 102016202657 A1 [0002]