

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 728 567 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
06.12.2006 Patentblatt 2006/49

(51) Int Cl.:
B21D 26/02 (2006.01) B21D 22/18 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06010180.5**

(22) Anmeldetag: **17.05.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **30.05.2005 DE 102005024627**

(71) Anmelder: **MT Aerospace AG
86153 Augsburg (DE)**

(72) Erfinder:
• **Michel, Helmut, Dr.
73733 Esslingen (DE)**
• **Radtke, Wulf, Dr.
82152 Planegg (DE)**
• **Hegels, Johannes, Dr.
80796 München (DE)**

(74) Vertreter: **Grape, Knut
Grape & Schwarzensteiner
Patentanwälte
Sebastiansplatz 7
80331 München (DE)**

(54) **Vakuumgestütztes Verfahren und Vorrichtung zum Umformen eines im Wesentlichen flächigen Rohlings aus Metall zu einem dünnwandigen Schalenkörper sowie deren Verwendung**

(57) Die Erfindung betrifft ein vakuumgestütztes Verfahren und eine Vorrichtung zum Umformen eines im Wesentlichen flächigen Rohlings (12) aus Metall zu einem dünnwandigen Schalenkörper (14), insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die eine eine Formkammer (18) bildende Tragstruktur (16), welche den Rohling (12) mit zunehmender Verformung zu dem dünnwandigen Schalenkörper (14) aufnimmt, eine an der Tragstruktur (16) angeordnete Einrichtung (20) zum Einspannen des

Rohlings (12) über dessen Umfang (22) an der Tragstruktur (16), welche die der Formkammer (18) zugewandte Rückseite (24) des Rohlings (12) gegenüber der der Formkammer (18) abgewandten Vorderseite (26) des Rohlings (12) abdichtet, und eine der Formkammer (18) zugeordnete sowie mit der Formkammer (18) kommunizierende Einrichtung (28) zum Anlegen eines Vakuums und Evakuieren der Formkammer (18) umfasst und der Tragstruktur (16) wenigstens ein die Vorderseite (26) des Rohlings (12) beaufschlagendes Umformwerkzeug (50) zugeordnet ist/sind, sowie deren Verwendung.

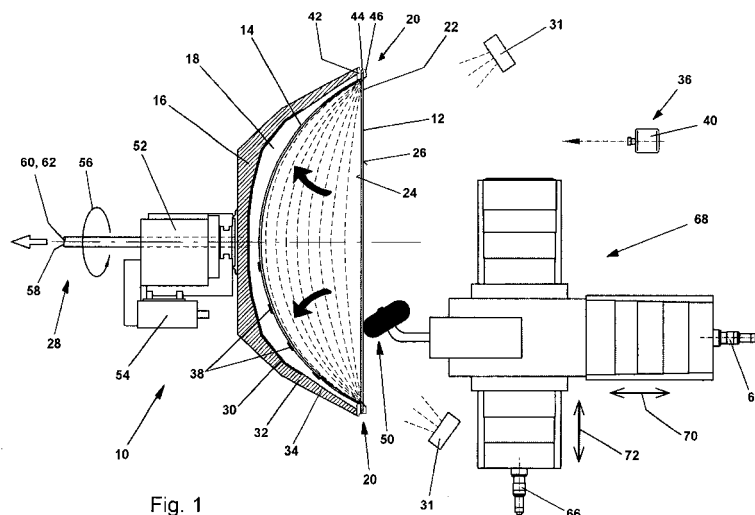


Fig. 1

EP 1 728 567 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Umformen eines im Wesentlichen flächigen Rohlings aus Metall zu einem dünnwandigen Schalenkörper sowie deren Verwendung.

[0002] Derartige Verfahren und Vorrichtungen zur Herstellung von Schalenkörpern aus im Wesentlichen flächigen Rohlingen, Ronden oder derartigen Blechtafeln sind allgemein bekannt, weisen allesamt aber eine Reihe von zum Teil erheblichen Nachteilen auf.

[0003] Beim Bodenpressen wird eine ebene Ronde auf einem Ziehtring positioniert und mittels eines Stempels, der die Form der Innenkontur des Schalenkörpers aufweist, von oben mittig durch den Ziehtringspalt gepresst. Dabei wird stets ein Ausgangsmaterial verwendet, das im Verhältnis zum Schalendurchmesser ausgesprochen dickwandig ist. Bei der Umformung von Schalenformen mit kleinem Wanddicken-Durchmesser-Verhältnis bilden sich Falten im Blech. Mit dem Bodenpressen lassen sich daher keine dünnwandigen endkonturgerechten metallischen Bauteile herzustellen. Um gewünschte Endwanddicken zu erhalten, ist vielmehr eine Nachbearbeitung durch Drehen oder Fräsen erforderlich.

[0004] Beim konvexen Drücken wird eine runde Platte, die im Pol bzw. Drehzentrum gegen eine rotierende, konvex geformte Druckform fixiert ist, mittels einer Umformrolle gegen die Druckform gedrückt und zu einem Schalenkörper umgeformt. Die Umformung erfolgt immer von der mittigen Einspannung aus. Mittels des konvexen Drückens, wie beispielhaft in der GB 1,468,659 oder der EP 1 285 707 B1 beschrieben ist, können im Allgemeinen ebenfalls nur verhältnismäßig dicke Ausgangsbleche zu Schalenkörpern umgeformt werden. Die für die Umformung erforderlichen Mindestwanddicken hängen, neben dem Durchmesser der herzustellenden Schalen, von der Querschnittsform des Schalenkörpers ab. Bei der Umformung von Schalenkörpern mit kleinem Wanddicken-Durchmesser-Verhältnis bilden sich gleichermaßen Falten im Blech. Um die Falten und die mechanische Nachbearbeitung zu reduzieren, sind Vorrichtungen entsprechend der US-PS 3,355,920 vorgeschlagen, die eine Kalibrierung der Form ermöglichen sollen.

[0005] Beim konkaven Gegenformdrücken wird eine vorgeformte runde Schale, die im Pol bzw. Drehzentrum gegen eine rotierende, konkav geformte Druckform fixiert ist, mittels einer Umformrolle gegen diese gedrückt und von der Innenseite rotationssymmetrisch umgeformt. Wie beispielhaft aus der US 6,006,569 hervorgeht, kann ein Schalenkörper in dem konkaven Drückfutter nicht abschließend auf Form und Maß gebracht werden. Vielmehr sind weitere Schritte, insbesondere eine zusätzliche Umformung auf einer konvex gekrümmten Druckform, erforderlich.

[0006] Beim Kugelstrahlumformen werden einzelne, elastisch vorgekrümmte Bauteile, durch Beschuss mit kleinen Kugeln, zu sphärisch gekrümmten Segmenten

eines Schalenkörpers umgeformt und einschließlich Polkappe zu einem meist großen Schalenkörper verschweißt oder vernietet. Obgleich sich das Kugelstrahlumformen, wie zum Beispiel in der DE 38 42 064 C2 offenbart ist, in der Praxis durchaus bewährt hat, haben sich bei gewichtsoptimierten Schalenkörpern, wie zum Beispiel bei Domen von Tanks für die Luft- und Raumfahrt, die erforderlichen Wanddickenverstärkungen im Bereich von Schweißnähten und/oder Nietverbindungen als hinderlich herausgestellt.

[0007] Beim Gegenrollendrücken wird weiterhin eine rotierende, am Rand eingespannte Ronde, durch eine Innenrolle und durch eine Gegenrolle umgeformt. Damit können schwierig umformbare Werkstoffe im Wesentlichen mittels Druckkräften umgeformt werden. Diese entstehen beim Zusammenwirken der zwei einander gegenüberliegenden Rollen, sobald der rotierende Schalenkörper belastet und damit umgeformt wird. Durch aufgeprägte Druckspannungen wird die Verformbarkeit von Werkstoffen verbessert.

[0008] Beim Gegenrollendrücken, das zum Beispiel in der EP 0 593 799 B1 beschrieben ist und sich in der Praxis durchgesetzt hat, erfolgt die Umformung ausschließlich durch Druckspannungen, die sich zwischen den Rollen aufbauen. Dadurch werden unerwünschte zugbedingte Materialbeanspruchungen vermieden bzw. begrenzt. Nicht zuletzt hieraus resultierend erfährt das Gegenrollendrücken gewisse Einschränkungen, da sich die Konstruktion der Vorrichtung insgesamt, aufgrund der durch die einander korrespondierenden Rollen bedingten vielen einzelnen Bauteilen, als recht aufwendig und kostenintensiv gestaltet. Zusätzlich ist für die NC-Steuerung ein höherer Programmieraufwand nötig, da zwei Rollen zu steuern sind.

[0009] Beim konkaven Drücken schließlich, das beispielhaft in der EP 0 457 358 B1, der US 3,316,745, der GB 201,269 oder der US 6,006,569 beschrieben ist, wird ein rotierender, kreisförmig zugeschnittener Rohling, zum Beispiel eine vorgeformte Ronde, entlang dessen Umfang auf einer Ring- oder Spannplatte befestigt, mit einer Rolle in einen freien Raum hinter der Ring- oder Spannplatte ausgewölbt und zu einem gegebenenfalls rotationssymmetrischen Schalenkörper mit endkonturgerechten Abmessungen umgeformt. Dies geschieht, je nach erforderlicher Durchwölbung, in meist mehreren Einzelschritten, wobei das Rondenmaterial plastisch gedehnt und azimuthal infolge Flächenzunahme im Membranbereich gespannt wird. Von gravierendem Nachteil haben sich allerdings beim konkaven Drücken beträchtliche Herstellungskosten der Schalenkörper infolge hoher Wärme- und Energiekosten einerseits und hohen Personal-, Umrüst- und damit Zeit- sowie Kostenaufwandes andererseits erwiesen.

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Umformen bzw. Verformen eines im Wesentlichen flächigen Rohlings aus Metall zu einem dünnwandigen Schalenkörper zur Verfügung zu stellen, mit welchem

bzw. welcher sich die obigen Nachteile vermeiden lassen, welches bzw. welche mithin eine weitaus verbesserte wirtschaftliche Nutzung, insbesondere auch aufgrund von in der Luft- und Raumfahrt besonders stark wachsenden Anforderungen, bei gleichzeitig hoher Maßhaltigkeit, geringem Gewicht und hoher Festigkeit ermöglicht/ermöglichen, sowie deren Verwendung bereitzustellen.

[0011] Diese Aufgabe wird in verfahrenstechnischer Hinsicht auf überraschend einfache Weise durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0012] Durch die Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Umformen bzw. Verformen eines im Wesentlichen flächigen Rohlings aus Metall zu einem dünnwandigen Schalenkörper, wobei der Rohling über dessen Umfang an einer Tragstruktur mit einer Formkammer, in welcher der Rohling mit zunehmender Verformung zu dem dünnwandigen Schalenkörper aufgenommen wird, eingespannt wird, die der Formkammer zugewandte Rückseite des Rohlings gegenüber der der Formkammer abgewandten Vorderseite des Rohlings abgedichtet wird, ein Vakuum an die von dem Rohling abschließende Formkammer angelegt wird und der Rohling durch definiertes Evakuieren der Formkammer sowie über wenigstens ein die Vorderseite des Rohlings beaufschlagendes Umformwerkzeug zu dem dünnwandigen Schalenkörper verformt wird, wobei der Rohling und das wenigstens eine Umformwerkzeug relativ zueinander bewegt, insbesondere gedreht, werden, ist eine Herstellungsweise vorgeschlagen, welche durch eine wesentliche verbesserte Ausnutzung vorhandener Wärme- und Kraftpotentiale zu einer erheblichen Reduzierung von Energiekosten und einer damit einhergehenden Zeitersparnis zu einer hohen Wirtschaftlichkeit führt. Gleichzeitig ist eine ausgesprochen große Form- und Maßgenauigkeit des hergestellten dünnwandigen Schalenkörpers bei gleichzeitiger Gewichtersparnis und Erhöhung der Festigkeit sowie der Belastungsgrenzen ermöglicht. Ganz wesentliche Bedeutung kommt dabei der Anlegung eines Vakuums und der definierten Evakuierung der Formkammer zu, wobei der Begriff "Vakuum" nachfolgend terminologisch gleichermaßen ein Grobvakuum wie ganz allgemein einen Unterdruck einschließt. So lässt sich das Verformen bzw. Umformen oder konkave Drücken bei Unterdruck unterstützen und erheblich beschleunigen. Der Unterdruck bewirkt zugleich, dass der Rohling aufgrund der Druckdifferenz zwischen Umgebungsdruck an dessen Vorderseite und Unterdruck an dessen Rückseite gespannt und infolgedessen in Richtung der späteren Endgeometrie hin zu einem dünnwandigen Schalenkörper gezogen bzw. leicht in die Formkammer gedrückt wird. Der Unterdruck gleicht in vorteilhafter Weise eventuell auftretende Materialverschiebungen infolge unterschiedlicher Spannungsverhältnisse innerhalb des Rohlings bei dessen Verformung bzw. Umformung oder bei dessen konkaven Drücken zu einem dünnwandigen Schalenkörper aus. Durch das Anlegen eines Vakuums an die von dem Rohling abschließende

Formkammer und durch das definierte Evakuieren dieser Kammer ergeben sich noch weitere wesentliche Vorteile. So können die Einspannkkräfte, die auf den zu verformenden bzw. umzuformenden oder zu drückenden Rohling in der Tragstruktur wirken, erhöht werden. So können auch in den Rohling Spannungen, die proportional zur wirksamen Druckdifferenz zwischen dem an der Vorderseite des Rohlings herrschenden Umgebungsdruck und dem an der Rückseite des Rohlings herrschenden Unterdruck in der Formkammer sind, induziert werden. Diese Spannungen unterstützen und beschleunigen vor allem in zeitlicher Hinsicht das Verformen bzw. Umformen oder konkave Drücken erheblich. Gleichzeitig lässt sich ein anderes Problem verhindern, jedenfalls vermindern. So wird bei eventuellem Einsatz eines Umformwerkzeuges eine von dem Umformwerkzeug vorgetriebene Materialwelle des Rohling abgebaut, da sich deren Höhe unter dem Einfluss der durch das Vakuum bzw. den Unterdruck induzierten Spannungen in dem Rohling reduzieren lässt. Mit der Evakuierung der Formkammer einerseits und der bzw. dem damit einhergehenden beschleunigten Verformung bzw. Umformung oder konkaven Drücken des Rohlings zu einem dünnwandigen Schalenkörper andererseits lässt sich nicht zuletzt eine allgemein auftretende Oxidation vermindern.

[0013] Weitere vorteilhafte konstruktive Einzelheiten des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Ansprüchen 2 bis 18 beschrieben.

[0014] In Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Rohling nach Anspruch 2 über wenigstens eine der Formkammer zugeordnete Einrichtung zur Erwärmung und/oder Aufheizung des Rohlings auf ein erhöhtes Temperaturprofil gebracht.

[0015] In vorteilhafter Weise wird der Rohling des Weiteren nach Anspruch 3 über wenigstens eine der Formkammer zugeordnete Einrichtung zur Wärmedämmung und/oder wenigstens eine der Formkammer zugeordnete Einrichtung zur Wärmerückstrahlung auf einem erhöhten Temperaturprofil gehalten. Während einer Warmumformung kommt es vornehmlich darauf an, dass einmal eingestellte Temperaturverhältnisse bzw. ein einmal erreichtes erhöhtes Temperaturprofil des Rohlings im Rahmen enger Toleranzen verbleiben, so dass der Heizenergiebedarf, insbesondere auch bei dünnwandigen Rohlingen bzw. Schalungskörpern, möglichst ohne größeren Regelungsaufwand konstant und vor allem kleingehalten werden kann. Zu diesem Zweck werden Wärmeverluste des Rohlings bzw. späteren Schalenkörpers in der Formkammer dadurch reduziert, dass Konvektionsverluste durch Absaugen der Luft über die Einrichtung zur definierten Evakuierung der Formkammer einerseits und Leitungs- sowie Strahlungsverluste durch die Auskleidung der Formkammer mit wärmedämmendem Material und durch die Besspannung der Formkammer mit spiegelnden (Multiscreen-)Reflektorfolien weitestgehend unterbunden werden können.

[0016] Zur Vermeidung, zumindest zur Einschränkung einer Oxidation, welcher der Rohling gerade bei Wärme-

zufuhr ausgesetzt ist, wird der Rohling nach Anspruch 4 erfindungsgemäß über eine in der Formkammer angeordnete oder mit der Formkammer kommunizierende Einrichtung mit Schutzgas beaufschlagt.

[0017] Von besonderer Bedeutung für eine vereinfachte und beschleunigte Herstellung eines dünnwandigen Schalenkörpers aus einem im Wesentlichen flächigen Rohling sind die Maßnahmen des Anspruchs 5. Danach wird der Rohling über eine in der Formkammer angeordnete, perforierte Gegenform zu dem dünnwandigen Schalenkörper verformt. Die perforierte Gegenform dient mithin der Anlage und Abstützung des Rohlings bzw. späteren dünnwandigen Schalenkörpers, nachdem die Formkammer ausreichend evakuiert wurde.

[0018] Bei Rohlingen von größerer Wanddicke oder mit komplizierter Meridiangeometrie ist es von besonderem Vorteil, das erfindungsgemäße Verfahren zum Verformen bzw. Umformen oder Drücken unter Einsatz von Vakuum durch die technischen Merkmale des Anspruchs 6 zu unterstützen. Demnach wird der Rohling über wenigstens ein die Vorderseite des Rohlings beaufschlagendes Umformwerkzeug zu dem dünnwandigen Schalenkörper ähnlich bzw. entsprechend dem Prinzip des "konkaven Drückens" verformt. Als Umformwerkzeug kann dabei wenigstens eine Umform- oder Drückrolle und/oder eine Drückkugel, die dann vorzugsweise hydrostatisch gelagert ist, Verwendung finden. Dabei werden der Rohling und das wenigstens eine Umformwerkzeug relativ zueinander bewegt, insbesondere gedreht.

[0019] In diesem Zusammenhang hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen, auf die Maßhaltigkeit des Rohlings und späteren dünnwandigen Schalenkörpers während des Verformens bzw. Umformens oder konkaven Drückens entsprechend den Maßnahmen des Anspruchs 7 dadurch Einfluss zu nehmen, dass das die Vorderseite des Rohlings beaufschlagende Umformwerkzeug abweichend von der bisherigen Handhabung relativ zum Rohling vom Umfang zur Mitte des Rohlings und/oder ebenso von der Mitte zum Umfang des Rohlings geführt wird. Durch eine solche gegebenenfalls wahlweise wechselnde Führung lassen sich insbesondere störende Einflüsse infolge starker Rückfederung des Rohlings in dessen Polbereichen verbessert beherrschen und frühzeitig reduzieren. Zudem ergibt sich auf diese Weise die Möglichkeit, den Rohling in dessen Polbereich mit besonders flachen Formen, wie sie häufig zum Beispiel in der Luft- und Raumfahrt zur Anwendung kommen, zu erzeugen. Darüber hinaus lassen sich mit einer solchen Führung deutlich verkürzte Verfahrenswege des Umformwerkzeuges erreichen. Die Folge nicht zuletzt hieraus resultierend ist eine deutliche Zeitersparnis insgesamt. Grundsätzlich kann also die räumliche Bewegung des wenigstens einen Umformwerkzeuges relativ zum Rohling spiralförmig von innen nach außen oder umgekehrt von außen nach innen verlaufen, immer aber auf reinen Großkreisen und kinematischen Kombinationen daraus, die zur gewünschten Geometrie des dünnwandigen Schalenkörpers führen. Eine Relativbewe-

gung zwischen Rohling und Umformwerkzeug kann aber auch schrittweise mit jeweils angepasster Anstellung und in beliebigen Kombinationen der jeweiligen Grundbewegungen erfolgen, um eine gewünschte Geometrie zu erzeugen.

[0020] Einer weitergehenden Erhöhung der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erreichbaren Maßhaltigkeit dienen die Merkmale des Anspruchs 8, wonach das die Vorderseite des Rohlings beaufschlagende Umformwerkzeug geregelt und/oder gesteuert wird. Die Endgeometrie des dünnwandigen Schalenkörpers lässt sich dabei durch die Meridiankurve einer (Blech-)Schablone bzw. durch Einprogrammierung der Meridiankurve der (Blech-)Schablone in eine NC-Steuerung definieren. Dadurch ist der Vorschub des Umformwerkzeuges parallel zur zentralen Drehachse des Rohlings in Abhängigkeit des Radius festgelegt und begrenzt, und zwar unter gleichzeitiger Berücksichtigung des Rückfederungsverhaltens des Materials. Nachträgliche Geometrieänderungen oder Geometrieadjustierungen für anders geformte Schalenkörper sind ohne hohen Zeit-, Personal- und damit einhergehend Kostenaufwand möglich, nachdem lediglich die Schablone bzw. die NC-Steuerung für das Umformwerkzeug verändert werden muss.

[0021] In weiter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Rohling nach Anspruch 9 in ganz vorteilhafter Weise vor dem Verformen zu dem dünnwandigen Schalenkörper aus wenigstens zwei gesonderten Flächenelementen gebildet, die miteinander insbesondere mittels Wolfram-Inertgas (TIG)-, Metall-Inertgas (MIG)-, Reibrühr (FSW)-, Elektronenstrahl (EB)-, Laser-, Plasmaschweißen oder jedem anderen geeigneten Schweißverfahren zu einer Einheit zusammengefügt werden.

[0022] In diesem Zusammenhang ist es von besonderer Bedeutung, dass der Rohling nach Anspruch 10 vor dem Verformen zu dem dünnwandigen Schalenkörper weichgeglüht wird. Das Verformen bzw. Umformen oder konkave Drücken lässt sich umso einfacher und sicherer durchführen, je weicher und duktiler sich das Material verhält. Soweit der zu verformende bzw. umzuformende oder zu drückende Rohling aus mehreren gesonderten Flächenelementen zusammengesetzt ist, ist das Weichglühen zum Abbau innerer Spannungen und schweißbedingter Unterschiede in der Formänderungsfestigkeit von Vorteil.

[0023] Darüber hinaus sind die konstruktiven Maßnahmen des Anspruchs 11 für den Erhalt einer gewünschten Endwanddicke des dünnwandigen Schalenkörpers von besonderem Interesse. Demnach wird der Rohling vor dem Verformen zu dem dünnwandigen Schalenkörper durch Spanabhebung, insbesondere durch Drehen, Fräsen und/oder Schleifen, vorkonturiert, also mit einer vorbestimmten Wanddickenverteilung im ebenen Zustand versehen. Bedingt durch die starre Einspannung des Rohlings an dessen Umfang ist das für die Formänderung bzw. Oberflächenvergrößerung des Rohlings erforderliche Material aus der Ausgangsdicke heraus abzu-

strecken. Dies führt bei vorgegebener Bauteilform und werkstoffspezifischen, umformtechnisch relevanten Materialeigenschaften zu einer typischen meridionalen Wanddickenverteilung, wobei verfahrensbedingt die Wanddicken des Rohlings in dessen Polbereich sowie an dessen Umfang erhalten bleiben. Durch Vorkonturieren der Ausgangsdicke vor dem Verformen lässt sich die Endwanddicke des dünnwandigen Schalenkörpers exakt einstellen. Wenn der Rohling aufgrund seiner Ausmaße bzw. Abmessungen aus mehreren gesonderten Flächenelementen zusammengeschweißt ist, kann die Wanddickenverteilung im Bereich der Schweißnähte zudem entsprechend gewählt werden.

[0024] Von besonderem Vorteil hat sich in der Praxis erwiesen, die Konturierung des Rohlings nach Anspruch 12 zweckmäßigerweise auf dessen Rückseite zu versehen. Hierdurch ist sichergestellt, dass das Umformwerkzeug mit der unkonturierten, glatten Vorderseite des Rohlings in Berührung bzw. Kontakt kommt, sofern ein solches Umformwerkzeug überhaupt erforderlich ist.

[0025] Gleichermaßen kann der Rohling entsprechend den Merkmalen des Anspruchs 13 vor dem Verformen und/oder vor dem Recken zu dem dünnwandigen Schalenkörper durch Spanabhebung, insbesondere durch Drehen, Fräsen und/oder Schleifen, mit Durchbrüchen, Perforationen oder dergleichen Ausnehmungen, insbesondere im Polbereich des Rohlings versehen werden. Bei einem Schalenkörper, der vor dem Lösungsglühen im Polbereich perforiert wird, um einen problemfreien schnellen Kühlmittelabfluss beim Abschrecken desselben zu gewährleisten, kann das Recken dabei unter Mithilfe des Vakuums erfolgen, wenn die Durchbrüche, Perforationen oder dergleichen Ausnehmungen vor dem Recken, das im kalten Zustand durchgeführt wird, vakuumdicht verschlossen werden. Zu diesem Zweck sind Abdeckungen vorgesehen, welche für eine zeitweise vakuumdichte Versiegelung sorgen. Beispielsweise sind als solche Abdeckungen aufgeklebte Folien aus Kunststoff geeignet. Um den Abdeckungen einen größeren Halt zu geben, sind die Durchbrüche, Perforationen oder dergleichen Ausnehmungen vorzugsweise klein, dafür aber umso zahlreicher ausgebildet. Damit können die Abdeckungen selbst bei größeren Unterdrücken sicher auf den dazwischen liegenden Stegen abgestützt haften bleiben.

[0026] Die Maßnahmen der Ansprüche 14 bis 17 dienen in ganz vorteilhafter Weise der weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Gerade wenn der Rohling aus Metall, insbesondere aus Aluminium oder einer, gegebenenfalls aushärtbaren, Aluminiumlegierung, wie zum Beispiel A1 2219 oder A1 2195, besteht, wird in aller Regel eine optimale Vergütung angestrebt, um einen Zustand T8 in den Materialeigenschaften zu erreichen. Ausgehend von einem weichgeglühten, gegebenenfalls bereits vorkonturierten oder sonstwie vorgeformten Rohling wird der Rohling entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren eingespannt und durch Vordrücken umgeformt. Dabei sind, je nach Geo-

metrie, lokale Umformgrade von über 50 % hinsichtlich Wanddickenreduktion, und von über 60 % hinsichtlich Längung in meridionaler Richtung, realisierbar. Danach wird der Rohling, jedenfalls der erst halbfertige dünnwandige Schalenkörper, abgespannt und einer Zwischenwärmebehandlung zugeführt. Eine solche Zwischenwärmebehandlung umfasst ein Lösungsglühen und ein Abschrecken. Sodann wird der Rohling, jedenfalls der erst halbfertige dünnwandige Schalenkörper, erneut eingespannt und durch gleichmäßiges Recken fertig umgeformt. Zusätzliches Werkzeug ist nicht erforderlich. Vielmehr wird die Verformung bzw. Umformung oder das konkave Drücken über die Steuerung des Endvakuums und/oder des Umformwerkzeuges definiert. Nach dem Recken folgt nur mehr ein Warmauslagern im Ofen, damit der Zustand T8 erreicht wird. Der Zustand T8 ist der zur Zeit maximal erreichbare Zustand bei aushärtbaren Aluminiumlegierungen, die häufig für Treibstofftanks von Raketen zur Anwendung kommen.

[0027] Schließlich ist zur weiteren Erhöhung der erreichbaren Maßhaltigkeit erfindungsgemäß noch vorgesehen, den Rohling nach Anspruch 18 beim Verformen zu dem dünnwandigen Schalenkörper kontinuierlich zu vermessen. Eine solche geometrische Vermessung des Rohlings kann beispielsweise automatisch mittels eines, gegebenenfalls berührungslosen und einschwenkenden, Messsystems durchgeführt werden. Über einen regelungs- und/oder steuerungstechnisch erfolgten Soll-Ist-Vergleich lässt sich das Vakuum und/oder die Bewegung des Umformwerkzeuges automatisch anpassen, um Abweichungen von der geforderten Form des Rohlings zu kompensieren. Maßabweichungen, wie zum Beispiel Unrundheiten, werden auf diese Weise ausgeglichen bzw. eliminiert. Die Maßgenauigkeit des letztlich hergestellten, dünnwandigen Schalenkörpers wird wesentlich erhöht. Zugleich können auch rotationssymmetrische wie nicht rotationssymmetrische Materialeigenschaften kompensiert werden.

[0028] Diese Aufgabe wird weiterhin in vorrichtungstechnischer Hinsicht auf überraschend einfache Weise durch die Merkmale des Anspruchs 19 gelöst.

[0029] Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Vorrichtung zum Umformen bzw. Verformen eines im Wesentlichen flächigen Rohlings aus Metall zu einem dünnwandigen Schalenkörper, die eine Formkammer bildende Tragstruktur, welche den Rohling mit zunehmender Verformung zu dem dünnwandigen Schalenkörper aufnimmt, eine an der Tragstruktur angeordnete Einrichtung zum Einspannen des Rohlings über dessen Umfang an der Tragstruktur, welche die der Formkammer zugewandte Rückseite des Rohlings gegenüber der der Formkammer abgewandten Vorderseite des Rohlings abdichtet, und eine der Formkammer zugeordnete sowie mit der Formkammer kommunizierende Einrichtung zum Anlegen eines Vakuums und Evakuieren der Formkammer umfasst und der Tragstruktur wenigstens ein die Vorderseite des Rohlings beaufschlagendes Umformwerkzeug zugeordnet ist/sind, ist eine

besonders einfache, zudem kompakte wie zugleich stabile Bauweise insgesamt erreicht. Zudem lassen sich mit der Vorrichtung nach der Erfindung die zugeführten Wärme- und Kraftpotentiale gegenüber dem bisherigen Stand der Technik erheblich besser ausnutzen. Nicht zuletzt hieraus resultierend ergeben sich weitaus reduzierte Energie- und damit Herstellungskosten für den jeweiligen dünnwandigen Schalenkörper insgesamt. Von besonderer Bedeutung sind die Einrichtung zum abgedichteten Einspannen des Rohlings einerseits und die der Formkammer zugeordnete sowie mit der Formkammer kommunizierende Einrichtung zum Anlegen eines Vakuums und Evakuieren der Formkammer selbst. Demnach lässt sich das Verformen bzw. Umformen oder konkave Drücken des Rohlings zu einem dünnwandigen Schalenkörper bei Unterdruck unterstützen und bedeutsam beschleunigen. Die zu erzielende Zeitersparnis ist beträchtlich. Nicht zuletzt hieraus resultierend lässt sich mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine ausgesprochen hohe Wirtschaftlichkeit erhalten. Gleichzeitig kann mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine besonders hohe Maßhaltigkeit der aus einem Rohling zu einem dünnwandigen Schalenkörper zu verformenden Formteile erhalten werden. Durch die Verwendung einer Vakuumkammer ist es weiterhin möglich, die Einspannkräfte, die auf den Rohling (ein)wirken, zu erhöhen und konvektive Wärmeverluste beim Einsatz von Wärme zu reduzieren. Darüber hinaus unterstützt der Unterdruck das Verformen bzw. Umformen oder konkave Drücken bei einem möglichen Einsatz eines zusätzlichen Umformwerkzeuges. Ein gegebenenfalls noch nicht umgeformter Materialbereich wird durch den Unterdruck in Richtung der neuen Form des dünnwandigen Schalenkörpers gezogen, wodurch sich zugleich eine eventuell vor dem Umformwerkzeug aufbauende Welle reduzieren lässt. Eventuelle auftretende Materialverschiebungen infolge unterschiedlicher Spannungsverhältnisse innerhalb des Rohlings bei dessen Verformung bzw. Umformung oder konkaven Drücken zu einem dünnwandigen Schalenkörper werden durch den Unterdruck vorteilhafterweise ausgeglichen. Dadurch ist es möglich, die einzelnen Schritte zum Verformen bzw. Umformen oder konkaven Drücken zu vergrößern bzw. bei einzelnen Schritten den Umformgrad zu erhöhen und somit die Anzahl der erforderlichen Arbeitsschritte insgesamt zu vermindern. Bei der durch Vakuum unterstützten Umformung vermindert sich im Falle der Verwendung wenigstens eines Umformwerkzeuges unter sonst gleichen Bedingungen zugleich die für das Umformwerkzeug erforderliche Antriebsleistung, was sich wiederum in Herstellungs- und Betriebskosten positiv niederschlägt. Besondere Bedeutung kommt dabei auch einem weiteren Aspekt zu, wonach nämlich eine Oxidation von Werkstoffen beim Verformen bzw. Umformen oder konkaven Drücken infolge der Anlegung des Vakuums bzw. Evakuierung der Formkammer verhindert, zumindest vermindert werden kann. Ein Aufwand für spätere Reinigungsarbeiten der Oberfläche reduziert sich entsprechend. Im Ergebnis vermindert sich wieder-

um der erforderliche Zeitaufwand ganz erheblich.

[0030] Weitere vorteilhafte konstruktive Einzelheiten der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind in den Ansprüchen 20 bis 50 beschrieben.

5 **[0031]** Demnach liegt es im Rahmen der Erfindung, die Tragstruktur zur Bildung der Formkammer nach Anspruch 20 im Wesentlichen becher-, topf-, schüssel-, kegel-, kegeltumpf- oder dergleichen—hohlförmig auszubilden.

10 **[0032]** Von ganz besonders großer Bedeutung für eine einfache, effektive und effiziente Bauweise sind die Merkmale des Anspruchs 21. Danach weist die Tragstruktur der erfindungsgemäßen Vorrichtung wenigstens eine zur Formkammer abstrahlende Einrichtung zur Erwärmung und/oder Aufheizung des Rohlings auf, die insbesondere als eine elektrisch betriebene Lichtlampenheizung, Infrarotstrahlungsheizung, Induktionsheizung oder Kreislaufheizung mit einem umlaufenden Wärmeträger, vorzugsweise Wasser, Öl, Salzschnmelze oder Natrium, ausgebildet ist. Die Erwärmung und/oder Aufheizung des Rohlings erfolgt auf diese Weise durch die erfindungsgemäße Vorrichtung selbst und nicht entsprechend dem Stand der Technik von außerhalb, wenn-
25 gleich auch weitere äußere Wärmequellen hinzugezogen werden könnten. Dies ist insoweit sehr vorteilhaft, als sich damit nicht nur der gesamte Energiebedarf des herzustellenden dünnwandigen Schalenkörpers effektiv minimieren, sondern auch der Zeitbedarf für dessen Erwärmung und/oder Aufheizung reduzieren lässt. Soweit Strahlungsquellen verwendet werden, ist es zweckmäßig, diese großflächig zu verteilen, um eine weitgehend gleichmäßige Temperaturverteilung über den Rohling und späteren Schalenkörper zu realisieren. Gegen vereinzelte Temperaturerhöhungen oder sogenannte Hotspots auf dem Schalenkörper hilft eine reduzierte Strahlertemperatur und/oder ein ausreichender Abstand zwischen Strahler und Rohling selbst. Als Strahler können zum Beispiel elektrisch erheizende Widerstände oder elektrisch beheizbare, großflächige Radiatoren eingesetzt werden, die mit einem geeigneten Wärmeträger gefüllt sind. Bei ferromagnetischen Materialien ist alternativ zum Beispiel eine Induktionsheizung möglich. Durch entsprechende Optimierung lässt sich somit nicht nur der Wärmebedarf, sondern vor allem die Maschinenbelegungszeit absenken.

30 **[0033]** Einer noch weitergehenden Einsparung von Wärme und Energie sowie damit zusammenhängenden Kosten und einer zusätzlichen Verbesserung von Wirkungsgrad und Wirtschaftlichkeit der erfindungsgemäßen Vorrichtung dienen die Maßnahmen der Ansprüche 22 bis 24. Demgemäß weist die Tragstruktur wenigstens eine der Formkammer zugeordnete Einrichtung zur Wärmedämmung und/oder wenigstens eine der Formkammer zugeordnete Einrichtung zur Wärmerückstrahlung, insbesondere eine spiegelnde (Multiscreen-)Reflektorfolie, und/oder eine Einrichtung zur aktiven Kühlung auf. Einerseits lässt sich hierdurch die dem Rohling und dem späteren Schalenkörper zugeführte Wärme und Energie
35
40
45
50
55

optimiert ausnutzen. Andererseits wird die Tragstruktur der erfindungsgemäßen Vorrichtung damit vor hohen Wärmebelastungen geschützt.

[0034] Zur Verhinderung, jedenfalls Begrenzung der Oxidation der Oberfläche des Rohlings ist der Tragstruktur nach Anspruch 25 bevorzugt eine Einrichtung zur Beaufschlagung des Rohlings mit Schutzgas zugeordnet, die insbesondere in der Formkammer angeordnet ist oder mit der Formkammer zu dessen Zufuhr kommuniziert.

[0035] Zur Verbesserung der Überwachung des Verform- bzw. Umform- oder Drückvorganges ist der Tragstruktur und/oder dem Rohling nach Anspruch 26 in vorteilhafter Weise eine Einrichtung zur punktuellen und/oder großflächigen Überwachung der Temperatur der Formkammer und/oder des Rohlings zugeordnet, beispielsweise in Form von Thermoelementen und kumulativ oder alternativ einer Wärmebildkamera. Auf diese Weise können Anomalien schneller festgestellt und anschließend abgestellt werden, bevor der Rohling oder der Schalenkörper Schaden nehmen kann.

[0036] Vorzugsweise umfasst die Einrichtung zum Einspannen des Rohlings nach Anspruch 27 einen Drückring, einen Spannring und einen Dichtring zwischen Drückring und Spannring, wodurch eine vollständige Abdichtung der der Formkammer zugewandten Rückseite des Rohlings gegenüber der der Formkammer abgewandten Vorderseite des Rohlings sichergestellt ist.

[0037] Weiterhin ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Tragstruktur nach Anspruch 28 mit einer Einrichtung zur Reduzierung von radialen Wärmedehnungen zwischen dem Rohling und der Einrichtung zum Einspannen des Rohlings ausgestattet ist.

[0038] In diesem Zusammenhang kann die Einrichtung zum Einspannen des Rohlings nach Anspruch 29 gegenüber der Tragstruktur relativ radial und/oder umfangsmäßig verschiebbar oder sonstwie flexibel ausgestaltet sein. Ohnehin lässt sich ein Teil unzulässigen thermischen Verzugs in dem Rohling bzw. endgefertigten Schalenkörper in Form von Spannungen durch Rückfederung aufnehmen. Infolgedessen sind Relativbewegungen des Rohlings bzw. Schalenkörpers während des Erwärmens bzw. Aufheizens ermöglicht.

[0039] Des Weiteren liegt es im Rahmen der Erfindung, dass der Tragstruktur der erfindungsgemäßen Vorrichtung nach Anspruch 30 eine in der Formkammer angeordnete, perforierte Gegenform zugeordnet ist, welche zur Anlage und Abstützung des zu dem dünnwandigen Schalenkörpers zu verformenden Rohlings vorgesehen ist.

[0040] In alternativer oder kumulativer Ausgestaltung ist erfindungsgemäß entsprechend Anspruch 31 vorgesehen, dass der Tragstruktur wenigstens ein die Vorderseite des Rohlings beaufschlagendes Umformwerkzeug zugeordnet ist. Dieses Umformwerkzeug kann dabei als eine oder mehrere Umform- oder Drückrolle/n und/oder Drückkugel/n ausgebildet sein. Vorzugsweise ist eine/sind derartige Drückkugel/n dann hydrostatisch gelagert.

Ein Vorteil einer Drückkugel gegenüber einer Drückrolle ist deren vereinfachte Bauweise bzw. Handhabung insgesamt. Demnach entfällt bei einer Drückkugel der gesamte bauliche Aufwand für die Artikulation der Drückrolle, eine Stellantriebseinrichtung für die Nachführung des Neigungswinkels etc. In jedem Fall aber lässt sich die Gestehungszeit für einen Schalenkörper aus einem im Wesentlichen flächigen Rohling durch Einsatz wenigstens eines zusätzlichen Umformwerkzeuges wesentlich verkürzen. Insbesondere wenn mehrere solcher Umformwerkzeuge gleichzeitig und synchron zum Einsatz kommen, beispielsweise auch zwei unterschiedlich eingestellte, d.h. radial und azimuthal versetzte, Umformwerkzeuge, kann erheblich auf die Gestehungszeit eines Schalenkörpers Einfluss genommen werden.

[0041] Das wenigstens eine die Vorderseite des Rohlings beaufschlagende Umformwerkzeug ist entsprechend den Merkmalen des Anspruchs 32 in vorteilhafter Weise schablonen- oder numerisch geregelt und/oder gesteuert.

[0042] Des Weiteren liegt es im Rahmen der Erfindung, dass das wenigstens eine Umformwerkzeug, das die Vorderseite des Rohlings beaufschlagt, nach Anspruch 33 in dessen Anstellung individuell einstellbar ist.

[0043] Als durchaus zweckmäßig hat sich erwiesen, dass das wenigstens eine die Vorderseite des Rohlings beaufschlagende Umformwerkzeug nach Anspruch 34 von einer Traverse aufgenommen ist, welche der Tragstruktur zugeordnet ist, wobei Tragstruktur zusammen mit dem Rohling und Traverse zueinander relativ bewegbar, insbesondere drehbar, sind.

[0044] Für den Fall, dass die Verformung bzw. Umformung oder das konkave Drücken des Rohlings zu einem dünnwandigen Schalenkörper unter Zuhilfenahme wenigstens eines Umformwerkzeuges erfolgt, ist es von besonderem Vorteil, dass die Tragstruktur und das wenigstens eine Umformwerkzeug nach Anspruch 35 zueinander relativ drehbar ausgebildet sind.

[0045] Von besonderem Interesse sind dabei die Merkmale des Anspruchs 36, wonach die Tragstruktur zusammen mit dem auf ihr aufgespannten Rohling drehbar ausgebildet ist und das wenigstens eine Umformwerkzeug nur entlang eines ortsfesten Meridians zweidimensional bewegbar ist.

[0046] In diesem Zusammenhang liegt es nach Anspruch 37 im Rahmen der Erfindung, dass die Tragstruktur zusammen mit dem Rohling um eine zentrale Drehachse der Tragstruktur über eine Antriebseinrichtung drehbar ist, während das wenigstens eine Umformwerkzeug über zwei Stellantriebseinrichtungen auf einer raumfesten Meridiankurve zweidimensional bewegbar ist. Das wenigstens eine Umformwerkzeug bewegt sich somit nicht auf Kreisen bzw. Spiralbahnen, sondern lediglich auf einer raumfesten Meridiankurve. Es wird zweidimensional von einer (Blech)Schablone oder einer NC-Steuerung geführt. Auf den Rohling bezogen resultiert aus der Überlagerung der Rotation der Tragstruktur zusammen mit dem Rohling und der Bewegung des Um-

formwerkzeuges eine räumliche Spiralbewegung.

[0047] In alternativer Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 38 kann auch die Tragstruktur zusammen mit dem Rohling ortsfest ausgebildet sein und kann das wenigstens eine Umformwerkzeug drehbar ausgebildet sein. Eine solche Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist von Vorteil, wenn der Rohling oder spätere dünnwandige Schalenkörper große Abmessungen, insbesondere einen großen Durchmesser, aufweist.

[0048] Entsprechend den Maßnahmen des Anspruchs 39 ist das wenigstens eine Umformwerkzeug in diesem Fall zweckmäßigerweise an einer sich über die Tragstruktur zusammen mit dem Rohling diametral erstreckenden und in einer Schienenanordnung oder dergleichen geführten Traverse angeordnet, um eine zentrale Drehachse über eine Antriebseinrichtung der Traverse drehbar und über zwei Stellantriebseinrichtungen auf einer Meridiankurve relativ zur Traverse bewegbar. Auf diese Weise wird nicht die zumeist schwere Tragstruktur zusammen mit dem Rohling um eine zentrale Drehachse mittels einer Antriebseinrichtung rotiert, sondern die Traverse mit dem wenigstens einen Umformwerkzeug samt Rollenführung. Die Rollenführung und erforderlichen Stellantriebseinrichtungen sind an der Traverse angeordnet, die sich diametral und mit Abstand zum Rohling über dieses spannt. Die Traverse ist beidseits über eine Schienenanordnung, zum Beispiel in Schienen oder dergleichen, geführt und kreist während der Verformung bzw. Umformung oder des konkaven Drückens mit wenigstens einem Umformwerkzeug über dem Rohling. Um ein Abheben der Traverse aus der Schienenanordnung zu vermeiden, ist eine spezielle Prismenführung vorgesehen. Das Umformwerkzeug bewegt sich wiederum relativ zur Traverse auf einer Meridiankurve, also zweidimensional. Dementsprechend sind für jedes Umformwerkzeug jeweils zwei schablonen- oder NC-gesteuerte Stellantriebseinrichtungen für die vertikale und radiale Bewegung bzw. Auslenkung vorgesehen. Aus Gründen der Stabilität kann die Traverse eine ausreichend breite Auflagerfläche, gegebenenfalls unter Verwendung von Querstützen oder dergleichen, besitzen, um zum Beispiel ohne weiteres Notstops bei hohen Drehgeschwindigkeiten abfangen zu können, ohne das zu große Querkräfte auf die Schienenanordnung der Traverse wirken.

[0049] In zweckmäßiger Weise ist die zentrale Drehachse der Tragstruktur oder der Traverse nach Anspruch 40 horizontal oder vertikal angeordnet. Die Wahl hängt meist von konstruktiven Gegebenheiten, wie zum Beispiel den verwendbaren Antriebsmöglichkeiten etc., ab. Je größer die Abmessungen von Rohling und Schalenkörper sind, um so eher sind Vorrichtungen mit vertikaler Drehachse bevorzugt.

[0050] Von ganz besonders großer Bedeutung für eine ungehinderte Einspannung des Rohlings in die erfindungsgemäße Vorrichtung bzw. Ausspannung des Schalenkörpers aus der Vorrichtung nach der Erfindung sind die konstruktiven Maßnahmen der Ansprüche 41 bis 46. Auf diese Weise ist jeweils ein freier Zugang zur

Tragstruktur der erfindungsgemäßen Vorrichtung gewährleistet.

[0051] Demnach ist die Traverse zum Wechsel eines Rohlings durch einen dünnwandigen Schalenkörper, und umgekehrt, nach Anspruch 41 aus umlaufenden Auflagern bzw. einem umlaufenden Schienenring bzw. von Schienen oder dergleichen lösbar und mittels eines Hebezeuges, zum Beispiel in Form eines Werkstattkrans, abhebbar, um seitlich von der erfindungsgemäßen Vorrichtung für die nächste Be- bzw. Entstückung abgestellt werden zu können.

[0052] Alternativ dazu kann erfindungsgemäß ebenso vorgesehen sein, die Traverse zum Wechseln eines Rohlings durch einen dünnwandigen Schalenkörper, und umgekehrt, nach Anspruch 42 über Schienenweichen auf zwei geraden parallelen Schienen, die an einem Schienenring tangential anschließen, verfahrbar auszugestalten. Auf diese Weise lässt sich die Traverse zur Be- und anschließenden Entstückung in eine zeitweise Parkposition neben der erfindungsgemäßen Vorrichtung verbringen.

[0053] Darüber hinaus ist es möglich, die Traverse zum Wechsel eines Rohlings durch einen dünnwandigen Schalenkörper, und umgekehrt, nach Anspruch 43 hydraulisch absenkbar und seitlich verfahrbar auszuführen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann wiederum zeitweise zur Be- und Entstückung in eine seitliche Parkposition verbracht werden.

[0054] Bei einem weiteren Alternativvorschlag für einen Wechsel eines Rohlings durch einen dünnwandigen Schalenkörper, und umgekehrt, ist die Traverse nach Anspruch 44 aus einer Öffnung im Schienenunterbau unterhalb eines Schienen oder dergleichen abstützenden Tragringes aus- und einfahrbar. Der Tragring für die Schienen oder dergleichen ist mithin oberhalb der Einrichtung zum Einspannen des Rohlings plaziert, so dass die Tragstruktur durch die Öffnung im Schienenunterbau ein- und ausgefahren werden kann. Dabei verbleibt die Traverse unbewegt in den Schienen oder dergleichen. Der Wechsel des Rohlings bzw. Schalenkörpers findet daher außerhalb des Schienenunterbaus statt. Zum Verformen bzw. Umformen oder konkaven Drücken wird die Tragstruktur samt Rohling in das Zentrum des Schienenunterbaus zurückgefahren, zentrisch ausgerichtet, arretiert und mit dem Vakuumanschluss sowie weiteren Versorgungsanschlüssen für elektrischen Strom und elektrische Signale verbunden.

[0055] Gemäß einer noch anderen erfindungsgemäßen Ausgestaltung ist die Traverse nach Anspruch 45 auf zwei geraden parallelen Schienen oder dergleichen über der ortsfest angeordneten Tragstruktur linear hin- und herbeweglich geführt und nimmt das wenigstens eine Umformwerkzeug längs der Traverse hin- und herschiebbar auf, derart, dass der Rohling durch das wenigstens eine Umformwerkzeug in Kreisen bzw. Spiralbahnen mit konstant bleibendem Neigungswinkel und in definierten Höhenpositionen beaufschlagbar ist. Die Traverse ist somit entlang zweier gerader, zueinander par-

alleler Schienen oder dergleichen über der Tragstruktur in klassischer Gantry-Konstruktion linear hin- und herbewegbar. Das wenigstens eine Umformwerkzeug ist an der Traverse angeordnet und in Längsrichtung zur Traverse geführt, derart, dass das Umformwerkzeug auf dem Rohling bzw. dem sich bildenden dünnwandigen Schalenkörper einen Kreis beschreibt, dessen Ebene sich senkrecht zur zentralen Drehachse erstreckt. Die dafür erforderliche Stellantriebseinrichtung muss synchron mit der Antriebseinrichtung der Traverse kooperieren, um die jeweiligen Sinus- bzw. Cosinus-Kurven genau durchlaufen zu können. Weitere Stellantriebseinrichtungen sind für die Einstellung der Höhenposition bzw. Drücktiefe und für die Neigung bzw. Artikulation des Umformwerkzeuges zur zentralen Drehachse vorgesehen.

[0056] Gleichermaßen ist eine kinematische Umkehr dessen denkbar, bei welcher die Tragstruktur nach Anspruch 46 auf zwei geraden parallelen Schienen oder dergleichen unter der ortsfest angeordneten Tragstruktur linear hin- und herbeweglich geführt ist und die Traverse das wenigstens eine Umformwerkzeug längs der Traverse hin- und herschiebbar aufnimmt, derart, dass der Rohling durch das wenigstens eine Umformwerkzeug in Kreisen bzw. Spiralbahnen mit konstant bleibendem Neigungswinkel und in definierten Höhenpositionen beaufschlagbar ist. Die Tragstruktur vollzieht mithin in einer linearen Schlittenführung eine Hin- und Herbewegung, während die gantryförmige Traverse ortsfest ausgestaltet ist.

[0057] Des Weiteren zeichnet sich die erfindungsgemäße Vorrichtung durch die Merkmale des Anspruchs 47 aus. Danach umfasst die Tragstruktur ein wärmege-dämmtes, insbesondere mit Heizflächen versehenes, Abdeckelement oder dergleichen Deckplatte zur Abdeckung der der Formkammer abgewandten Vorderseite des Rohlings. Mit dem Abdeckelement oder dergleichen Deckplatte kann der zu verformende, zumeist kalte Rohling solange abgedeckt bleiben, bis dessen Temperatur durch Wärmezufuhr die Arbeitstemperatur erreicht. Insbesondere beim Hochfahren der erfindungsgemäßen Vorrichtung auf Arbeitstemperatur lassen sich somit erhebliche Wärmeverluste des Rohlings und damit die Maschinenbelegungszeit insgesamt verringern. Das Abdeckelement oder dergleichen Deckplatte stellt neben einer einfachen Möglichkeit zur variablen Beheizung schließlich noch eine Reduzierung der Wärmeverluste und der Oxidation sicher.

[0058] Von zusätzlichem Vorteil sind die Maßnahmen des Anspruchs 48, wonach die Tragstruktur mit wenigstens einer der Formkammer zugeordneten, sicherheitstechnisch relevanten Einrichtung zum Schutz gegen äußere Einwirkungen durch gasförmige und/oder flüssige Kühlmittel, insbesondere Inertgas, vorzugsweise Argon oder Stickstoff, oder Wasser, versehen ist. Zum Abschrecken des Rohlings bzw. dünnwandigen Schalenkörpers wird stark abgekühltes Inertgas, zum Beispiel Argon oder Stickstoff, aber auch Wasser, als Kühlmittel

eingesetzt. Gegen mögliche schädliche Einwirkungen des Kühlmittels sind die Tragstruktur und insbesondere deren übrigen Bauteile, wie Einrichtungen zum Erwärmen und/oder Aufheizen des Rohlings, Einrichtungen zur Wärmedämmung, Einrichtungen zur Wärmerückstrahlung, der Vakuumananschluss oder Versorgungsanschlüsse für elektrischen Strom und elektrische Signale, sicherheitstechnisch geschützt installiert. Auf diese Weise ist es möglich, den Rohling zur weiteren Bearbeitung in der erfindungsgemäßen Vorrichtung zu belassen. Zusätzliche personal-, zeit- und kostenintensive Umrüstarbeiten können somit eingespart werden.

[0059] Entsprechend den Merkmalen des Anspruchs 49 weist die Tragstruktur in diesem Zusammenhang vorzugsweise wenigstens eine Einrichtung zur, insbesondere abschreckenden, Kühlung des Rohlings und/oder des dünnwandigen Schalenkörpers über die der Formkammer zugewandte Rückseite und/oder die der Formkammer abgewandte Vorderseite des Rohlings bzw. dünnwandigen Schalenkörpers auf, und zwar mit allen erforderlichen Zu- und Abflussleitungen für das Kühlmittel selbst. Dadurch ist ein Abschrecken des Schalenkörpers von beiden Seiten, d.h. von dessen Rück- und/oder Vorderseite, ermöglicht.

[0060] Die Einrichtung zum Anlegen eines Vakuums und Evakuieren der Formkammer umfasst nach Anspruch 50 zweckmäßigerweise einen Vakuumananschluss, der sich in der und durch die Drehachse der Tragstruktur erstreckt und/oder mit der Formkammer kommuniziert.

[0061] Schließlich liegt es noch im Rahmen der Erfindung, das erfindungsgemäße Verfahren und/oder die erfindungsgemäße Vorrichtung nach Anspruch 51 zum Herstellen von rotationssymmetrischen und/oder nicht rotationssymmetrischen schalenförmigen Bauteilen zu verwenden. Dabei haben sich halbkugelförmige, kugelförmige, kalottenförmige, ellipsoidkalottenförmige, konische oder elliptische Bauteile bzw. Bauteile in Cassini-Form oder mit anderen Querschnittsformen als besonders vorteilhaft erwiesen.

[0062] Ganz besonders eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren und/oder die erfindungsgemäße Vorrichtung nach Anspruch 52 bei der Herstellung von Schalen als Dome für Raketen-Treibstofftanks, Satellitentanks, Paraboloid-Antennen, Paraboloid-Reflektorschalen, Paraboloid-Solar-Kollektoren, Scheinwerfergehäusen, Behälterböden, Turmkuppeln, Druckkalotten oder dergleichen.

[0063] Darüber hinaus hat es sich als sehr vorteilhaft in der Praxis erwiesen, das erfindungsgemäße Verfahren oder die erfindungsgemäße Vorrichtung nach Anspruch 53 zum Walzen, insbesondere Verdichtungswalzen, von definierten Flächen des dünnwandigen Schalenkörpers einzusetzen. Dadurch lassen sich gleichzeitig Materialeigenschaften, wie zum Beispiel Dichte, Härte, Optik im Oberflächenbereich etc., verbessern.

[0064] Weitere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Be-

schreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung sowie anhand der Zeichnungen. Hierbei zeigen:

Fig. 1 eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäß ausgebildeten Vorrichtung zum Verformen eines im Wesentlichen flächigen Rohlings zu einem dünnwandigen Schalenkörper,

Fig. 2 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäß ausgebildeten Vorrichtung zum Verformen eines im Wesentlichen flächigen Rohlings zu einem dünnwandigen Schalenkörper,

Fig. 3 eine andere Ausführungsform einer erfindungsgemäß ausgebildeten Vorrichtung zum Verformen eines im Wesentlichen flächigen Rohlings zu einem dünnwandigen Schalenkörper,

Fig. 4 eine schematische Draufsicht auf eine noch andere Ausführungsform einer erfindungsgemäß ausgebildeten Vorrichtung zum Verformen eines im Wesentlichen flächigen Rohlings zu einem dünnwandigen Schalenkörper,

Fig. 5 eine abgeänderte Ausführungsform einer erfindungsgemäß ausgebildeten Vorrichtung zum Verformen eines im Wesentlichen flächigen Rohlings zu einem dünnwandigen Schalenkörper,

Fig. 6 eine weiter abgeänderte Ausführungsform einer erfindungsgemäß ausgebildeten Vorrichtung zum Verformen eines im Wesentlichen flächigen Rohlings zu einem dünnwandigen Schalenkörper, und

Fig. 7 eine schematische Draufsicht auf eine nochmals verschiedene Ausführungsform einer erfindungsgemäß ausgebildeten Vorrichtung zum Verformen eines im Wesentlichen flächigen Rohlings zu einem dünnwandigen Schalenkörper.

[0065] Die erfindungsgemäße Vorrichtung 10 und/oder das Verfahren nach der Erfindung ist/sind zum Umformen bzw. Verformen eines im Wesentlichen flächigen Rohlings 12 oder einer im Wesentlichen flächigen Ronde aus Metall, insbesondere aus Aluminium oder einer, vorzugsweise aushärtbaren, Aluminiumlegierung, wie zum Beispiel A1 2219 oder A1 2195, zu einem (dünnwandigen) Schalenkörper 14, schalenförmigen Bauteil oder dergleichen Formteil vorgesehen, und zwar gleichermaßen im kalten wie im warmen Zustand. Bei der nachfolgenden Beschreibung von verschiedenen Ausführungsbeispielen der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 sind einander entsprechende, gleiche Bauteile jeweils mit

identischen Bezugsziffern versehen.

[0066] Die Vorrichtung 10 und/oder das Verfahren nach der Erfindung eignet/eignen sich insbesondere zur Herstellung von rotationssymmetrischen und/oder nicht rotationssymmetrischen schalenförmigen Bauteilen. In ausgesprochen vorteilhafter Weise dient/dienen die Vorrichtung 10 und/oder das Verfahren nach der Erfindung der Herstellung von halbkugelförmig, kugelhappenförmig, kalottenförmig, ellipsoidkalottenförmig, konisch, elliptisch, in Cassini-Form oder mit anderen Querschnittsformen ausgestalteten Bauteilen.

[0067] In ganz vorteilhafter Weise eignet/eignen sich die erfindungsgemäße Vorrichtung 10 und/oder das Verfahren nach der Erfindung zur Herstellung von Schalen als Dome für Raketen-Treibstofftanks, Satellitentanks, Paraboloid-Antennen, Paraboloid-Reflektorschalen, Paraboloid-Solar-Kollektoren, Scheinwerfergehäusen, Behälterböden, Turmkuppeln, Druckkalotten oder dergleichen.

[0068] Darüber hinaus hat sich in der Praxis eine Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 und/oder des Verfahrens nach der Erfindung zum Walzen, insbesondere Verdichtungswalzen, von definierten Flächen eines gegebenenfalls fertiggestellten (dünnwandigen) Schalenkörpers 14 als besonders zweckmäßig erwiesen.

[0069] In der Fig. 1 ist nun eine erste Ausführungsform einer solchen Vorrichtung 10 nach der Erfindung oder dergleichen Drückbank zum Umformen bzw. Verformen eines im Wesentlichen flächigen Rohlings 12 aus Metall zu einem dünnwandigen Schalenkörper 14 dargestellt.

[0070] Die Vorrichtung 10 weist dabei eine Tragstruktur 16 auf, die eine Formkammer 18 bildet bzw. umfasst, d.h. einschließt oder begrenzt. Die Tragstruktur 16 nimmt den Rohling 12 mit zunehmender Verformung zu dem dünnwandigen Schalenkörper 14 auf. Zur Bildung der Formkammer 18 ist die Tragstruktur 16 im Wesentlichen becher-, topf-, schüssel-, kegel-, kegelstumpf- oder dergleichen-hohlförmig ausgebildet. Die Tragstruktur 16 besteht in bevorzugter Weise aus ausreichend temperaturbeständigen Werkstoffen.

[0071] Weiterhin umfasst die Vorrichtung 10 nach der Erfindung eine Einrichtung 20 zum Einspannen des Rohlings 12 über dessen Umfang 22 an der Tragstruktur 16. Die Einrichtung 20 zum Einspannen des Rohlings 12 ist dabei an der Tragstruktur 16 angeordnet bzw. von dieser aufgenommen. Die Einrichtung 20 zum Einspannen des Rohlings 12 dichtet die Rückseite 24 des Rohlings 12, welche der Formkammer 18 zugewandt ist, gegenüber der Vorderseite 26 des Rohlings 12, welche der Formkammer 18 abgewandt ist, ab. Auf diese Weise ist das Innere der Formkammer 18 gegenüber der Umgebung isoliert.

[0072] Schließlich weist die erfindungsgemäße Vorrichtung 10 eine Einrichtung 28 zum Anlegen eines Vakuums und Evakuieren der Formkammer 18 auf. Die Einrichtung 28 zum Anlegen des Vakuums und Evakuieren der Formkammer 18 ist der Formkammer 18 zugeordnet

und steht mit dieser in Verbindung, um mit dieser zu kommunizieren.

[0073] Die Tragstruktur 16 der in der Fig. 1 gezeigten Ausführungsform der Vorrichtung 10 weist wenigstens eine, insbesondere variabel kontrollierbare, Einrichtung 30 zur Erwärmung und/oder Aufheizung des Rohlings 12, die zur bzw. in die Formkammer 18 abstrahlt, auf. Die Einrichtung 30 zur Erwärmung und/oder Aufheizung des Rohlings 12 kann als elektrisch betriebene Lichtlampenheizung, interne oder externe Infrarotstrahlungsheizung, Induktionsheizung oder Kreislaufheizung mit einem umlaufenden Wärmeträger, wie Wasser, Öl, Salzschnmelze oder Natrium, ausgebildet sein. Beliebige andere Ausgestaltungen der Einrichtung 30 zur Erwärmung und/oder Aufheizung des Rohlings 12 als Wärmequelle sind ebenso denkbar. Durchaus sind auch weitere Wärmequellen oder Einrichtungen 31, die zum Beispiel außerhalb der Formkammer 18 angeordnet sind, zur Erwärmung und/oder Aufheizung des Rohlings 12 möglich.

[0074] Wie aus der Fig. 1 ersichtlich ist, ist die Tragstruktur 16 der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 des Weiteren mit wenigstens einer Einrichtung 32 zur Wärmedämmung ausgestaltet. Die Einrichtung 32 zur Wärmedämmung ist an der Tragstruktur 16 innenseitig angebracht und damit der Formkammer 18 zugeordnet. Die Einrichtung 32 zur Wärmedämmung kann als Wärmedämmschicht, beispielsweise auf Glasfaser- bzw. Keramikbasis, ausgebildet sein.

[0075] Alternativ oder kumulativ weist die Tragstruktur 16 der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10, wie der Fig. 1 zu entnehmen ist, darüber hinaus wenigstens eine Einrichtung 34 zur Wärmerückstrahlung auf. Die Einrichtung 34 zur Wärmerückstrahlung ist an der Tragstruktur 16 innenseitig befestigt und damit ebenfalls der Formkammer 18 zugeordnet bzw. zugewandt. Die Einrichtung 34 zur Wärmerückstrahlung kann beispielsweise als spiegelnde (Multiscreen-)Reflektorfolie ausgebildet sein.

[0076] Ohne im Einzelnen dargestellt zu sein, kann die Tragstruktur 16 der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 noch zusätzlich mit einer Einrichtung zur aktiven Kühlung versehen sein. Beispielsweise kann die Einrichtung zur aktiven Kühlung als inneres Kühlsystem mit zum Beispiel Wasser oder Öl als Kühlmedium ausgebildet sein.

[0077] Die Einrichtung 32 zur Wärmedämmung und/oder die Einrichtung 34 zur Wärmerückstrahlung unterstützen den Aufbau und die Aufrechterhaltung eines erhöhten Temperaturprofils im Inneren der Formkammer 18 und damit zugleich die Erwärmung und/oder Aufheizung des Rohlings 12. Gleichzeitig dienen die Einrichtung 32 zur Wärmedämmung und die Einrichtung 34 zur Wärmerückstrahlung, gegebenenfalls in Verbindung mit der nicht näher dargestellten Einrichtung zur aktiven Kühlung, dem thermischen Schutz der Tragstruktur 16 selbst.

[0078] Aus der Fig. 1 ist schematisch ersichtlich, dass der Tragstruktur 16 der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 und/oder dem Rohling 12 weiterhin eine Einrichtung 36 zur Überwachung der Temperatur der Formkammer

18 und/oder des Rohlings 12 zugeordnet ist. Die Einrichtung 36 zur Überwachung der Temperatur kann dabei Thermoelemente 38, die an der Rückseite 24 des Rohlings 12 angebracht sind, und kumulativ oder alternativ eine Wärmebildkamera 40, die der Vorderseite 26 des Rohlings 12 zugewandt ist, umfassen. Insoweit ist eine punktuelle und/oder großflächige Temperaturüberwachung vorgesehen.

[0079] Zur lösbaren Fixierung des Rohlings 12 an der Tragstruktur 16 ist die Einrichtung 20 zum Einspannen des Rohlings 12 entsprechend der Fig. 1 mit einem Drückring 42 und einem Spannring 44 versehen. Der Spannring 44 kann beispielsweise mittels Schrauben (nicht dargestellt) nach Zwischenanordnung des Rohlings 12 an dem Drückring 42 befestigt werden. Zur gleichzeitigen vollständigen Abdichtung der Formkammer 18 gegenüber der Umgebung durch den Rohling 12 umfasst die Einrichtung 20 zum Einspannen des Rohlings 12 zusätzlich einen Dichtring 46. Der Dichtring 46 ist zwischen dem Drückring 42 und dem Spannring 44 angeordnet. Der Dichtring 46 kann beispielsweise als O-Ring ausgebildet sein. Es ist jedoch ebenso denkbar, den Dichtring 46 als ein gummiähnliches Profil mit U-förmigen Querschnitt vorzusehen, welches auf den Umfang 22 des Rohlings 12 vor Festspannung des Spannringes 44 an dem Drückring 42 aufgesteckt wird. Andere konstruktive Ausgestaltungen, die zu einer vollständigen Abdichtung der Formkammer 18 gegenüber der Umgebung mittels Rohling 12 führen, sind - ohne im Einzelnen dargestellt zu sein - gleichermaßen denkbar.

[0080] Beim Verformen bzw. Umformen oder konkaven Drücken des im Wesentlichen flächigen Rohlings 12 zu dem dünnwandigen Schalenkörper 14 kann ein thermischer Verzug durch Temperaturbeaufschlagung infolge ungleicher Ausdehnungen des eingespannten Rohlings 12 und der Tragstruktur 16 im Bereich der Einrichtung 20 zum Einspannen des Rohlings 12 auftreten. Einem solchen unzulässigen thermischen Verzug kann dadurch entgegenwirkt werden, dass die Tragstruktur 16 mit einer Einrichtung zur Reduzierung von radialen und/oder umfangsmäßigen Wärmedehnungen zwischen dem Rohling 12 und der Einrichtung 20 zum Einspannen des Rohlings 12 ausgestattet ist (nicht gezeigt). So kann beispielsweise die Einrichtung 20 zum Einspannen des Rohlings 12 gegenüber der Tragstruktur 16 relativ radial und/oder umfangsmäßig verschiebbar ausgestaltet sein (ebenfalls nicht gezeigt). Ebenso denkbar ist eine konstruktive Ausgestaltung der Tragstruktur 16, die bei radialen und/oder umfangsmäßig wirkenden Beanspruchungen eine ausreichende Flexibilität der Tragstruktur 16 sicherstellt, ohne die Formstabilität der Tragstruktur 16 infolge (Unter)Druckbeaufschlagung gerade auch im Bereich der Einrichtung 20 zum Einspannen des Rohlings 12 zu beeinträchtigen. Zugleich lassen sich auf diese Weise selbst Spannungsverhältnisse innerhalb des Rohlings 12 aufgrund der (Unter)Druckbeaufschlagung vorteilhaft ausgleichen.

[0081] Das Verformen bzw. Umformen oder konkaven

Drücken des im Wesentlichen flächigen Rohlings 12 zu einem dünnwandigen Schalenkörper 14 basiert bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 allein auf einer (Unter)Druck- und Temperaturbeaufschlagung des Rohlings 12. Der Rohling 12 wird mithin weitgehend selbstständig aus einer im Wesentlichen flächigen Form in eine rotationssymmetrische oder nicht rotationssymmetrische (Hohl)Form durch äußere Druck- und Temperatureinwirkung verbracht.

[0082] Optional kann der Tragstruktur 16 bei der Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 der Fig. 1 zusätzlich eine perforierte Gegenform 48, vergleichbar zu der Ausführungsform der Vorrichtung 10, die in der Fig. 3 gezeigt ist, zugeordnet sein. Die perforierte Gegenform 48 ist in der Formkammer 18 angeordnet und dient der Anlage und Abstützung des zu dem dünnwandigen Schalenkörpers 14 zu verformenden Rohlings 12. Mithin ist die perforierte Gegenform 48 quasi als Schablone für die letztendlich zu erreichende Form des dünnwandigen Schalenkörpers 14 vorgesehen. Die perforierte Gegenform 48 dient insoweit einer Präzisierung der letztlich zu erreichenden Formgebung des dünnwandigen Schalenkörpers 14. Die Perforation in der Gegenform 48 ist erforderlich, um das Vakuum an die Formkammer 18 anlegen und die Formkammer 18 letztlich evakuieren zu können. Wie aus der Fig. 1 ersichtlich ist, ist der von der perforierten Gegenform 48 begrenzte Freiraum, welchen der dünnwandige Schalenkörper 14 schließlich vollständig ausfüllt, kleiner als die Formkammer 18 selbst und damit nicht identisch zu der Formkammer 18.

[0083] In alternativer oder kumulativer Ausgestaltung der Vorrichtung 10 nach der Erfindung ist der Tragstruktur 16 weiterhin wenigstens ein Umformwerkzeug 50 zugeordnet, welches mit der Vorderseite 26 des Rohlings 12 in Berührung kommt und somit die Vorderseite 26 des Rohlings 12 beaufschlagt. Das Umformwerkzeug 50 dient der Unterstützung des Verformens bzw. Umformens oder konkaven Drückens durch die Vorrichtung 10. Bei der in der Fig. 1 dargestellten Ausführungsform der Vorrichtung 10 ist lediglich ein solches Umformwerkzeug 50 vorgesehen. Das Umformwerkzeug 50 ist vorliegend als Umform- oder Drückrolle ausgestaltet. Ohne im Einzelnen dargestellt zu sein, kann das Umformwerkzeug 50 jedoch auch als eine, vorzugsweise hydrostatisch gelagerte, Drückkugel ausgebildet sein, mittels welcher sich eine in manchen Fällen erforderliche Nachführung des Neigungswinkels einer Umform- bzw. Drückrolle vermeiden lassen.

[0084] In vorteilhafter Weise ist das wenigstens eine Umformwerkzeug 50, welches die Vorderseite 26 des Rohlings 12 beaufschlagt, schablonen- oder numerisch geregelt und/oder gesteuert.

[0085] Die Tragstruktur 16 zusammen mit dem Rohling 12 und das wenigstens eine Umformwerkzeug 50 sind darüber hinaus zueinander relativ drehbar ausgebildet.

[0086] Bei der Ausführungsform der Vorrichtung 10,

die in der Fig. 1 dargestellt ist, ist die Tragstruktur 16 zusammen mit dem auf ihr aufgespannten Rohling 12 drehbar gelagert, während das wenigstens eine Umformwerkzeug 50 nur entlang eines ortsfesten Meridians bewegbar ist. Zu diesem Zweck ist die Tragstruktur 16 zusammen mit dem Rohling 12 um eine zentrale Drehachse 52 der Tragstruktur 16 über eine Antriebseinrichtung 54 drehbar ausgestaltet. Eine Rotation der Tragstruktur 16 zusammen mit dem Rohling 12 entsprechend Pfeil 56 erfolgt mithin über die Antriebseinrichtung 54. Ein Anschluss 58 zum Anlegen eines Vakuums an die Formkammer 18 und zum Evakuieren der Formkammer 18, ein Versorgungsanschluss 60 für elektrischen Strom und ein Versorgungsanschluss 62 für elektrische Signale, beispielsweise unter Verwendung von Schleifringen (nicht näher dargestellt), befinden sich auf der zentralen Drehachse 52.

[0087] Die Drehachse 52 der Tragstruktur 16 ist dabei zweckmäßigerweise horizontal angeordnet. Ohne im Einzelnen dargestellt zu sein, ließe sich die Drehachse 52 jedoch ebenso vertikal anordnen.

[0088] Das wenigstens eine Umformwerkzeug 50 ist demgegenüber über zwei Stellantriebseinrichtungen 64, 66, die beispielsweise mit einer Rollenführung 68 zusammenwirken, entsprechend den Doppelpfeilen 70, 72 auf einer raum- bzw. ortsfesten Meridiankurve zweidimensional bewegbar. Die Rollenführung 68 ist ortsfest.

[0089] Wie aus der Fig. 1 ersichtlich ist, ist das als Umform- oder Drückrolle ausgestaltete Umformwerkzeug 50 gegenüber der zentralen Drehachse 52 der Tragstruktur 16 fest eingestellt. Das die Vorderseite 26 des Rohlings 12 beaufschlagende Umformwerkzeug 50 ist in dessen Anstellung gegen die Drehachse 52 der Tragstruktur 16 allerdings individuell einstellbar. Die Neigung bzw. Artikulation des Umformwerkzeuges 50 kann daher, wenn erforderlich, in Abhängigkeit zum Beispiel vom Radius, auf welchem das Umformwerkzeug 50 aktuell geführt wird, anforderungsgerecht verändert bzw. nachgestellt werden.

[0090] Die Ausführungsform der Vorrichtung 10 nach der Erfindung, die in der Fig. 2 gezeigt ist, unterscheidet sich von der in der Fig. 1 gezeigten Ausführungsform der Vorrichtung 10 vornehmlich dadurch, dass die Tragstruktur 16 zusammen mit dem Rohling 12 ortsfest angeordnet ist, wohingegen das wenigstens eine Umformwerkzeug 50 drehbar ausgebildet ist.

[0091] Wie der Fig. 2 deutlich zu entnehmen ist, sind zudem insgesamt zwei Umformwerkzeuge 50 in Form von Umform- oder Drückrollen vorgesehen. Das Verformen bzw. Umformen oder konkaven Drücken des Rohlings 12 zu einem dünnwandigen Schalenkörper 14 kann durch gleichzeitig oder jeweils unterschiedlich verwendeten Umformwerkzeugen 50 wesentlich beschleunigt werden. Die Umformwerkzeuge 50 können dabei radial und/oder azimuthal versetzt sein, um den Rohling 12 gleichzeitig verschieden weit zu bearbeiten. Eine solche synchrone Ausführung mehrerer einzelner Verform- bzw. Umform- oder Drückschritte führt zu einer erhebli-

chen Verkürzung des jeweiligen Herstellungsintervalls insgesamt.

[0092] Die zwei Umformwerkzeuge 50 sind bei der Ausführungsform der Vorrichtung 10, die in der Fig. 2 gezeigt ist, an einer Traverse 74 angeordnet und von dieser abstützend aufgenommen. Die Traverse 74 erstreckt sich diametral über die gesamte Tragstruktur 16 zusammen mit dem Rohling 12. Die zentrale Drehachse 52 der Traverse 74 verläuft dabei vertikal.

[0093] Die zwei Umformwerkzeuge 50 sind mithin jeweils einer Rotation der Traverse 74 um deren zentrale Drehachse 52 unterworfen. Eine Rotation der Traverse 74 erfolgt bei vorliegendem Ausführungsbeispiel der Vorrichtung 10 der Fig. 2 über eine Antriebseinrichtung 76 entsprechend Pfeil 78. Gleichzeitig sind die beiden Umformwerkzeuge 50 jeweils über zwei Stellantriebseinrichtungen 80, 82 in radialer Richtung entsprechend Doppelpfeil 84 und in vertikaler Richtung entsprechend Doppelpfeil 86 auf einer Meridiankurve relativ zur Traverse 74 bewegbar.

[0094] Aufgrund der ortsfesten Ausbildung der Tragstruktur 16 zusammen mit dem Rohling 12 lässt sich bei der Ausführungsform der Vorrichtung 10, die in der Fig. 2 gezeigt ist, eine konstruktiv vereinfachte Bauweise erhalten. Da der Vakuumanschluss 58, der Versorgungsanschluss 60 für elektrischen Strom und der Versorgungsanschluss 62 für elektrische Signale nicht in der und durch die zentrale Drehachse 52 der Tragstruktur 16 geführt werden müssen, sondern baufest installiert werden können, lässt sich der Konstruktionsaufwand erheblich vermindern. Nur beispielhaft wird auf den Vakuumanschluss 58 verwiesen, der mit der Formkammer 18 auf einfache Weise kommuniziert. Außerdem entfallen sämtliche Fliehkraftbelastungen auf die Tragstruktur 16 und/oder den Rohling 12 und die übrigen Bauteile, wie zum Beispiel auf die Einrichtung 20 zum Einspannen des Rohlings 12, die Einrichtung 30 zur Erwärmung und/oder Aufheizen des Rohlings 12, die Einrichtung 32 zur Wärmedämmung oder die Einrichtung 34 zur Wärmerückstrahlung.

[0095] Die Traverse 74 ist bei der Ausführungsform der Vorrichtung 10, die in der Fig. 2 dargestellt ist, auf einer Schienenanordnung 88 geführt. Die Schienenanordnung 88 ist auf einem Schienenunterbau 90 abgestützt. Den Schienenunterbau 90 bilden Stelzen 92, die im Boden verankert sind, und ein Tragring 94, der endseitig von den Stelzen 92 aufgenommen ist.

[0096] Die Schienenanordnung 88 umfasst einen Zahnradkranz 96, auf welchem die Traverse 74 befestigt ist. Der Zahnradkranz 96 ist seinerseits auf der Unterseite mit einem Schienenring 98 kraftschlüssig verbunden. Den Schienenring 98 halten eine Vielzahl von ortsfesten Führungsrollen 100, die entlang eines inneren und äußeren Ringumfangs äquidistant verteilt sind, exakt mittig auf der zentralen Drehachse 52. Da der Schienenring 98 beidseits in eine Prismenführung bzw. prismenförmige Kerbungen 102 der Führungsrollen 100 (ein)greift, kann der Schienenring 98 und damit die Traverse 74 nicht aus

der Schienenanordnung 88 abheben. Sobald der Schienenring 98 umläuft, rotieren die Führungsrollen 100 um Stiftachsen 104, die in einer Ringplatte 106 verankert sind. Die Ringplatte 106 wiederum ist von dem Tragring 94 des Schienenunterbaus 90 abgestützt.

[0097] Die Rotation der Traverse 74 erfolgt über die Antriebseinrichtung 76, die bei in der Fig. 2 dargestellten Ausführungsform der Vorrichtung 10 als Elektromotor ausgebildet ist. Die Antriebseinrichtung 76 ist am Schienenunterbau 90 befestigt. Die Antriebseinrichtung 76 treibt ein Ritzel 108 an, das in den Zahnradkranz 96 (ein) greift, mit welchem die Traverse 74 über Auflager 110 verbunden ist. Alternativ dazu kann die Antriebseinrichtung 76 auch als spezieller Schrittmotor ausgebildet sein, der von im Schienenring 98 umlaufenden Magnetfeldern gezogen wird.

[0098] Die Stromversorgung für die an der Traverse 74 angebrachten Stellantriebseinrichtungen 80, 82 erfolgt zentral über eine Stromabnehmerwelle 112, die zum Beispiel mit Gleitringen versehen ist.

[0099] Die Traverse 74 ist, wie die Ausführungsform der Vorrichtung 10, die in der Fig. 2 abgebildet ist, deutlich zeigt, zum Wechsel eines Rohlings 12 durch einen dünnwandigen Schalenkörper 14, und umgekehrt, von dem Zahnradkranz 96 bzw. den Führungsrollen 100 mit den prismenförmigen Kerbungen 102, d.h. dem umlaufenden Prismenring, und den Auflagern 110 zu lösen und anschließend mittels eines Hebezeuges (nicht dargestellt), zum Beispiel eines Werkstattkrans, abhebbar und seitlich von der Vorrichtung 10 absetzbar.

[0100] Die Ausführungsform der Vorrichtung 10, die in der Fig. 3 dargestellt ist, unterscheidet sich von derjenigen, die in der Fig. 2 gezeigt ist, nur dadurch, dass in der Formkammer 18 zusätzlich eine perforierte Gegenform 48 angeordnet ist, mittels derer ein Verformen bzw. ein Umformen oder konkaven Drücken des Rohlings 12 zu einem dünnwandigen Schalenkörper 14 unterstützt ist.

[0101] Entsprechend dem Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10, die in der Fig. 4 schematisch dargestellt ist, ist die Traverse 74 entsprechend Doppelpfeil 114 um die zentrale Drehachse 52 auf dem Schienenring 98 drehbar geführt. Die zwei Umformwerkzeuge 50 sind entsprechend den Doppelpfeilen 116 längs der Traverse 74 hin- und herschiebbar. Zum Wechsel eines Rohlings 12 durch einen dünnwandigen Schalenkörper 14, und umgekehrt, ist die Traverse 74 über Schienenweichen 118 auf zwei geraden parallelen Schienen 120 längs des Doppelpfeiles 122 verfahrbar. Die beiden geraden parallelen Schienen 120 schließen sich dabei an den Schienenring 98 tangential an. Auf diese Weise lässt sich die Traverse 74 seitlich in eine Stellung verfahren, in welcher der Rohling 12 und/oder der dünnwandige Schalenkörper 14 ohne weiteres durch ein Hebezeug (wiederum nicht gezeigt), beispielsweise einen Werkstattkran, aus der Tragstruktur 16 herausgehoben oder in die Tragstruktur 16 eingesetzt werden kann.

[0102] In der Fig. 5 ist eine noch andere Ausführungs-

form der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 gezeigt. Bei der Ausführungsform der Vorrichtung 10 nach der Fig. 5 ist die Tragstruktur 16 hydraulisch oder durch ein Hebezeug (nicht dargestellt), zum Beispiel einen Werkstattkran, entsprechend Doppelpfeil 123 absenkbar und gegebenenfalls auf einer tiefer gelegenen Ebene seitlich positionierbar.

[0103] Bei der Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10, die in der Fig. 6 dargestellt ist, lässt sich die Tragstruktur 16 aus einer bzw. in eine Öffnung im Schienenunterbau 90 unterhalb des Schienen oder dergleichen abstützenden Tragringes 94 aus- und einfahren. Dies ist durch die spezielle Ausbildung der Schienenanordnung 88 ermöglicht, die oberhalb der von dem Rohling 12 aufgespannten Ebene angeordnet ist.

[0104] Die Fig. 7 zeigt schematisch eine noch andere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10. Demnach erstreckt sich die Traverse 74 bei dieser Ausführungsform der Vorrichtung 10 wiederum diametral über die Tragstruktur 16 zusammen mit dem zu verformenden Rohling 12 und ist auf zwei geraden parallelen Schienen 124 oder dergleichen geführt. Die Tragstruktur 16 ist mithin ortsfest ausgebildet. Die Traverse 74 wird NC gesteuert längs der zwei parallelen Schienen 124 längs des Doppelpfeiles 126 mittels einer Antriebseinrichtung 76 (nicht gezeigt) linear hin- und herverfahren. Die Traverse 74 ist mit wenigstens einem Umformwerkzeug 50 in Form einer Umform- oder Drückrolle bestückt. Das Umformwerkzeug 50 wird über eine Stellantriebs-einrichtung 128 relativ und senkrecht zur Traverse 74, also auch senkrecht zu den geraden, parallelen Schienen 124 entsprechend Doppelpfeil 130 betätigt. Damit das Umformwerkzeug 50 auf dem nicht rotierenden Rohling 12 in definierter Höhe einen Großkreis beschreiben kann, korrespondieren die Steuerungen der Antriebseinrichtung 76 für die Traverse 74 und der Stellantriebseinrichtung 128 für das Umformwerkzeug 50 miteinander, derart, dass der Großkreis aus einer Überlagerung einer jeweils einprogrammierten Sinus- bzw. Cosinus-Vorschubfunktion gebildet ist. Für die Einstellung der vertikalen Höhenposition bzw. Drücktiefe und für die Neigung bzw. Artikulation des Umformwerkzeuges 50 zur zentralen Drehachse 52 des Rohlings 12 bzw. des dünnwandigen Schalenkörpers 14 sind zusätzliche Stellantriebs-einrichtungen (nicht gezeigt) erforderlich. So kann eine zusätzliche Stellantriebseinrichtung in Form eines Stellmotors für die vertikale Höhenpositionierung und eine weitere Stellantriebseinrichtung in Form eines Stellmotors oder eines Hebelgetriebes für die Neigung vorgesehen sein. Die Traverse 74 lässt sich zum Wechsel eines Rohlings 12 durch einen dünnwandigen Schalenkörper 14 und umgekehrt, ohne weiteres außerhalb der Tragstruktur 16 verschieben und parken.

[0105] Ohne im Einzelnen dargestellt zu sein, es ist selbstverständlich jederzeit möglich, eine kinematische Umkehr der Ausführungsform der Vorrichtung 10 nach der Erfindung, die in der Fig. 7 gezeigt ist, vorzunehmen. Demnach kann die Tragstruktur 16 anstelle der Traverse

74 auf zwei geraden parallelen Schienen 124 hin- und herbewegt werden. Die Traverse 74 mit dem Gewicht der schweren Stellantriebseinrichtung 128 und den zusätzlichen Stellantriebseinrichtungen in Form von Stellmotoren bzw. einem Hebelgetriebe verbleibt demgegenüber ortsfest. Die Steuerung der Antriebseinrichtung 76 der Traverse 74, der Stellantriebseinrichtung 128 des Umformwerkzeuges 50 und der zusätzlichen Stellantriebseinrichtungen verbleibt dabei unverändert. Der Vakuumanschluss 58 und die Versorgungsanschlüsse 60, 62 für elektrischen Strom sowie elektrische Signale sind in flexiblen Leitungen untergebracht. Alternativ lässt sich auch eine Vakuumpumpe in der Tragstruktur 16 unterbringen und elektrischer Strom gefahrlos mittels Niederspannung, zum Beispiel über die Schienen oder dergleichen, zuleiten.

[0106] Ohne im Einzelnen dargestellt zu sein, kann die Tragstruktur 16 des Weiteren ein wärmedämmtes, insbesondere mit Heizflächen versehenes, Abdeckelement oder dergleichen Deckplatte zur Abdeckung der Vorderseite 26 des Rohlings 12, welche der Formkammer 18 abgewandt ist, umfassen. Demnach kann der Rohling 12 bzw. Schalenkörper 14 während der Wärmebehandlung auf der Tragstruktur 16 abgedeckt und dessen Temperatur mittels den vorhandenen Heizflächen auf die jeweils erforderlichen Wärmebehandlungstemperaturen angehoben werden.

[0107] Durch die ebenfalls nicht näher dargestellten konstruktiven Maßnahmen, wonach die Tragstruktur 16 mit wenigstens einer der Formkammer 18 zugeordneten, sicherheitstechnisch relevanten Einrichtung zum Schutz gegen äußere Einwirkungen durch gasförmige und/oder flüssige Kühlmittel, insbesondere Inertgas, vorzugsweise Argon oder Stickstoff, oder Wasser, versehen ist, kann der Rohling 12 bzw. Schalenkörper 14 auf der Tragstruktur 16 bis zum endgültigen Abbau im eingespannten Zustand verbleiben, um einer weitergehenden Bearbeitung und/oder Wärmebehandlung, beispielsweise einem Lösungsglühen, einem Abschrecken als auch gegebenenfalls einem Auslagern, unterzogen zu werden. Auf diese Weise braucht der Rohling 12 bzw. der Schalenkörper 14 nach dem Vordrücken wegen der sich anschließenden Wärmebehandlung nicht zeitaufwendig abgebaut und danach für das Rekken erneut zeitaufwendig eingebaut zu werden. Die Wärmebehandlung des Rohlings 12 lässt sich insoweit unmittelbar in der Tragstruktur 16 in eingebautem Zustand ausführen. Die Zeitersparnis erweist sich, insbesondere bei großen Rohlingen 12 bzw. Schalenkörpern 14, als bedeutsam. Danach wird zum Beispiel ein Schalenkörper 14, der aus Al 2219 besteht, nach dem Vordrücken bei 535 °C lösungsgeglüht, danach abgeschreckt, alsdann gestreckt und abschließend gegebenenfalls bei 160 °C bis 190 °C ausgelagert, um den Zustand T8x zu erreichen.

[0108] Durch eine solche konstruktive Ausgestaltung der Vorrichtung 10 nach der Erfindung ist es ohne weiteres möglich, einen dünnwandigen Schalenkörper 14 aus einem im Wesentlichen flächigen Rohling 12 aus Me-

tall herzustellen.

[0109] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Verformen eines im Wesentlichen flächigen Rohlings 12 aus Metall zu einem dünnwandigen Schalenkörper 14 wird nachfolgend anhand der Vorrichtung 10 näher erläutert:

[0110] Zunächst wird der Rohling 12 über dessen Umfang 22 an der Tragstruktur 16 mit der Formkammer 18 eingespannt. Von der Formkammer 18 wird der Rohling 12 mit zunehmender Verformung zu dem dünnwandigen Schalenkörper 14 aufgenommen. Zugleich wird die Rückseite 24 des Rohlings 12, welche der Formkammer 18 zugewandt ist, gegenüber der Vorderseite 26 des Rohlings 12, welche der Formkammer 18 abgewandt ist, abgedichtet. Anschließend wird ein Vakuum an die von dem Rohling 12 abschließende Formkammer 18 angelegt. Durch definiertes Evakuieren der Formkammer 18 wird der Rohling 12 schließlich zu dem dünnwandigen Schalenkörper 14 verformt. Dabei wird die Oberfläche des Rohlings 12, unter Abnahme der ursprünglichen Wanddicke, gestreckt. Zu einer Berührung zwischen dem Rohling 12 bzw. dem dünnwandigen Schalenkörper 14 und der Tragstruktur 16 bzw. deren Bauteilen kommt es, aufgrund der Begrenzung und kontinuierlichen Überwachung des Vakuums sowie der kontrolliert weggesteuerten Führung des Umformwerkzeuges 50, nicht.

[0111] Vor dem Verformen wird der Rohling 12 über die wenigstens eine Einrichtung 30 zur Erwärmung und/oder Aufheizung des Rohlings 12, welche der Formkammer 18 zugeordnet ist, auf ein erhöhtes Temperaturprofil gebracht. Darüber hinaus können grundsätzlich auch Wärmequellen, wie Einrichtungen 31, eingeschaltet werden, welche den Rohling 12, wenn erforderlich, von beiden Seiten 24, 26 beheizen und schnell auf die vorgeschriebenen Temperaturen anheben sowie während der Verformung bzw. Umformung oder des konkaven Drückens auch auf diesen halten. Um sodann Wärmeverluste zu vermeiden und zugleich das zuvor erhöhte Temperaturprofil beizubehalten, wird der Rohling 12 des Weiteren über die wenigstens eine Einrichtung 32 zur Wärmedämmung und/oder die wenigstens eine Einrichtung 34 zur Wärmerückstrahlung auf dem erhöhten Temperaturprofil gehalten.

[0112] Der Rohling 12 kann gegebenenfalls über eine in der Formkammer 18 angeordnete, perforierte Gegenform 48 und alternativ oder kumulativ über wenigstens ein die Vorderseite 26 des Rohlings 12 beaufschlagendes Umformwerkzeug 50 zu dem dünnwandigen Schalenkörper 14 verformt werden. Als Umformwerkzeug 50 wird vorzugsweise wenigstens eine Umform- oder Drückrolle und/oder eine Drückkugel eingesetzt. In letzterem Falle ist die Drückkugel zweckmäßigerweise hydrostatisch gelagert.

[0113] Bei Beaufschlagung der Vorderseite 26 des Rohlings 12 durch das Umformwerkzeug 50 ist es von besonderem Vorteil, das Umformwerkzeug 50 relativ zum Rohling 12 vom Umfang 22 zu dessen Mitte und/oder von dessen Mitte zum Umfang 22 zu führen. Das Umformwerkzeug 50 wird dabei, vorzugsweise mittels

einer (Blech)Schablone oder numerisch, geregelt und/oder gesteuert.

[0114] Vor dem Verformen des Rohlings 12 zu dem dünnwandigen Schalenkörper 14 mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 ist es von besonderem Vorteil, den Rohling 12 aus wenigstens zwei gesonderten Flächenelementen auszubilden. Die wenigstens zwei gesonderten Flächenelemente können dabei insbesondere mittels Wolfram-Inertgas (TIG)-, Metall-Inertgas (MIG)-, Reibbrühr (FSW bzw. Friction-Stir-Welding)-, Elektrostahl (EB)-, Laser-, Plasmaschweißverfahren oder jedem anderen geeigneten Schweißverfahren zu einer Einheit zusammengefügt werden. Auf diese Weise lassen sich auch Rohlinge 12 größeren Ausmaßes anfertigen, die dann zu einem dünnwandigen Schalenkörper 14 verformt bzw. umgeformt oder konkav gedrückt werden können.

[0115] Sofern der Rohling 12 aus mehreren gesonderten Flächenelementen gebildet wird, kann es von besonderem Vorteil sein, den Rohling 12 vor dem Verformen auf herkömmliche Weise weichzuglühen.

[0116] Der Rohling 12 wird auf bevorzugte Weise vor dem Verformen zu dem dünnwandigen Schalenkörper 14 durch Spanabhebung, insbesondere durch Drehen, Fräsen und/oder Schleifen, vorkonturiert. Dabei wird eine vorbestimmte Wanddickenverteilung des Rohlings 12 zum Erhalt einer gewünschten Endwanddicke des dünnwandigen Schalenkörpers 14 eingestellt. Im diesem Zusammenhang ist es besonders zweckmäßig, den Rohling 12 auf dessen Rückseite 24 mit einer Konturierung zu versehen. Im Falle einer Beaufschlagung der Vorderseite 26 des Rohlings ist so eine glatte Führung des Umformwerkzeuges 50 gewährleistet.

[0117] Weiterhin ist es zweckmäßig, den Rohling 12 vor dem Verformen und/oder vor dem Recken zu dem dünnwandigen Schalenkörper 14 durch Spanabhebung mit Durchbrüchen, Perforationen oder dergleichen Ausnehmungen zu versehen, welche sodann durch Abdeckungen, insbesondere eine Folie, zeitweise vakuumdicht versiegelt werden. Die Spanabhebung kann dabei mittels Drehen, Fräsen und/oder Schleifen erfolgen, wobei entsprechende Durchbrüche, Perforationen oder dergleichen Ausnehmungen vor allem im Polbereich bzw. in der Mitte des Rohlings 12 vorgenommen werden.

[0118] Bevor der Rohling 12 zu dem dünnwandigen Schalenkörper 14 mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 verformt bzw. umgeformt oder konkav gedrückt wird, kann es von Vorteil sein, den Rohling 12 weiteren vorbereitenden Bearbeitungsschritten zu unterziehen. So ist es denkbar, den Rohling 12 gegebenenfalls vorzuformen und/oder vorzudrücken, lösungszuglühen und anschließend auf einen Zustand T4 abzuschrecken, kaltzuverformen, im Ofen warmauszulagern und einen Zustand T8 zu bringen.

[0119] Um eine hohe Maßgenauigkeit zu erhalten, ist es von großem Vorteil, den Rohling 12 während des Verformens zu dem dünnwandigen Schalenkörper 14 kontinuierlich einer Vermessung zu unterziehen.

[0120] Mittels des Verfahrens bzw. der Vorrichtung 10 nach der Erfindung werden inzwischen ohne weiteres Dome beispielsweise für die Treibstofftanks der Ariane 5 gefertigt, die einen Durchmesser von 5,4 m und mehr sowie Wanddicken im Bereich von maximal 7 mm am Rand und ca. 3,3 mm im Bereich des Schalenkörpers 14 aufweisen.

[0121] Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 beschränkt. So ist es ohne weiteres möglich, die Tragstruktur 16 mit einer in die Formkammer 18 einmündenden Einrichtung zur Zufuhr von Schutzgas auszurüsten (nicht dargestellt). Auf diese Weise lässt sich die Oxidation des Rohlings 12 bzw. des dünnwandigen Schalenkörpers 14 während der Erwärmung und/oder Aufheizung bzw. einer weitergehenden Bearbeitung oder Wärmebehandlung noch weiter eindämmen, um eine abschließende Oberflächenreinigung zugleich auf ein Minimum zu reduzieren.

Bezugszeichenliste

[0122]

10	Vorrichtung
12	Rohling
14	(Dünnwandiger) Schalenkörper
16	Tragstruktur
18	Formkammer
20	Einrichtung zum Einspannen des Rohlings
22	Umfang des Rohlings
24	Rückseite des Rohlings
26	Vorderseite des Rohlings
28	Einrichtung zum Anlegen eines Vakuums und Evakuieren der Formkammer
30	Einrichtung zur Erwärmung und/oder Aufheizung des Rohlings
31	Externe Einrichtung zur Erwärmung und/oder Aufheizung des Rohlings
32	Einrichtung zur Wärmedämmung
34	Einrichtung zur Wärmerückstrahlung
36	Einrichtung zur Überwachung der Temperatur
38	Thermoelement/e
40	Wärmebildkamera
42	Drückring
44	Spannring
46	Dichtring
48	Perforierte Gegenform
50	Umformwerkzeug
52	Zentrale Drehachse
54	Antriebseinrichtung
56	Pfeil
58	Vakuumananschluss
60	Versorgungsanschluss für elektrischen Strom
62	Versorgungsanschluss für elektrische Signale
64	Stellantriebseinrichtung
66	Stellantriebseinrichtung
68	Rollenführung

70	Doppelpfeil
72	Doppelpfeil
74	Traverse
76	Antriebseinrichtung
5 78	Pfeil
80	Stellantriebseinrichtung
82	Stellantriebseinrichtung
84	Doppelpfeil
86	Doppelpfeil
10 88	Schienenanordnung
90	Schienenunterbau
92	Stelzen
94	Tragring
96	Zahnradkranz
15 98	Schienenring
100	Führungsrolle/n
102	Prismenförmige Kerbung/en
104	Stiftachse/n
106	Ringplatte
20 108	Ritzel
110	Auflager
112	Stromabnehmerwelle
114	Doppelpfeil
116	Doppelpfeil
25 118	Schienenweichen
120	Gerade parallele Schienen
122	Doppelpfeil
123	Doppelpfeil
124	Gerade parallele Schienen
30 126	Doppelpfeil
128	Stellantriebseinrichtung
130	Doppelpfeil.

35 Patentansprüche

1. Verfahren zum Umformen eines im Wesentlichen flächigen Rohlings (12) aus Metall zu einem dünnwandigen Schalenkörper (14), wobei der Rohling (12) über dessen Umfang (22) an einer Tragstruktur (16) mit einer Formkammer (18) eingespannt wird, in welcher der Rohling (12) mit zunehmender Verformung zu dem dünnwandigen Schalenkörper (14) aufgenommen wird, die der Formkammer (18) zugewandte Rückseite (24) des Rohlings (12) gegenüber der der Formkammer (18) abgewandten Vorderseite (26) des Rohlings (12) abgedichtet wird, ein Vakuum an die von dem Rohling (12) abschließende Formkammer (18) angelegt wird und der Rohling (12) durch definiertes Evakuieren der Formkammer (18) sowie über wenigstens ein die Vorderseite (26) des Rohlings (12) beaufschlagendes Umformwerkzeug (50) zu dem dünnwandigen Schalenkörper (14) verformt wird, wobei der Rohling (12) und das wenigstens eine Umformwerkzeug (50) relativ zueinander bewegt, insbesondere gedreht, werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**

- zeichnet, dass** der Rohling (12) über wenigstens eine der Formkammer (18) zugeordnete Einrichtung (30) zur Erwärmung und/oder Aufheizung des Rohlings (12) auf ein erhöhtes Temperaturprofil gebracht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (12) über wenigstens eine der Formkammer (18) zugeordnete Einrichtung (32) zur Wärmedämmung und/oder wenigstens eine der Formkammer (18) zugeordnete Einrichtung (34) zur Wärmerückstrahlung auf einem erhöhten Temperaturprofil gehalten wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (12) über eine in der Formkammer (18) angeordnete oder mit der Formkammer (18) kommunizierende Einrichtung mit Schutzgas beaufschlagt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (12) über eine in der Formkammer (18) angeordnete, perforierte Gegenform (48) zu dem dünnwandigen Schalenkörper (14) verformt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (12) über wenigstens eine Umform- oder Drückrolle und/oder eine, vorzugsweise hydrostatisch gelagerte, Drückkugel, zu dem dünnwandigen Schalenkörper (14) verformt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das die Vorderseite (26) des Rohlings (12) beaufschlagende Umformwerkzeug (50) relativ zum Rohling (12) vom Umfang (22) zur Mitte des Rohlings (12) und/oder von der Mitte zum Umfang (22) des Rohlings (12) geführt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das die Vorderseite (26) des Rohlings (12) beaufschlagende Umformwerkzeug (50) mittels einer Schablone oder numerisch geregelt und/oder gesteuert wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (12) vor dem Verformen zu dem dünnwandigen Schalenkörper (14) aus wenigstens zwei gesonderten, miteinander insbesondere mittels Wolfram-Inertgas (TIG)-, Metall-Inertgas (MIG)-, Reibrühr (FSW)-, Elektronenstrahl (EB)-, Laser-, Plasmaschweißen oder dergleichen Schweißverfahren zu einer Einheit zusammengefügtten Flächenelementen gebildet wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (12) vor dem Verformen zu dem dünnwandigen Schalenkörper (14) weichgeglüht wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (12) vor dem Verformen zu dem dünnwandigen Schalenkörper (14) durch Spanabhebung, insbesondere durch Drehen, Fräsen und/oder Schleifen, vorkonturiert wird, wobei eine vorbestimmte Waddickenverteilung des Rohlings (12) zum Erhalt einer gewünschten Endwanddicke des dünnwandigen Schalenkörpers (14) eingestellt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (12) vor dem Verformen zu dem dünnwandigen Schalenkörper (14) auf dessen Rückseite (24) mit einer Konturierung versehen wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (12) vor dem Verformen und/oder vor dem Recken zu dem dünnwandigen Schalenkörper (14) durch Spanabhebung, insbesondere durch Drehen, Fräsen und/oder Schleifen, mit Durchbrüchen, Perforationen oder dergleichen Ausnehmungen, insbesondere im Polbereich des Rohlings (12), versehen wird, welche durch Abdeckungen, insbesondere eine Folie, zeitweise vakuumdicht versiegelt werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (12) vor dem Verformen zu dem dünnwandigen Schalenkörper (14) vorgeformt und/oder vorgedrückt wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (12) vor dem Verformen zu dem dünnwandigen Schalenkörper (14) durch Lösungsglühen mit anschließendem Abschrecken auf einen Zustand T4 gebracht wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (12) zum Verformen zu dem dünnwandigen Schalenkörper (14) kaltverformt wird.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (12) nach Verformen zu dem dünnwandigen Schalenkörper (14) im Ofen warmausgelagert und auf einen Zustand T8 gebracht wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (12) beim Verformen zu dem dünnwandigen Schalenkörper (14) kontinuierlich vermessen wird.

19. Vorrichtung zum Umformen eines im Wesentlichen flächigen Rohlings (12) aus Metall zu einem dünnwandigen Schalenkörper (14), insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die eine eine Formkammer (18) bildende Tragstruktur (16), welche den Rohling (12) mit zunehmender Verformung zu dem dünnwandigen Schalenkörper (14) aufnimmt, eine an der Tragstruktur (16) angeordnete Einrichtung (20) zum Einspannen des Rohlings (12) über dessen Umfang (22) an der Tragstruktur (16), welche die der Formkammer (18) zugewandte Rückseite (24) des Rohlings (12) gegenüber der der Formkammer (18) abgewandten Vorderseite (26) des Rohlings (12) abdichtet, und eine der Formkammer (18) zugeordnete sowie mit der Formkammer (18) kommunizierende Einrichtung (28) zum Anlegen eines Vakuums und Evakuieren der Formkammer (18) umfasst und der Tragstruktur (16) wenigstens ein die Vorderseite (26) des Rohlings (12) beaufschlagendes Umformwerkzeug (50) zugeordnet ist/sind.
20. Vorrichtung nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (16) zur Bildung der Formkammer (18) im Wesentlichen becher-, topf-, schüssel-, kegel-, kegelstumpf- oder dergleichen -hohlförmig ausgebildet ist.
21. Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (16) wenigstens eine zur Formkammer (18) abstrahlende Einrichtung (30) zur Erwärmung und/oder Aufheizung des Rohlings (12), insbesondere eine, elektrisch betriebene Lichtlampenheizung, Infrarotstrahlungsheizung, Induktionsheizung oder Kreislaufheizung mit einem umlaufenden Wärmeträger, vorzugsweise Wasser, Öl, Salzschnmelze oder Natrium, aufweist.
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (16) wenigstens eine der Formkammer (18) zugeordnete Einrichtung (32) zur Wärmedämmung aufweist.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (16) wenigstens eine der Formkammer (18) zugeordnete Einrichtung (34) zur Wärmerückstrahlung, insbesondere eine spiegelnde (Multiscreen-) Reflektorfolie, aufweist.
24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (16) mit einer Einrichtung zur aktiven Kühlung versehen ist.
25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Tragstruktur (16) eine Einrichtung zur Beaufschlagung des Rohlings (12) mit Schutzgas zugeordnet ist, die insbesondere in der Formkammer (18) angeordnet ist oder mit der Formkammer (18) zu dessen Zufuhr kommuniziert.
26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Tragstruktur (16) und/oder dem Rohling (12) eine Einrichtung (36) zur punktuellen und/oder großflächigen Überwachung der Temperatur der Formkammer (18) und/oder des Rohlings (12) zugeordnet ist, die Thermoelemente (38) und/oder eine Wärmebildkamera (40) umfasst.
27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung (20) zum Einspannen des Rohlings (12) einen Drückring (42), einen Spannring (44) und einen Dichtring (46) zwischen Drückring (42) und Spannring (44) umfasst.
28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 27, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (16) mit einer Einrichtung zur Reduzierung von radialen Wärmedehnungen zwischen dem Rohling (12) und der Einrichtung (20) zum Einspannen des Rohlings (12) ausgestattet ist.
29. Vorrichtung nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung (20) zum Einspannen des Rohlings (12) gegenüber der Tragstruktur (16) relativ radial und/oder umfangsmäßig verschiebbar ist.
30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 29, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Tragstruktur (16) eine in der Formkammer (18) angeordnete, perforierte Gegenform (48) zur Anlage und Abstützung des zu dem dünnwandigen Schalenkörper (14) zu verformenden Rohlings (12) zugeordnet ist.
31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 30, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Tragstruktur (16) wenigstens eine, vorzugsweise zwei, Umform- oder Drückrolle/n und/oder eine, vorzugsweise hydrostatisch gelagerte, Drückkugel, zugeordnet ist/sind, welche die Vorderseite (26) des Rohlings (12) beaufschlagt/beaufschlagen.
32. Vorrichtung nach Anspruch 31, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine die Vorderseite (26) des Rohlings (12) beaufschlagende Umformwerkzeug (50) schablonen- oder numerisch geregelt und/oder gesteuert ist.
33. Vorrichtung nach Anspruch 31 oder 32, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine die Vor-

derseite (26) des Rohlings (12) beaufschlagende Umformwerkzeug (50) in dessen Anstellung individuell einstellbar ist.

34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 31 bis 33, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine die Vorderseite (26) des Rohlings (12) beaufschlagende Umformwerkzeug (50) von einer der Tragstruktur (16) zugeordneten Traverse (74) aufgenommen ist, wobei Tragstruktur (16) zusammen mit dem Rohling (12) und Traverse (74) zueinander relativ bewegbar, insbesondere drehbar, sind. 5
35. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 31 bis 34, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (16) zusammen mit dem Rohling (12) und das wenigstens eine Umformwerkzeug (50) zueinander relativ drehbar ausgebildet sind. 10
36. Vorrichtung nach Anspruch 35, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (16) zusammen mit dem Rohling (12) drehbar ausgebildet ist und das wenigstens eine Umformwerkzeug (50) im Wesentlichen entlang eines ortsfesten Meridians zweidimensional bewegbar ist. 15
37. Vorrichtung nach Anspruch 36, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (16) zusammen mit dem Rohling (12) um eine zentrale Drehachse (52) der Tragstruktur (16) über eine Antriebseinrichtung (54) drehbar ist und das wenigstens eine Umformwerkzeug (50) über zwei Stellantriebseinrichtungen (64, 66) auf einer raumfesten Meridiankurve zweidimensional bewegbar ist. 20
38. Vorrichtung nach Anspruch 35, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (16) zusammen mit dem Rohling (12) ortsfest ausgebildet ist und das wenigstens eine Umformwerkzeug (50) drehbar ausgebildet ist. 25
39. Vorrichtung nach Anspruch 38, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Umformwerkzeug (50) an einer sich über die Tragstruktur (16) zusammen mit dem Rohling (12) diametral erstreckenden und in einer Schienenanordnung (88) oder dergleichen geführten Traverse (74) angeordnet ist, um eine zentrale Drehachse (52) über eine Antriebseinrichtung (76) der Traverse (74) drehbar ist und über zwei Stellantriebseinrichtungen auf einer Meridiankurve relativ zur Traverse (74) bewegbar ist. 30
40. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 34 bis 39, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drehachse (52) der Tragstruktur (16) oder der Traverse (74) horizontal oder vertikal angeordnet ist. 35
41. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 34 bis 40, 40

dadurch gekennzeichnet, dass die Traverse (74) zum Wechsel eines Rohlings (12) durch einen dünnwandigen Schalenkörper (14), und umgekehrt, aus umlaufenden Auflagern (110) bzw. einem umlaufenden Schienenring (98) bzw. von Schienen oder dergleichen lösbar und mittels eines Hebezeuges abhebbar ist.

42. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 34 bis 40, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Traverse (74) zum Wechsel eines Rohlings (12) durch einen dünnwandigen Schalenkörper (14), und umgekehrt, über Schienenweichen (118) auf zwei geraden parallelen Schienen (120), die an einen Schienenring (98) tangierend anschließen, verfahrbar ist. 45
43. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 34 bis 40, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (16) zum Wechsel eines Rohlings (12) durch einen dünnwandigen Schalenkörper (14), und umgekehrt, hydraulisch absenkbar und seitlich verfahrbar ist. 50
44. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 34 bis 40, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (16) zum Wechsel eines Rohlings (12) durch einen dünnwandigen Schalenkörper (14), und umgekehrt, aus einer Öffnung im Schienenunterbau (90) unterhalb eines Schienen oder dergleichen abstützenden Tragringes (94) aus- und einfahrbar ist. 55
45. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 34 bis 40, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Traverse (74) auf zwei geraden parallelen Schienen (124) oder dergleichen über der ortsfest angeordneten Tragstruktur (16) linear hin- und herbeweglich geführt ist und das wenigstens eine Umformwerkzeug (50) längs der Traverse (74) hin- und herschiebbar aufnimmt, derart, dass der Rohling (12) durch das wenigstens eine Umformwerkzeug (50) in Kreisen bzw. Spiralbahnen mit konstant bleibendem Neigungswinkel und in definierten Höhenpositionen beaufschlagbar ist.
46. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 34 bis 40, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (16) auf zwei geraden parallelen Schienen (124) oder dergleichen unter der ortsfest angeordneten Tragstruktur (16) linear hin- und herbeweglich geführt ist und die Traverse (74) das wenigstens eine Umformwerkzeug (50) längs der Traverse (74) hin- und herschiebbar aufnimmt, derart, dass der Rohling (12) durch das wenigstens eine Umformwerkzeug (50) in Kreisen bzw. Spiralbahnen mit konstant bleibendem Neigungswinkel und in definierten Höhenpositionen beaufschlagbar ist.
47. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 46, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur

(16) ein wärmege­däm­m­tes, ins­be­son­de­re mit Heiz­flä­chen ver­se­he­nes, Ab­de­cke­le­ment oder derglei­chen Deck­plat­te zur Ab­de­ckung der der Form­kam­mer (18) ab­ge­wand­ten Vor­der­sei­te (26) des Roh­lings (12) um­fasst.

5

48. Vor­rich­tung nach einem der An­sprü­che 19 bis 47, **dadurch ge­kenn­zeich­net, dass** die Trag­struk­tur (16) mit wenig­stens einer der Form­kam­mer (18) zu­ge­ord­ne­ten, si­che­rheits­tech­nisch re­le­van­ten Ein­rich­tung zum Schutz ge­gen äu­ße­re Ein­wir­kun­gen durch gas­förmige und/oder flüs­si­ge Kühl­mit­tel, ins­be­son­de­re Inert­gas, vor­zugs­wei­se Argon oder Stick­stoff, oder Was­ser, ver­se­hen ist.
- 10
49. Vor­rich­tung nach einem der An­sprü­che 19 bis 48, **dadurch ge­kenn­zeich­net, dass** die Trag­struk­tur (16) wenig­stens eine Ein­rich­tung zur, ins­be­son­de­re ab­schreckenden, Kühl­ung des Roh­lings (12) und/oder des dünn­wan­di­gen Scha­len­kör­pers (14) über die der Form­kam­mer (18) zu­ge­wand­te Rück­sei­te (24) und/oder die der Form­kam­mer (18) ab­ge­wand­te Vor­der­sei­te (26) des Roh­lings (12) bzw. dünn­wan­di­gen Scha­len­kör­pers (14) auf­weist.
- 20
50. Vor­rich­tung nach einem der An­sprü­che 19 bis 49, **dadurch ge­kenn­zeich­net, dass** die Ein­rich­tung (28) zum An­le­gen eines Va­ku­ums und E­va­kui­eren der Form­kam­mer (18) einen Va­ku­um­an­schluss (58), der sich in der und durch die Dreh­achse (52) der Trag­struk­tur (16) erstreckt und/oder mit der Form­kam­mer (18) kom­mu­ni­ziert, um­fasst.
- 25
51. Ver­wen­dung des Ver­fah­rens und/oder der Vor­rich­tung nach einem der vor­her­ge­hen­den An­sprü­che zum Her­stel­len von ro­ta­tionssym­met­ri­schen und/oder nicht ro­ta­tionssym­met­ri­schen scha­len­förmigen, ins­be­son­de­re halb­kugelförmig, kugel­kappen­förmig, kalotten­förmig, ellipsoi­d­kalotten­förmig, ko­nisch, ellip­ti­sch, in Cas­si­ni-Form oder mit an­de­ren Querschnitts­for­men aus­ge­stalteten, Bauteilen (12).
- 30
52. Ver­wen­dung des Ver­fah­rens und/oder der Vor­rich­tung nach einem der vor­her­ge­hen­den An­sprü­che zum Her­stel­len von Scha­len als Dome für Ra­ke­ten-Treibstoff­tan­ks, Sa­tel­li­ten­tan­ks, Para­boloid-Anten­nen, Para­boloid-Re­flek­tor­scha­len, Para­boloid-Solar-Kollektoren, Scheinwerfer­ge­häu­sen, Be­häl­ter­böden, Turm­kuppeln, Druckkalotten oder derglei­chen.
- 35
53. Ver­wen­dung des Ver­fah­rens und/oder der Vor­rich­tung nach einem der vor­her­ge­hen­den An­sprü­che zum Walzen, ins­be­son­de­re Ver­dich­tungs­walzen, von defi­nierten Flä­chen des dünn­wan­di­gen Scha­len­kör­pers (14).
- 40
- 45
- 50
- 55

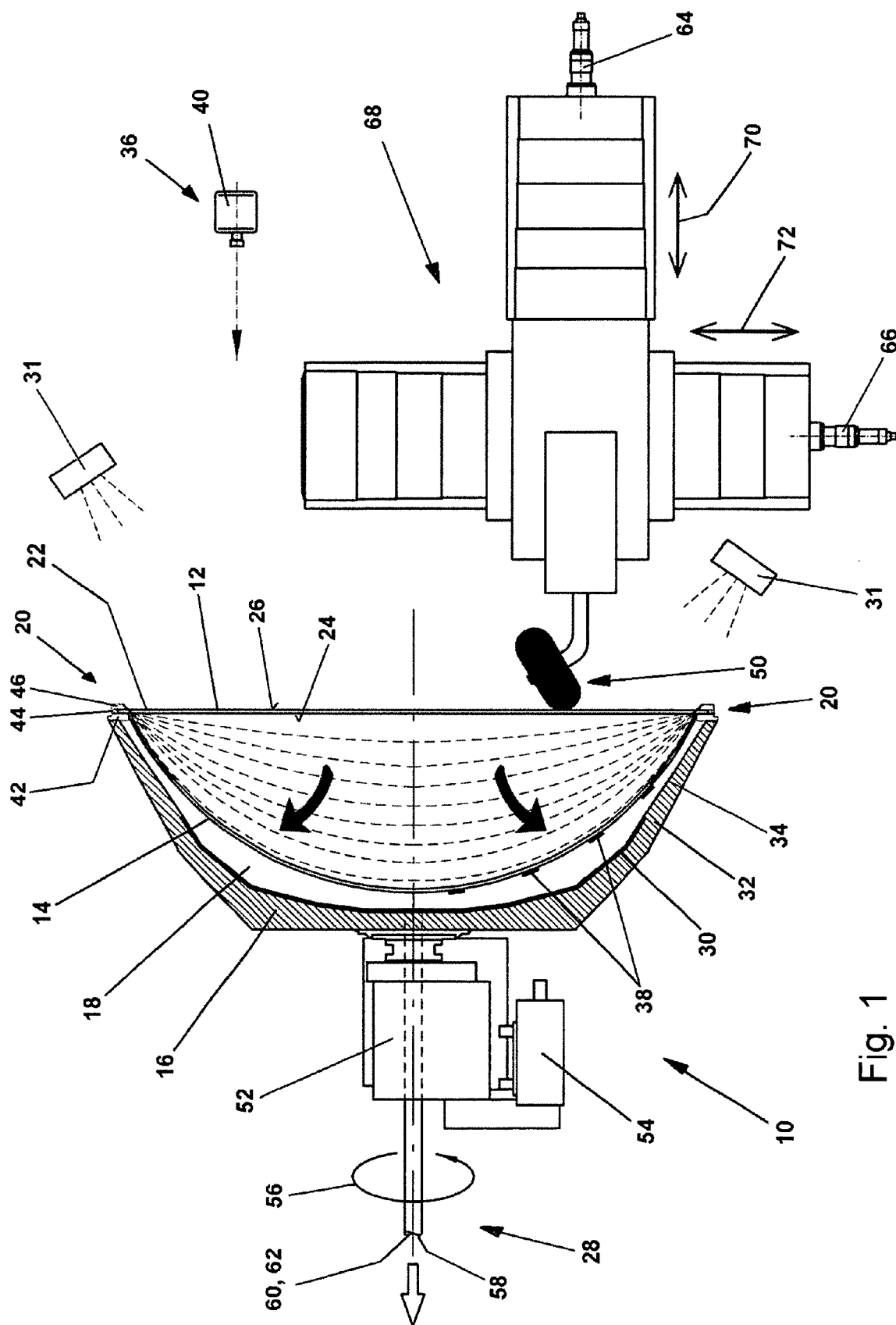
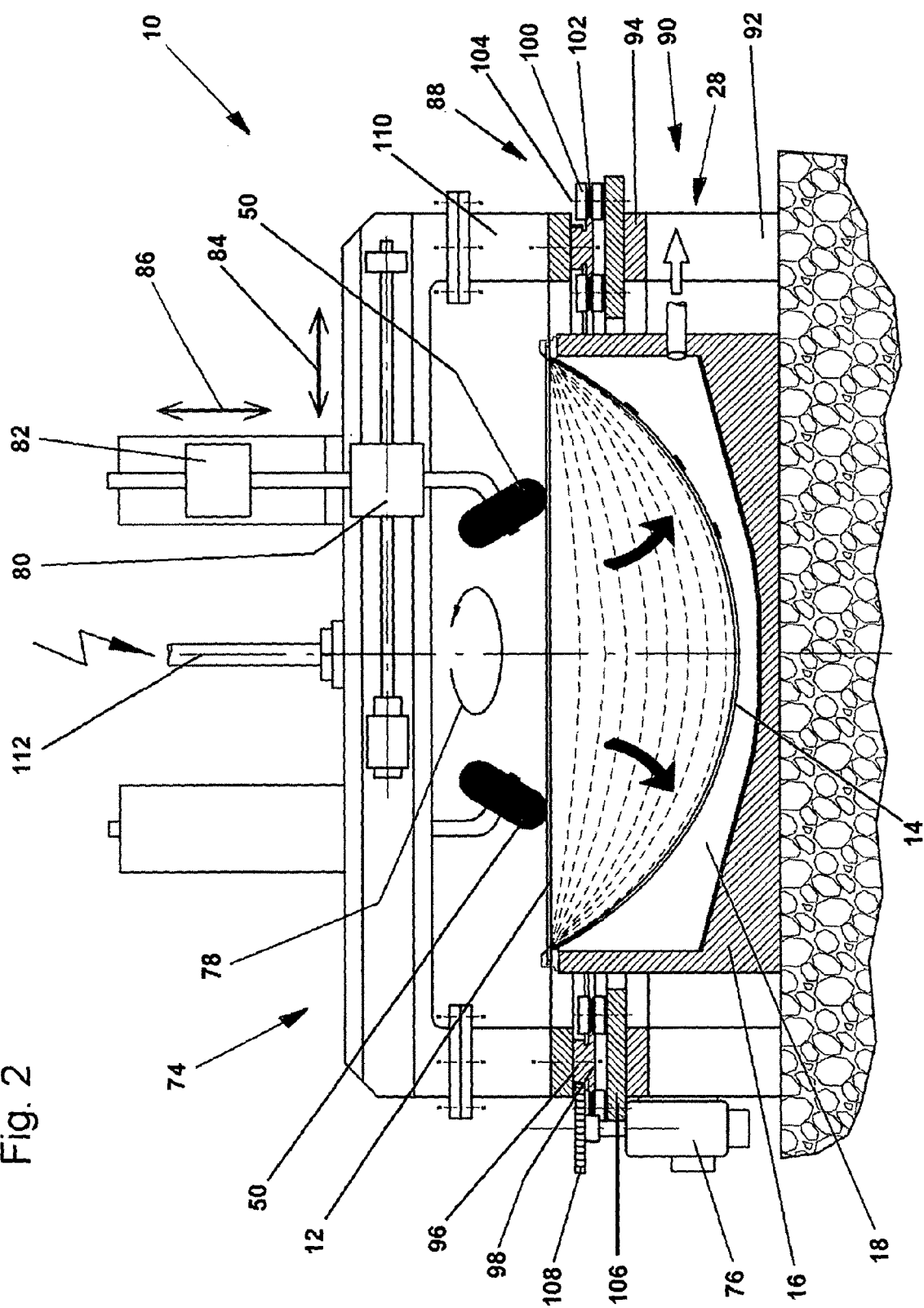
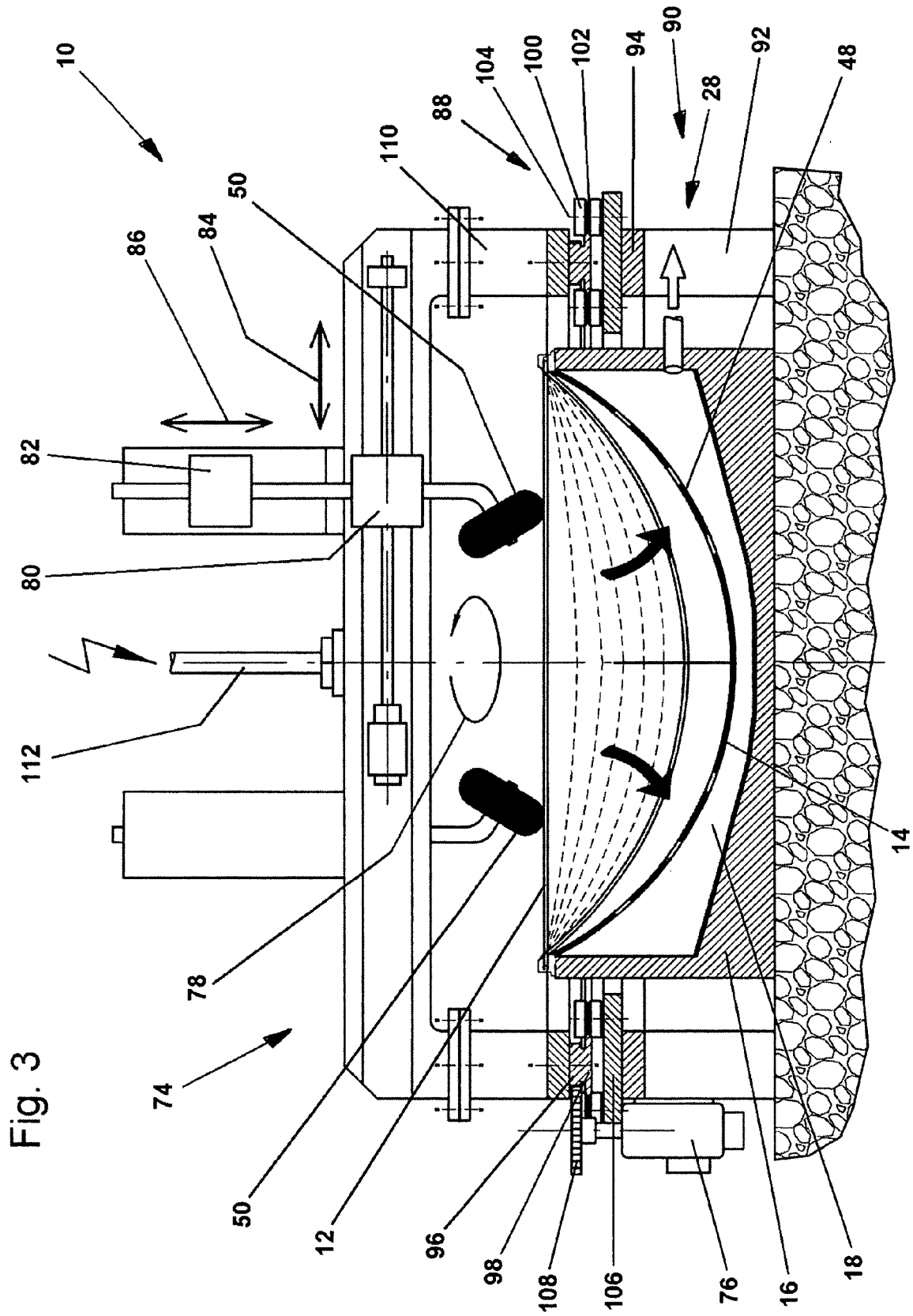


Fig. 1

Fig. 2





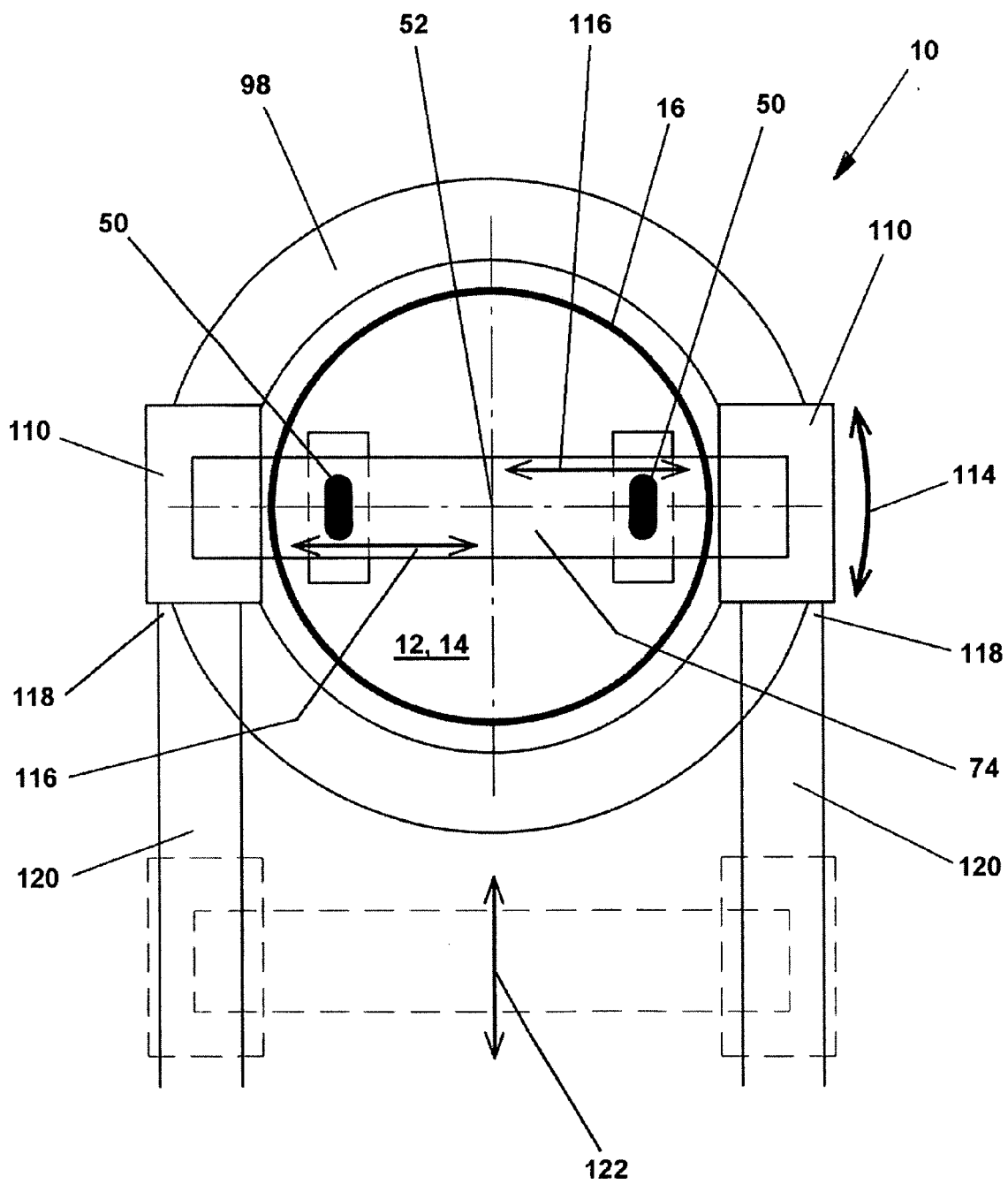


Fig. 4

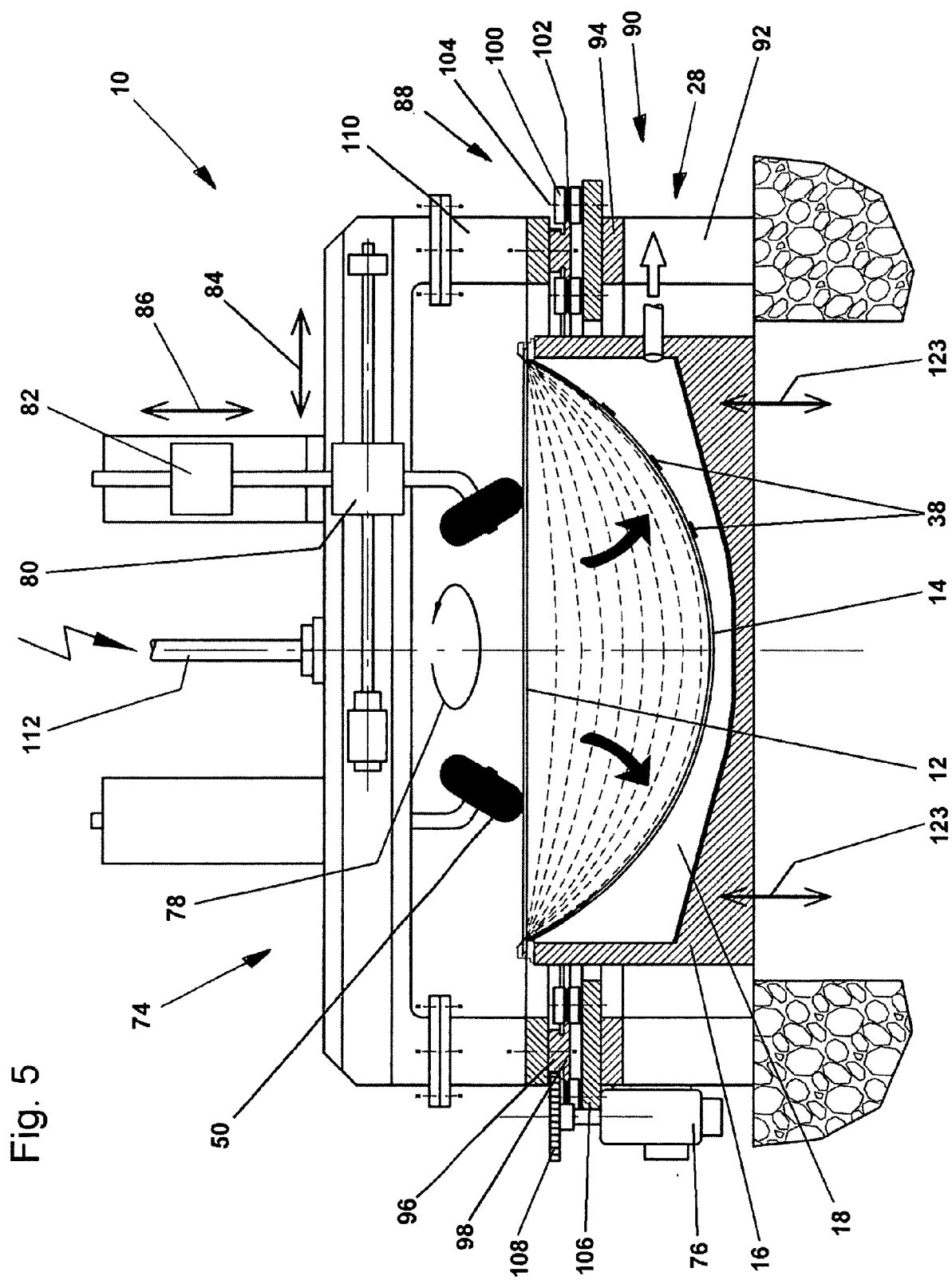


Fig. 5

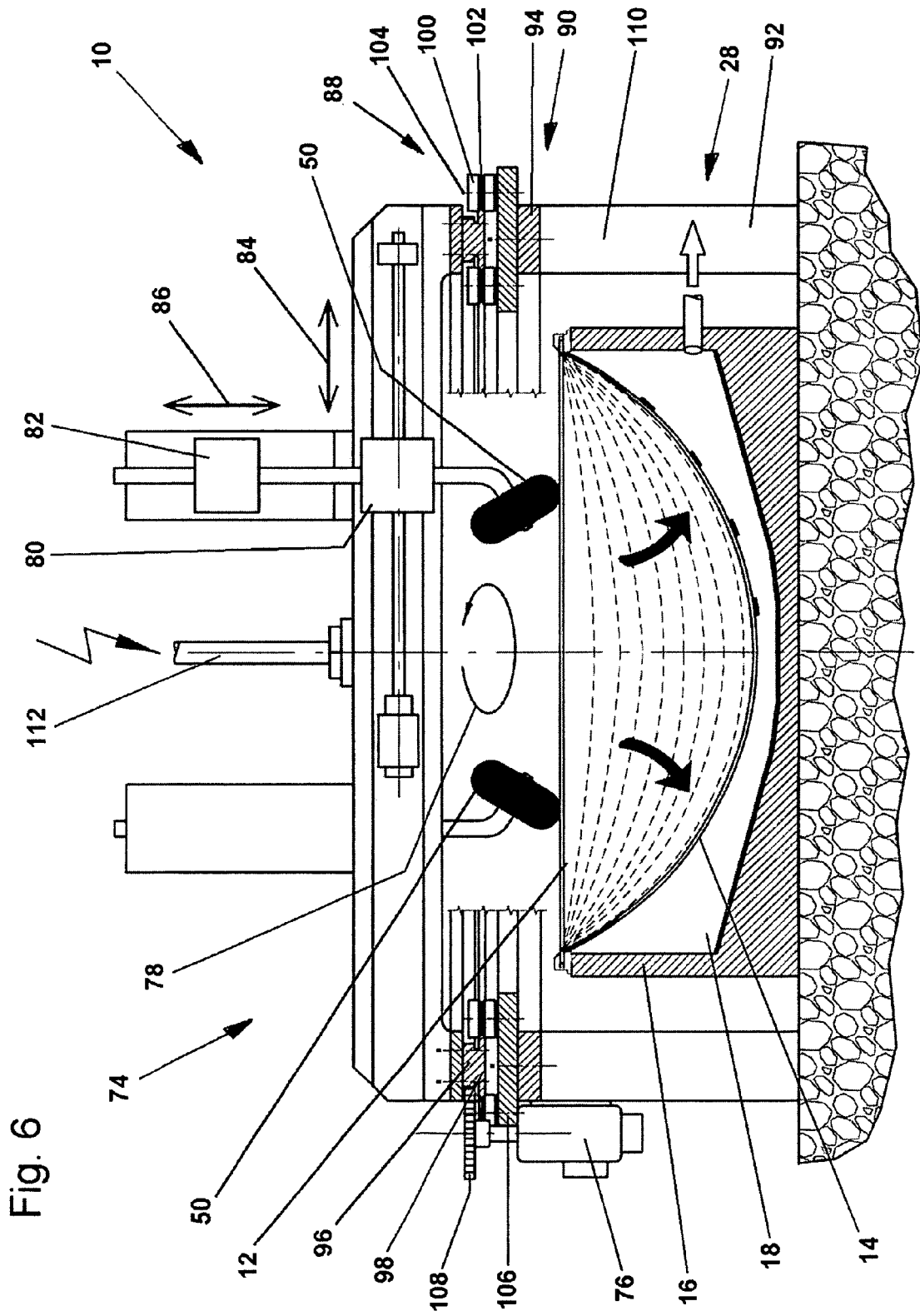


Fig. 6

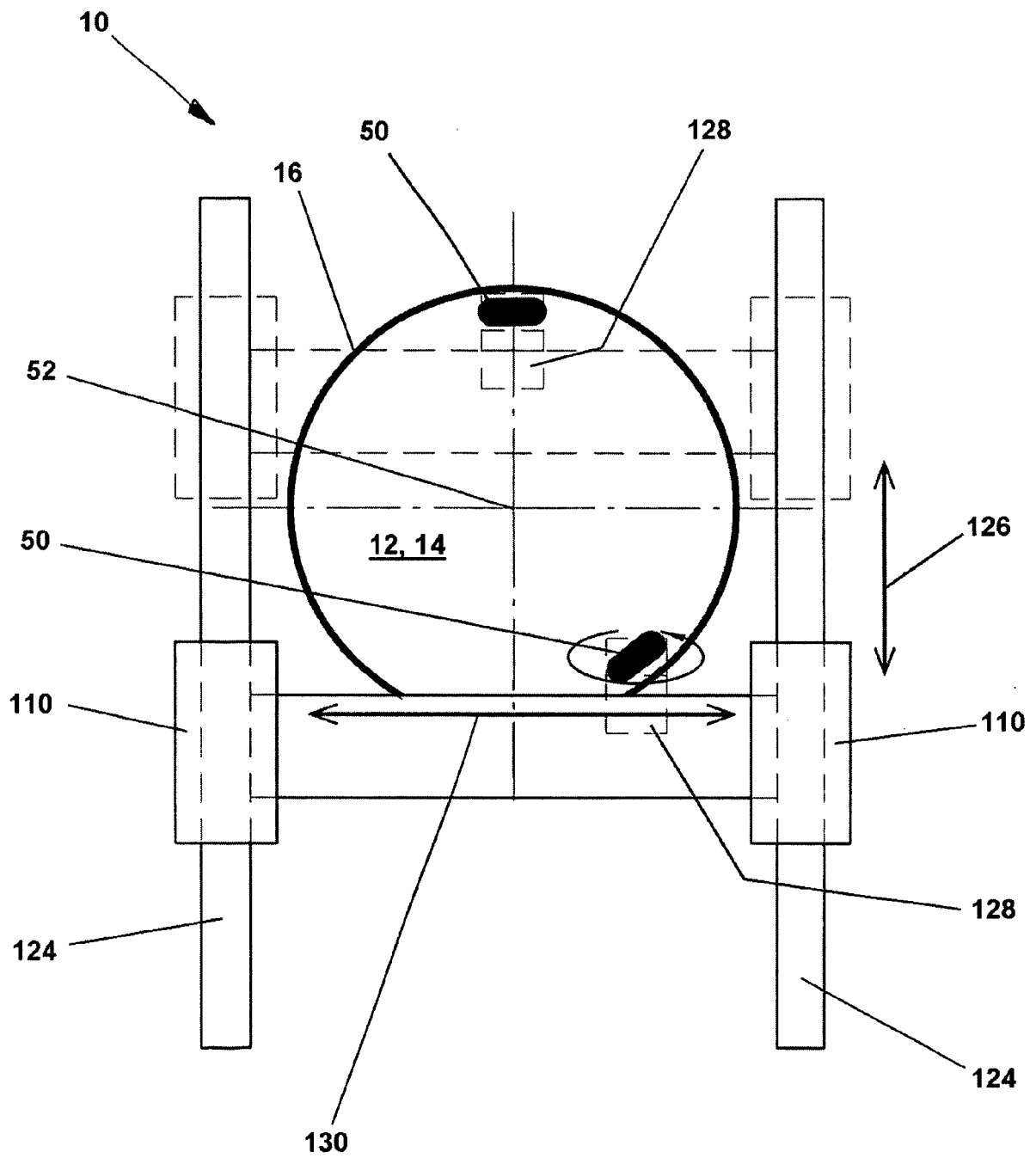


Fig. 7



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 06 01 0180

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 40 05 567 A1 (ENGELS, FRIEDRICH, 5632 WERMELSKIRCHEN, DE) 29. August 1991 (1991-08-29) * Spalte 2, Zeilen 5,6,37-40,42-58; Abbildungen 1,2 *	1,19,51	INV. B21D26/02 B21D22/18
X	----- US 3 340 101 A (JR. DAVIS S. FIELDS, ET AL) 5. September 1967 (1967-09-05) * Spalte 4, Zeilen 72-75 * * Spalte 5, Zeilen 19-21 * * Spalte 8, Zeilen 33-48 * * Abbildungen 1,7 *	19	
A,D	----- EP 0 457 358 A (ZEPPELIN-METALLWERKE GMBH) 21. November 1991 (1991-11-21) * das ganze Dokument *	1,2,6-8, 10, 18-21, 26, 31-33, 35-38	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 13. September 2006	Prüfer Knecht, Frank
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 : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 06 01 0180

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

13-09-2006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4005567 A1	29-08-1991	KEINE	
US 3340101 A	05-09-1967	FR 1485606 A	23-06-1967
EP 0457358 A	21-11-1991	DE 4016097 A1	28-11-1991
		US 5218849 A	15-06-1993

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

- GB 1468659 A [0004]
- EP 1285707 B1 [0004]
- US 3355920 A [0004]
- US 6006569 A [0005] [0009]
- DE 3842064 C2 [0006]
- EP 0593799 B1 [0008]
- EP 0457358 B1 [0009]
- US 3316745 A [0009]
- GB 201269 A [0009]