

(19)



(11)

EP 2 554 288 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
06.02.2013 Patentblatt 2013/06

(51) Int Cl.:
B21D 37/16 (2006.01) C22F 1/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12178269.2**

(22) Anmeldetag: **27.07.2012**

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

(72) Erfinder:
• **Lechner, Michael**
91710 Gunzenhausen (DE)
• **Prof. Dr.-Ing. Merklein, Marion**
90425 Nürnberg (DE)
• **Kuppert, Andreas**
91052 Erlangen (DE)

(30) Priorität: **05.08.2011 DE 102011080528**

(71) Anmelder: **Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg**
91054 Erlangen (DE)

(74) Vertreter: **Rau, Schneck & Hübner**
Patentanwälte - Rechtsanwälte
Königstraße 2
90402 Nürnberg (DE)

(54) **Verfahren und Werkzeug zur Wärmebehandlung von Aluminiumblechwerkstoff sowie nach einem derartigen Verfahren wärmebehandelter Aluminiumblechwerkstoff**

(57) Ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Aluminiumblechwerkstoff umfasst die Verfahrensschritte Bereitstellen von Aluminiumblechwerkstoff (8), Erwärmen des Aluminiumblechwerkstoffs (8) auf eine Temperatur (T) größer oder gleich einer Erwärmungstemperatur (T_{er}), Halten der Temperatur (T) während einer Erwärmungsdauer (t_{er}), Abschrecken mindestens eines Abschreckungsbereichs (10) des Aluminiumblechwerk-

stoffs (8) auf eine Temperatur (T) kleiner oder gleich einer Abschrecktemperatur (T_{schr}), wobei das Abschrecken innerhalb einer Abschreckdauer (t_{schr}) erfolgt, Abkühlen mindestens eines Abkühlungsbereichs (11) des Aluminiumblechwerkstoffs (8) auf eine Temperatur (T) kleiner oder gleich einer Abkühltemperatur (T_k), insbesondere Umgebungstemperatur (T_u), wobei das Abkühlen innerhalb einer Abkühldauer (t_k) erfolgt, die größer ist als die Abschreckdauer (t_{schr}).

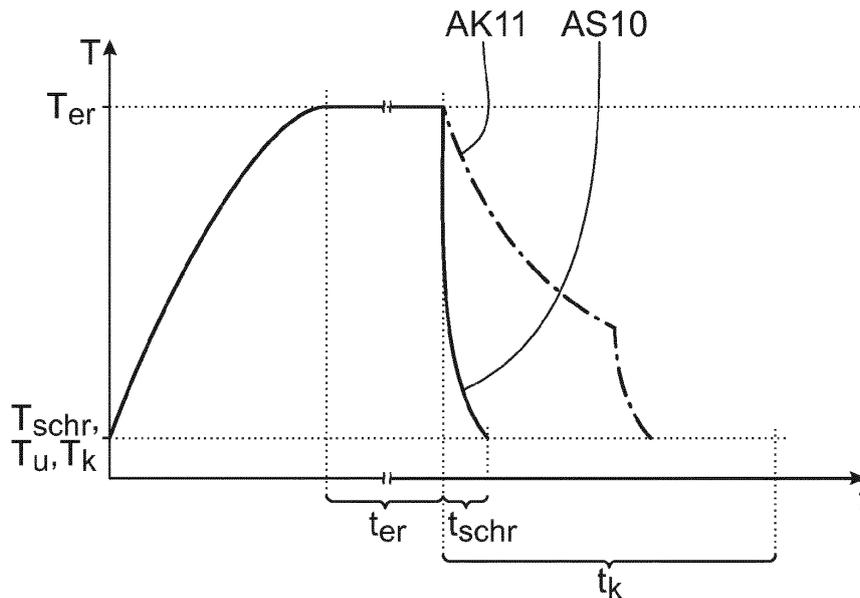


Fig. 4

EP 2 554 288 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Aluminiumblechwerkstoff, ein Werkzeug zur Durchführung eines derartigen Verfahrens und einen nach einem derartigen Verfahren wärmebehandelten Aluminiumblechwerkstoff.

[0002] Aluminiumblechwerkstoffe sind in verschiedenen Legierungszusammensetzungen als Leichtbauwerkstoff durch offenkundige Vorbenutzung bekannt. Es sind aushärtbare Aluminiumlegierungen bekannt, die als Hauptlegierungselemente Silizium und Magnesium aufweisen. Weitere Legierungselemente können enthalten sein. Derartige Aluminiumlegierungen werden gemäß einem internationalen Standard in einer Klasse mit der Bezeichnung AA6xxx zusammengefasst. Derartige AlMg-Si-Legierungen weisen ein vergleichsweise hohes Umformvermögen auf, da die Legierungselemente Silizium und Magnesium bei der Herstellung des Aluminiumblechwerkstoffs nicht in gelöster Form sondern als übersättigter Mischkristall vorliegen. Dieser Werkstoffzustand ist zeitlich instabil, d. h. nach der Blechherstellung setzt ein spontaner Kaltauslagerungsprozess ein, wodurch die Festigkeit des Werkstoffes ansteigt und dessen Umformbarkeit reduziert wird. Alternativ kann der Aluminiumblechwerkstoff auch einem Warmauslagerungsprozess ausgesetzt werden. Zudem existieren ausscheidungshärtbare Aluminiumlegierungen mit den Hauptlegierungselementen Zink und Magnesium. Diese können analog kalt- und warmausgelagert werden und werden unter der Bezeichnung 7xxx zusammengefasst. Aus dem Fachbuch "Kontinuierliche Zeit-Temperatur-Ausscheidungsdiagramme von Al-Mg-Si-Legierungen" von Milkereit, Shaker Verlag, 2011, ist bekannt, dass ein Abschrecken mit einer Abschreckgeschwindigkeit im Anschluss an ein Lösungsglühen der Aluminiumlegierung die Härte des derart wärmebehandelten Werkstoffes beeinflusst. Mit sinkender Abkühlgeschwindigkeit nehmen die Härte und Festigkeit des Blechwerkstoffs ab.

[0003] Aus der DE 196 20 196 A1 und aus der DE 10 2010 033 864 A1 sind Verfahren zur Wärmebehandlung von Aluminiumblechwerkstoff bekannt. Lokal begrenzte Bereiche eines Zuschnittes des Aluminiumblechwerkstoffs, der auch als Aluminiumplatte bezeichnet wird, werden erwärmt, um damit eine lokal begrenzte Entfestigung des Werkstoffes zu bewirken. Dadurch ist es möglich, eine Aluminiumplatte herzustellen, die lokal unterschiedliche Werkstoffeigenschaften aufweist, die beispielsweise für einen nachfolgenden Umformprozess optimiert sind. Später umzuformende Bereiche der Platte werden entfestigt, um einen Werkstofffluss aus diesen Bereichen zu erleichtern und gleichzeitig die erforderlichen Umformkräfte zu reduzieren. Bereiche der Platte, die während der Umformung kraftübertragende Funktion haben, werden nicht entfestigt. Ein nachfolgender Umformprozess der so wärmebehandelten Platte kann in einem kalten Zustand erfolgen wie beispielsweise bei Raumtemperatur. Die genannten Verfahren erfor-

dern aufwändige Wärmebehandlungsstrategien und -werkzeuge wie Laserstrahlquellen, wobei eine lokale Erwärmung des Blechwerkstoffes gewährleistet werden muss. Insbesondere für die Massenherstellung wärmebehandelter Platten für die Anwendung in der Automobilherstellung sind derartige Verfahren kaum geeignet. Darüber hinaus ist der Wärmebehandlungszustand der Platten auf Grund des nach der Wärmebehandlung spontan einsetzenden Kaltauslagerungsprozesses zeitlich instabil. Die Eingliederung eines derartigen Wärmebehandlungsprozesses in einen Fertigungsablauf ist kompliziert. Eine Störung des Wärmebehandlungsprozesses bewirkt eine Unterbrechung eines möglicherweise nachfolgenden Umformprozesses.

[0004] Der Erfindung liegt demnach die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Aluminiumblechwerkstoff derart zu schaffen, dass eine Einstellung lokal maßgeschneiderter Werkstoffeigenschaften des Aluminiumblechwerkstoffes erleichtert ist.

[0005] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Der Kern der vorliegenden Erfindung liegt darin, dass die Werkstoffeigenschaften von Aluminiumblechwerkstoff lokal unterschiedlich einstellbar sind, indem verschiedene Abkühlvorgänge lokal unterschiedlich auf dem Aluminiumblechwerkstoff angewendet werden. Unter verschiedenen Abkühlvorgängen wird verstanden, dass die Abkühlvorgänge mit verschiedenen Abkühlgeschwindigkeiten durchgeführt werden, d.h. dass das Abkühlen des Aluminiumblechwerkstoffes lokal unterschiedlich schnell erzwungen wird. Es ist vorteilhaft, wenn der Aluminiumblechwerkstoff als Aluminiumplatte zur Verfügung steht, da die Temperaturführung sowohl während des Erwärmens als auch während des Abkühlens mit höherer Genauigkeit möglich ist. Es ist aber auch möglich, den Aluminiumblechwerkstoff z.B. mit einer Haspel in Form eines Blechbandes kontinuierlich zur Verfügung zu stellen. Dadurch kann die Ausstoßrate des Verfahrens erhöht werden, da eine separate Handhabung einzelner Blechzuschnitte nicht erforderlich ist.

[0006] Während der Wärmebehandlung wird der Aluminiumblechwerkstoff zunächst auf eine Temperatur größer oder gleich einer Erwärmungstemperatur erwärmt. Dieser Erwärmungsschritt wird auch als Lösungsglühen bezeichnet. Je nach Legierungszusammensetzung des verwendeten Aluminiumblechwerkstoffes kann die Erwärmungstemperatur variieren. Für aushärtbare Aluminiumlegierungen mit den Legierungsbestandteilen Silizium und Magnesium, so genannte AlMgSi-Legierungen wie beispielsweise AA6016 oder AA6181, kann die Erwärmungstemperatur für das Lösungsglühen im Bereich zwischen 480°C und 540°C liegen. Die Temperatur wird auf einem Temperaturniveau größer oder gleich der Erwärmungstemperatur während einer Erwärmungsdauer, die beispielsweise etwa eine Stunde betragen kann, gehalten. Für AA6060 beträgt die Lösungsglühdauer ca. 20 Minuten. Das Einhalten der Erwärmungsdauer gewährleistet ein Lösen der Legierungsbestandteile in einem ausreichenden Maß. Anschließend erfolgt

ein Abschrecken mindestens eines Abschreckungsbereichs des Aluminiumblechwerkstoffs. Die Temperatur der Aluminiumplatte wird von der Erwärmungstemperatur auf eine Temperatur, die kleiner oder gleich einer Abschrecktemperatur ist, abgesenkt. Das Abschrecken erfolgt innerhalb einer Abschreckdauer, die beispielsweise mehr als 100 K/s, insbesondere mehr als 160 K/s betragen kann. Infolge des Abschreckens, d. h. durch das Abkühlen innerhalb kurzer Zeit, werden diffusionsgesteuerte Ausscheidungsvorgänge unterdrückt, so dass die Legierungselemente in einem zwangsgelösten Zustand vorliegen. In mindestens einem Abschreckungsbereich weist der Aluminiumblechwerkstoff beispielsweise eine vergleichsweise hohe Streckgrenze und eine hohe Zugfestigkeit auf. Weiterhin erfolgt ein Abkühlen mindestens eines Abkühlungsbereichs des Aluminiumblechwerkstoffs auf eine Temperatur kleiner oder gleich einer Abkühltemperatur, die beispielsweise die Umgebungstemperatur sein kann. Die Umgebungstemperatur kann beispielsweise Raumtemperatur sein. Das Abkühlen erfolgt innerhalb einer Abkühldauer, wobei die Abkühldauer größer ist als die Abschreckdauer. Das bedeutet, dass das Abkühlen mindestens eines Abkühlungsbereichs mit einer geringeren Abkühlungsgeschwindigkeit erfolgt als das Abschrecken mindestens einen Abschreckungsbereichs. Der Abschreckungsbereich und der Abkühlungsbereich können aneinander angrenzen, sind jedoch geometrisch von einander getrennt. Die beiden Bereiche überlagern sich nicht. Dadurch weisen der Abschreckungsbereich und der Abkühlungsbereich voneinander verschiedene mechanische Eigenschaften auf. Insbesondere ist es möglich, beispielsweise die Streckgrenze und/oder die Festigkeit in dem Abkühlungsbereich gegenüber den korrespondierenden Werten in dem Abschreckungsbereich gezielt zu reduzieren. Als besonders vorteilhaft hat sich herausgestellt, dass ein Unterschied der eingestellten Werkstoffeigenschaften in dem Abschreckungsbereich und in dem Abkühlungsbereich qualitativ zeitlich stabil ist. Das bedeutet, dass trotz einer spontan einsetzenden Kaltauslagerung, ein infolge der Wärmebehandlung erzeugter Differenzbetrag der mechanischen Eigenschaften im Wesentlichen näherungsweise unverändert bleibt. Beispielsweise kann ein nachgelagerter Umformprozess, insbesondere zeitlich und räumlich, entkoppelt von der Wärmebehandlung des Aluminiumblechwerkstoffs erfolgen.

[0007] Das Verfahren zur Wärmebehandlung gemäß der vorliegenden Erfindung ermöglicht die Herstellung von Aluminiumblechwerkstoff mit lokal maßgeschneiderten, qualitativ zeitstabilen Werkstoffeigenschaften. Insbesondere ist es möglich, die Werkstoffeigenschaften direkt während der Herstellung des Aluminiumblechwerkstoffs einzustellen. Eine nachgelagerte Wärmebehandlung, die bei den Verfahren gemäß dem Stand der Technik durch eine zusätzliche lokale Erwärmung vorgefertigter Platinen erfolgt, ist bei dem vorliegenden Verfahren nicht erforderlich. Es ist auch möglich, das erfindungs-

gemäße Verfahren für eine bereits hergestellte, insbesondere ausgehärtete Aluminiumplatte anzuwenden beispielsweise in einem blechverarbeitenden Betrieb wie Automobil- oder Flugzeughersteller oder deren Zulieferer.

[0008] Es ist insbesondere möglich, mehrere Abkühlungsbereiche und/oder mehrere Abschreckungsbereiche auf der Aluminiumplatte vorzusehen. Zudem ist es möglich, Abschreckungsbereiche vorzusehen, wobei die jeweiligen Abschreckdauern der Abschreckungsbereiche voneinander verschieden sind. Damit ist es möglich, eine Aluminiumplatte mit einer größeren Gestaltungsvielfalt hinsichtlich der einzustellenden mechanischen Eigenschaften herzustellen. Insbesondere ist es möglich, benachbarte Abschreckungsbereiche derart einzustellen, dass ein abgestufter Übergang der Werkstoffeigenschaften wie beispielsweise von einer hohen Zugfestigkeit in dem Abschreckungsbereich hin zu stufenweise reduzierten Festigkeiten in weiteren Abschreckungsbereichen realisiert wird. Wesentlich für die Einstellung der Werkstoffeigenschaften ist die Abschreckrate, d. h. eine Abkühlung pro Zeit.

[0009] Bei einem Verfahren nach Anspruch 2 kann die Abschreckgeschwindigkeit und damit die Abschreckdauer eingestellt werden. Die Wärmeabfuhr von dem mindestens einen Abschreckungsbereich der Aluminiumplatte ist durch ein Abschreckmedium gegenüber einer Abkühlung an Luft erhöht. Wasser ist als Abschreckmedium besonders geeignet und insbesondere vielerorts verfügbar. Insbesondere erfolgt das Abschrecken durch gezieltes Zuführen des Abschreckmediums in dem Abschreckungsbereich. Es ist auch möglich, andere Abschreckmedien, insbesondere Öl oder gasförmige Abschreckmedien wie beispielsweise N₂ oder CO₂ zu verwenden.

[0010] In einem Verfahren nach Anspruch 3 erfolgt das Abkühlen von mindestens einem Abkühlungsbereich an Luft. Ein derartiger Abkühlvorgang ist mit geringem apparativem Aufwand umsetzbar. Das Abkühlen kann zusätzlich dadurch verzögert werden, dass der Abkühlungsbereich durch Stahlplatten abgedeckt ist. In diesem Fall wirken die Stahlplatten als Wärmespeicher, so dass eine verlangsamte Wärmeabgabe von dem Abkühlungsbereich über die Stahlplatten an die Umgebung resultiert.

[0011] Bei einem Verfahren nach Anspruch 4 ist das Abschrecken mit hoher Zuverlässigkeit durchführbar. Insbesondere kann ein versehentliches Abschrecken des Abkühlungsbereichs vermieden werden, da der mindestens eine Abkühlungsbereich mittels eines Werkzeugs abgeschirmt ist. Für den Fall, dass während des Abschreckens Abschreckmedium unerwünscht mit dem Werkzeug in Kontakt kommt, führt dies zu einer Abkühlung des Werkzeugs, wobei die Abkühlung im Vergleich zu dem Abschrecken verzögert erfolgt. Durch den Kontakt des Abschreckmediums mit dem Werkzeug wird dieses in den Randbereichen schneller abkühlen. Es entsteht ein Wärmeübergangsbereich, welcher sich auch in der Festigkeitsverteilung widerspiegelt.

[0012] Bei einem Verfahren nach Anspruch 5 sind der

Ablauf und die Durchführung zusätzlich vereinfacht. Dadurch, dass der Aluminiumblechwerkstoff bereits vor dem Erwärmen in ein Werkzeug eingelegt und gemeinsam mit diesem erwärmt wird, kann es vermieden werden, den Aluminiumblechwerkstoff in einem erwärmten Zustand in ein gegebenenfalls kaltes Werkzeug einlegen zu müssen. Die Handhabung des Aluminiumblechwerkstoffs ist vereinfacht.

[0013] Ein Verfahren nach Anspruch 6 ermöglicht eine zielgerichtete Auslegung einer herzustellenden Aluminiumplatte mit lokal maßgeschneiderten Werkstoffeigenschaften. Mittels eines numerischen Berechnungsverfahrens ist es möglich, für eine nachfolgende Umformung der Platte sowohl erforderliche mechanische Eigenschaften als auch deren Anordnung und Ausdehnung auf der Platte zu berechnen. Auf Basis der so berechneten Verteilung der mechanischen Eigenschaften können Abkühlungsbereiche und Abschreckungsbereiche für die Wärmebehandlung festgelegt werden.

[0014] Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Aluminiumblechwerkstoff mit lokal maßgeschneiderten Werkstoffeigenschaften bereitzustellen.

[0015] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 7 gelöst. Der Kern der Erfindung liegt darin, dass Aluminiumblechwerkstoff anhand des vorstehend beschriebenen Verfahrens wärmebehandelt wird. Ein derart wärmebehandelter Blechwerkstoff weist insbesondere qualitativ zeitstabile mechanische Eigenschaften auf.

[0016] Ein Aluminiumblechwerkstoff nach Anspruch 8 ermöglicht und/oder vereinfacht einen nachgelagerten Umformprozess.

[0017] Ein Aluminiumblechwerkstoff nach Anspruch 9 gewährleistet eine Weiterverarbeitung, insbesondere eine Umformung, des Aluminiumblechwerkstoffs mit zeitlichem Abstand. Ein Zeitintervall, innerhalb dessen ein Differenzbetrag der mechanischen Eigenschaften zwischen dem mindestens einen Abschreckungsbereich und dem mindestens einen Abkühlungsbereich stabil ist, beträgt insbesondere mehr als 50 Stunden, insbesondere mehr als 150 Stunden und insbesondere mehr als 1000 Stunden. Dadurch ist es möglich, den Blechherstellungs-, Blechwärmebehandlungs- und Blechumformprozess voneinander zu entkoppeln. Insbesondere ist es möglich, den Blechwerkstoff an einem ersten Ort wie beispielsweise in einem Blechherstellungsbetrieb herzustellen sowie einer entsprechenden Wärmebehandlung zu unterziehen und anschließend an einem weiteren Ort wie beispielsweise an einem weiterverarbeitenden Betrieb, insbesondere zur Blechumformung bei einem Automobilhersteller zu transportieren, wobei sich ein Differenzbetrag der mechanischen Eigenschaften innerhalb eines zulässigen, vordefinierten Zeitintervalls zwischen Blechherstellung und -weiterverarbeitung nicht verändert. Für die Weiterverarbeitung einer derart hergestellten Platte kann es vorteilhaft sein, anhand eines Referenzbauteils, das identisch wärmebehandelt wurde wie der Abkühlungsbereich oder der Abschreckungsbereich,

zu analysieren, um auf weitere, für die Umformung der Aluminiumplatte erforderliche Werkstoffkennwerte rückschließen zu können.

[0018] Bei einem Aluminiumblechwerkstoff nach Anspruch 10 ist eine Reduzierung einer erforderlichen Umformkraft in großem Umfang möglich.

[0019] Ein Aluminiumblechwerkstoff nach Anspruch 11 hat sich als besonders geeignet erwiesen, um ein Profil der Werkstoffeigenschaften gemäß der vorliegenden Erfindung einzustellen. Diese aushärtbaren Aluminiumlegierungen lassen sich klassenweise wie folgt zusammenfassen:

- Klasse 6xxx: Al Mg Si
- Klasse 2xxx: Al Cu (Si, Mn), Al Cu Mg, Al Cu (Mg) Li
- Klasse 7xxx: Al Zn Mg, Al Zn Mg Cu

[0020] Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Werkzeug bereitzustellen, das eine Wärmebehandlung von Aluminiumblechwerkstoff vereinfacht.

[0021] Diese Aufgabe ist mit einem Werkzeug gemäß Anspruch 12 gelöst. Der Kern der Erfindung liegt darin, dass das Werkzeug zweiteilig ausgeführt ist und zwei miteinander verbindbare Werkzeughälften umfasst, wobei mindestens eine der Werkzeughälften eine Öffnung derart aufweist, dass ein Abschreckungsbereich der Aluminiumplatte von außerhalb des Werkzeugs zugänglich ist. Diese Werkzeughälfte ist maskenartig ausgeführt. Die Öffnung kann beispielsweise als Ausnehmung in Form einer Bohrung der Werkzeughälfte ausgeführt sein. Es ist auch möglich, dass die Öffnung im Randbereich der Werkzeughälfte ausgeführt ist. Insbesondere ist es möglich, dass zur Herstellung mehrerer Abschreckungsbereiche der Aluminiumplatte mehrere voneinander unterschiedliche Öffnungen vorgesehen sind. Dadurch ist es möglich, die Abschreckungsbereiche der Aluminiumplatte durch die Öffnungen gezielt, gegebenenfalls separat, mit einem Abschreckmedium abzuschrecken. Die übrigen, nicht zugänglichen Bereiche der Aluminiumplatte stellen somit die Abkühlungsbereiche dar, die durch das Werkzeug vor einer Abschreckung durch das Abschreckmedium geschützt sind. Zudem kann die Dicke des Werkzeuges lokal variiert und damit die Abkühlgeschwindigkeiten maßgeschneidert angepasst werden. Derselbe Effekt kann erzielt werden, indem lokal unterschiedliche Materialien verwendet werden, wie etwa Kupfer statt Stahl. Das erfindungsgemäße Werkzeug ist einfach herzustellen und ermöglicht eine direkte und unkomplizierte Durchführung eines lokal maßgeschneideren Abschreckungsvorgangs.

[0022] Ein Werkzeug nach Anspruch 13 ist unkompliziert und insbesondere kostenreduziert herstellbar. Insbesondere ist es möglich, die plattenförmigen Werkzeughälften aus Stahl herzustellen. Stahl ist einerseits gut bearbeitbar und vereinfacht somit die Herstellung des Werkzeugs an sich. Darüber hinaus ist Stahl gut geeignet, die während der Erwärmung bei der Herstellung der

Aluminiumplatte aufgenommene Wärme in den Abkühlungsbereichen kontinuierlich und gegenüber dem Abschreckungsbereichen zeitverzögert abzugeben. Stahlplatten als Werkzeughälften können als Puffer bei der Wärmeabgabe wirken. Eine Entfestigung in den Abkühlungsbereichen ist zusätzlich gesichert. Ein unbeabsichtigtes Abschrecken der Abkühlungsbereiche kann vermieden werden. Es ist auch möglich, andere Werkzeuwerkstoffe zu verwenden.

[0023] Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens, des entsprechenden Werkzeugs und damit hergestellten Aluminiumblechwerkstoffs werden im Folgenden anhand der Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Perspektivdarstellung einer Aluminiumplatte in einem erfindungsgemäßen Werkzeug,

Fig. 2 eine schematische Darstellung der wärmebehandelten Aluminiumplatte gemäß Fig. 1 mit Kennzeichnung von Bereichen lokaler variierender mechanischer Eigenschaften,

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Profils der Werkstoffeigenschaften entlang einer Linie III-III in Fig. 2,

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Temperatur-Zeit-Ablaufs der Aluminiumplatte bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Wärmebehandlung, und

Fig. 5 eine Darstellung einer ausgewählten mechanischen Eigenschaft eines Abschreckungsbereichs und eines Abkühlungsbereichs einer wärmebehandelten Aluminiumplatte.

[0024] Gemäß Fig. 1 umfasst ein erfindungsgemäßes Werkzeug 1 eine obere Werkzeughälfte 2 und eine untere Werkzeughälfte 3. Die beiden Werkzeughälften 2, 3 sind im Wesentlichen identisch ausgeführt und weisen jeweils eine der anderen Werkzeughälfte 2, 3 zugewandte Werkzeuginnenseite 4 und eine an der jeweiligen Werkzeughälfte 2, 3 der Werkzeuginnenseite 4 gegenüberliegende Werkzeugaußenseite 5 auf. Die obere und untere Werkzeughälfte 2, 3 weisen jeweils eine miteinander fluchtende Öffnung 6 auf, die einen Durchgang von der Werkzeugaußenseite 5 zu der Werkzeuginnenseite 4 ermöglichen. Gemäß dem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Werkzeugs 1 weisen die Öffnungen 6 in einer den Werkzeugseiten 4, 5 parallelen orientierten Ebene eine kreisförmige Grundform auf. Es ist auch möglich, dass die Öffnungen 6 mit einer davon verschiedenen Grundform ausgeführt sind. Die Öffnungen 6 weisen eine Längsachse 7 auf, die gemäß dem gezeigten Ausführungsbeispiel senkrecht zu den Werkzeugsei-

ten 4, 5 orientiert ist. Es ist möglich, dass bei dem Werkzeug 1 mehrere, insbesondere voneinander unabhängige Öffnungen vorgesehen sind. Die Öffnungen können, wie in Fig. 1 dargestellt, eine Grundform mit einer geschlossenen Kontur aufweisen, also innerhalb der jeweiligen Werkzeughälfte 2, 3 angeordnet sein. Es ist auch möglich, dass eine oder mehrere Öffnungen in einem Randbereich der jeweiligen Werkzeughälfte 2, 3 angeordnet sind.

[0025] Die Werkzeughälften 2, 3 sind plattenförmig ausgeführt und aus Stahl, insbesondere aus Edelstahl hergestellt. Um die beiden Werkzeughälften 2, 3 miteinander zu verbinden, können mehrere, nicht dargestellte Schrauben, beispielsweise in Eckenbereichen der rechteckigen, insbesondere quadratischen Grundfläche der Werkzeughälften 2, 3 vorgesehen sein. Es sind auch andere Verbindungsarten für die beiden Werkzeughälften 2, 3 denkbar. Beispielsweise ist es möglich, die beiden Werkzeughälften 2, 3 entlang einer Außenkante mittels eines Scharniers schwenkbar miteinander zu verbinden und durch einen an einer dem Scharnier gegenüberliegenden Außenkante angeordneten Verschluss zu verriegeln. Eine derartige Verbindung erleichtert das Öffnen und Schließen des Werkzeugs 1.

[0026] Zwischen den beiden Werkzeughälften 2, 3 ist eine Aluminiumplatte 8 angeordnet. Die Aluminiumplatte 8 liegt jeweils an der Werkzeuginnenseite 4 der Werkzeughälften 2, 3 an. Die Aluminiumplatte 8 ist ein Blechzuschnitt aus einer Aluminiumlegierung, insbesondere aus einer aushärtbaren Aluminiumlegierung, wie beispielsweise einer AlZnMg(Cu)-Legierung oder AlMg-Si-Legierung, insbesondere AA6014, AA6016 oder AA6181. Gemäß dem gezeigten Ausführungsbeispiel hat die Aluminiumplatte 8 eine kreisförmige Grundfläche. Je nach beabsichtigter Weiterverarbeitung wird der Zuschnitt entsprechend gewählt. Der gezeigte Zuschnitt der Platte 8 kann für die umformtechnische Herstellung eines zylindrischen Napfes verwendet werden.

[0027] Durch die Öffnungen 6 in den Werkzeughälften 2, 3 ist die in dem Werkzeug 1 angeordnete Aluminiumplatte 8 von außerhalb des Werkzeugs 1 zugänglich. Die Öffnungen 6 sind von einem Abschirmabschnitt 9 der Werkzeughälften 2, 3 umgeben. Der Abschirmabschnitt 9 dient während eines Abschreckens der in dem Werkzeug 1 angeordneten Aluminiumplatte 8 zum Abschirmen darunter angeordneter Bereiche der Aluminiumplatte 8, die nachfolgend noch näher erläutert werden. Darüber hinaus dient der Abschirmabschnitt 9 zur kontrollierten und verzögerten Wärmeabgabe von der Aluminiumplatte 8 über die Werkzeughälften 2, 3 an die Umgebung.

[0028] Die Werkzeughälften 2, 3 können in einem über die Aluminiumplatte 8 hinausragenden Randbereich einen nicht dargestellten Kragen aufweisen, der über die jeweilige Werkzeuginnenseite 4 hervorsticht, so dass ein Spalt zwischen den beiden Werkzeughälften 2, 3 geschlossen ist. Dadurch wird vermieden, dass während eines Abkühlens des Werkzeugs 1 mit der darin ange-

ordneten Aluminiumplatte 8 Wärme über die Stirnseiten der Aluminiumplatte 8 abgegeben wird.

[0029] Indem die beiden Werkzeughälften 2, 3 mit Öffnungen 6 identisch ausgeführt sind, ist die Aluminiumplatte 8 beidseitig von außen zugänglich. Insbesondere bei der Wärmebehandlung von Dickblech mit einer Blechdicke von beispielsweise größer oder gleich 2 mm wird somit gewährleistet, dass die Werkstoffeigenschaften entlang der Blechdicke homogen verteilt sind. Eine nur einseitige Öffnung 6 in einer der beiden Werkzeughälften 2, 3 ist ebenfalls denkbar.

[0030] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Aluminiumplatte 8, die in dem Werkzeug 1 gemäß Fig. 1 wärmebehandelt worden ist. Die Aluminiumplatte 8 umfasst einen zentrisch angeordneten, kreisförmigen Abschreckungsbereich, der schraffiert dargestellt ist, sowie einen den Abschreckungsbereich 10 umgebenden Abkühlungsbereich 11.

[0031] Gemäß der qualitativen Darstellung in Fig. 3 weist die Aluminiumplatte 8 in dem Abschreckungsbereich 10 eine erhöhte Streckgrenze $R_{p0,2}$ auf. Analog gilt der gezeigte Zusammenhang - also erhöhte mechanische Kennwerte innerhalb des Abschreckungsbereichs 10 und verglichen dazu reduzierte mechanische Kennwerte in dem umgebenden Abkühlungsbereich 11 - beispielsweise für die Zugfestigkeit R_m oder die Härte des Werkstoffs. Ein Differenzbetrag ΔW zwischen den Werkstoffeigenschaften im Abschreckungsbereich 10 und im Abkühlungsbereich 11 beträgt mindestens 25 % der jeweiligen mechanischen Werkstoffeigenschaft des Abschreckungsbereichs 11 und insbesondere bis zu 50 % der jeweiligen mechanischen Werkstoffeigenschaft des Abschreckungsbereichs 11. Dies gilt insbesondere für die Aluminiumlegierungen AA6016 T4 oder AA6181.

[0032] Wie in Fig. 3 angedeutet, hat die Streckgrenze $R_{p0,2}$ entlang des Profils der Aluminiumplatte 8 keinen exakt treppenförmigen Verlauf. An den Rändern der Bereiche 10, 11 ist jeweils ein Übergangsbereich gegeben.

[0033] Im Folgenden wird anhand der Fig. 1 und 4 das erfindungsgemäße Verfahren zur Wärmebehandlung der Aluminiumplatte 8 erläutert. Zunächst erfolgt ein Bereitstellen der Aluminiumplatte 8. Dies kann beispielsweise eine im Wesentlichen unbehandelte Aluminiumplatte bei einer Halbzeugherstellung beispielsweise bei einem Blechherstellungsbetrieb sein. Es ist auch möglich, dass auch eine bereits hergestellte und ausgelieferte Aluminiumplatte dem nachfolgend erläuterten Verfahren unterzogen wird. Die bereitgestellte Aluminiumplatte 8 wird in das Werkzeug 1 eingelegt. Anschließend wird das Werkzeug 1 geschlossen und die beiden Werkzeughälften 2, 3 miteinander verbunden, so dass die Aluminiumplatte 8 zwischen den beiden Werkzeughälften 2, 3 sicher gehalten ist. Für die nachfolgende Wärmebehandlung und insbesondere für eine abschließende Abkühlung des Werkzeugs 1 und der darin befindlichen Aluminiumplatte 8 kann es vorteilhaft sein, das Werkzeug 9 derart zu gestalten, dass Anpressdruck zwischen der jeweiligen Werkzeughälfte 2, 3 und der Aluminiumplatte

8 einstellbar ist. Dies ist insbesondere durch eine hydraulische Schließeinheit des Werkzeugs 1 möglich, wobei in die Werkzeughälften 2, 3 Drucksensoren derart integriert sein können, dass ein jeweiliger Anpressdruck ermittelt werden kann. Über eine zentrale Maschinensteuerung, die mit der hydraulischen Schließeinheit und/oder den Drucksensoren in den Werkzeughälften 2, 3 in Signalverbindung steht, kann ein Anpressdruck während der Wärmebehandlung und insbesondere während des Erwärmens und/oder des anschließenden Abkühlens überwacht und geregelt werden. Insbesondere ist es möglich, den Anpressdruck mittels der hydraulischen Schließeinheit während der Wärmebehandlung zu verändern.

[0034] Die Aluminiumplatte 8 wird ausgehend von einer Umgebungstemperatur T_U zusammen mit dem Werkzeug 1 auf eine Temperatur T erwärmt, die größer oder gleich einer Erwärmungstemperatur T_{er} ist. Das Erwärmen bzw. Aufheizen kann beispielsweise in einem nicht dargestellten Ofen erfolgen. Eine derartige Erwärmungsstrategie ist unkompliziert und kostengünstig realisierbar. Es sind auch andere Erwärmungsstrategien möglich, wobei eine kontinuierliche, homogene Erwärmung der Aluminiumplatte 8 und des Werkzeugs 1 angestrebt werden sollte. Die Aluminiumlegierung gemäß dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist AA6016 und liegt in einem kalt ausgehärteten Zustand vor. Die Erwärmungstemperatur beträgt in diesem Fall $T_{er} = 550^\circ\text{C}$.

[0035] Nach Erreichen der Erwärmungstemperatur T_{er} wird diese während einer Erwärmungsdauer t_{er} gehalten. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel beträgt die Erwärmungsdauer t_{er} eine Stunde. Während der Erwärmungsdauer werden die Legierungsbestandteile im Aluminiumgrundwerkstoff gelöst. Dieser Verfahrensschritt wird auch als Lösungsglühn bezeichnet.

[0036] Anschließend wird das Werkzeug 1 mit der darin eingelegten Aluminiumplatte 8 aus dem Ofen entnommen und der Abschreckungsbereich 10 der Aluminiumplatte 8 abgeschreckt. Dies erfolgt dadurch, dass der über die Öffnungen 6 von außerhalb des Werkzeugs 1 zugängliche Abschreckungsbereich 10 mit Wasser als Abschreckungsmedium beaufschlagt wird. Das Wasser hat vor dem Abschrecken eine Temperatur kleiner als die Umgebungstemperatur T_U . Dies kann beispielsweise die Temperatur sein, mit der das Wasser aus einer üblichen Nutzwasserleitung entnommen wird. Diese Temperatur beträgt beispielsweise zwischen 10°C und 15°C . Dadurch wird der Abschreckungsbereich 10 der Aluminiumplatte 8 auf eine Temperatur, die kleiner oder gleich einer Abschrecktemperatur T_{schr} ist, abgeschreckt. Die Abschrecktemperatur T_{schr} ist beispielsweise die Umgebungstemperatur T_U von etwa 20°C . Das Abschrecken erfolgt innerhalb einer Abschreckdauer t_{schr} , die wenige Sekunden, insbesondere weniger als eine Sekunde beträgt. Wesentlich für die Einstellung der mechanischen Eigenschaften in dem Abschreckungsbereich 10 ist die Abkühlgeschwindigkeit, die auch als Abschreckrate bezeichnet wird. Bei dem gezeigten Ausfüh-

rungsbeispiel beträgt die Abkühlgeschwindigkeit 161 K/s. Die Temperaturführung während des Abschreckens innerhalb des Abschreckungsbereichs 10 ist in der schematischen Diagrammdarstellung in Fig. 4 mit der durchgezogenen Linie AS 10 dargestellt.

[0037] Der Temperaturverlauf der Aluminiumplatte 8 im Abkühlungsbereich 11 ist hinsichtlich des Erwärms und des Haltens der Temperatur während der Erwärmungsdauer t_{er} identisch mit dem Temperatur-Zeit-Profil innerhalb des Abschreckungsbereichs 10. Da der Abkühlungsbereich 11 durch den Abschirmabschnitt 9 der oberen Werkzeughälfte 2 abgeschirmt ist, kommt der Abkühlungsbereich 11 mit dem Abschreckmedium Wasser nicht direkt in Kontakt. Entsprechend kühlt der Abkühlungsbereich 11 mit einer gegenüber dem Abschreckungsbereich 10 reduzierten Abkühlgeschwindigkeit von beispielsweise 0,8 K/s ab. Diese Abkühlgeschwindigkeit ergibt sich aus der Abkühlung der Stahlplatten 2, 3 durch freie Konvektion an die Umgebung. Das Abkühlen gilt als abgeschlossen, wenn der Abkühlungsbereich 11 der Aluminiumplatte 8 auf eine Temperatur kleiner oder gleich einer Abkühltemperatur T_k gesunken ist. Die Abkühltemperatur T_k kann beispielsweise die Umgebungstemperatur T_u sein. Das Abkühlen erfolgt innerhalb einer Abkühldauer t_k . Die Abkühldauer ist größer als die Abschreckdauer t_{schr} . Die äußeren Bereiche der Platine werden in der Regel 10-15 Minuten langsam abgekühlt. Sobald eine Temperatur von ca. 200°C erreicht ist, ist ein langsames Abkühlen nicht mehr nötig. Dann kann das gesamte Werkzeug bis auf Raumtemperatur mit Wasser abgeschreckt werden. Die Abkühlkurve des Abkühlungsbereichs 11 ist in Fig. 4 durch eine Strich-Punkt-Linie AK11 dargestellt.

[0038] Je nach Anforderung eines nachfolgenden Weiterverarbeitungsprozesses wie beispielsweise eines Umformprozesses des wie vorstehend beschriebenen wärmebehandelten Aluminiumblechwerkstoffs kann es sinnvoll sein, mehrere, insbesondere voneinander unabhängige Abschreckungsbereiche 10 auf der Platine 8 vorzusehen. Entsprechend ist es erforderlich, ein Werkzeug 1 mit verschiedenen angeordneten Öffnungen 6 vorzusehen. Die Gestaltung des Werkzeugs 1 und insbesondere die Anordnung, Größe und Verteilung der Öffnungen kann mittels eines numerischen Berechnungsverfahrens erfolgen. Um verschiedene Abkühlgeschwindigkeiten in verschiedenen Abschreckungsbereichen zu realisieren, können beispielsweise verschiedene Abschreckmedien eingesetzt werden. Es ist auch möglich, dass ein Abschreckmedium, wie beispielsweise Wasser, eingesetzt wird, wobei die Temperatur des Wassers vor dem Abschrecken für die verschiedenen Abschreckungsbereiche unterschiedlich gewählt wird. Entsprechend ergeben sich unterschiedliche Abkühlgeschwindigkeiten, die zu verschiedenen mechanischen Eigenschaften in den genannten Abschreckungsbereichen führen. Dadurch ist es beispielsweise möglich, einen Übergang der mechanischen Eigenschaften zwischen einem Abschreckungsbereich 10 und dem Abkühlungs-

bereich 11 wie in Fig. 3 dargestellt, stufenweise reduziert durch mehrere Abschreckungsbereiche abzubilden, um damit einen mehrstufigen, quasi kontinuierlichen Gradienten der Werkstoffeigenschaften in der Platine 8 einzustellen.

[0039] Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung der Streckgrenze $R_{p0,2}$ innerhalb des Abschreckungsbereichs 10 und des Abkühlungsbereichs 11 für die in Fig. 2 dargestellte Aluminiumplatte 8. Dargestellt ist die Streckgrenze $R_{p0,2}$ in Abhängigkeit einer Lagerungsdauer t_L der Aluminiumplatte 8. Zum Zeitpunkt t_0 weisen die Bereiche 10, 11 die Streckgrenze $R_{p0,2}$ auf, die in Fig. 3 dargestellt sind. Wie aus dem Stand der Technik bekannt, setzt auch bei der Aluminiumplatte 8 ein spontaner Kaltauslagerungsprozess ein, der zu einer Verfestigung der Bereiche 10, 11 führt. Da bei dem erfindungsgemäßen Verfahren jedoch die gesamte Platine 8, d. h. der Abschreckungsbereich 10 und der Abkühlungsbereich 11 gleichermaßen erwärmt und damit lösungsgeglüht worden sind, erfolgt die anschließende Kaltauslagerung gleichlaufend, d. h. ein Differenzbetrag ΔW zwischen der Streckgrenze $R_{p0,2}$ für den Abschreckungsbereich 10 und den Abkühlungsbereich 11 ändert sich mit fortschreitender Lagerungsdauer t_L nicht. D.h. die absolute Verfestigung ist in beiden Bereichen 10, 11 gleich. Das in Fig. 5 exemplarisch für die Streckgrenze $R_{p0,2}$ dargestellte Werkstoffverhalten gilt gleichermaßen für die Zugfestigkeit R_m . Das bedeutet, dass die Aluminiumplatte 8 zeitstabile, lokal maßgeschneiderte mechanische Werkstoffeigenschaften aufweist.

[0040] Insbesondere ist es dadurch möglich, eine Blechverarbeitung, beispielsweise durch Umformung mit größerer zeitlicher Verzögerung gegenüber einer vorgelegerten Wärmebehandlung durchzuführen, wobei die Werkstoffeigenschaften und insbesondere die Unterschiede der Werkstoffeigenschaften zwischen dem entfestigten Abkühlungsbereich und dem Abschreckungsbereich erhalten bleiben. Dies ist ein wesentlicher Vorteil gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren einer lokalen Wärmebehandlung zur Entfestigung lokal begrenzter Werkstoffbereiche. Dort unterliegen ausschließlich die lokal entfestigten Bereiche einer spontanen Kaltauslagerung, da nur diese Bereiche lokal wärmebehandelt wurden. Entsprechend führt die Kaltverfestigung bei einer lokal wärmebehandelten Platine sukzessive zu einer Änderung der Verhältnisse der Werkstoffeigenschaften. Insbesondere ist ein Differenzbetrag zwischen den Werkstoffeigenschaften des entfestigten, wärmebehandelten Bereichs und des Grundwerkstoffs veränderlich mit zunehmender Lagerungszeit t_L .

[0041] Im Anschluss an die Wärmebehandlung und Umformung kann die Platine warmausgelagert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Wärmebehandlung von Aluminium-

- blechwerkstoff, umfassend die Verfahrensschritte
- Bereitstellen von Aluminiumblechwerkstoff (8),
 - Erwärmen des Aluminiumblechwerkstoffs (8) auf eine Temperatur (T) größer oder gleich einer Erwärmungstemperatur (T_{er}),
 - Halten der Temperatur (T) während einer Erwärmungsdauer (t_{er}),
 - Abschrecken mindestens eines Abschreckungsbereichs (10) des Aluminiumblechwerkstoffs (8) auf eine Temperatur (T) kleiner oder gleich einer Abschrecktemperatur (T_{schr}), wobei das Abschrecken innerhalb einer Abschreckdauer (t_{schr}) erfolgt,
 - Abkühlen mindestens eines Abkühlungsbereichs (11) des Aluminiumblechwerkstoffs (8) auf eine Temperatur (T) kleiner oder gleich einer Abkühltemperatur (T_k), insbesondere Umgebungstemperatur (T_u), wobei das Abkühlen innerhalb einer Abkühldauer (t_k) erfolgt, die größer ist als die Abschreckdauer (t_{schr}).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Abschrecken durch Beaufschlagen des Abschreckungsbereichs (10) mit einem Abschreckmedium, insbesondere mit Wasser, erfolgt. 25
 3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** das Abkühlen an Luft, insbesondere **durch** freie Konvektion, erfolgt. 30
 4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** ein Abschirmen des Abkühlungsbereichs (11) mittels eines Werkzeugs (1) während des Abschreckens. 35
 5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aluminiumblechwerkstoff (8) vor dem Erwärmen in das Werkzeug (1) eingelegt und gemeinsam mit dem Werkzeug (1) erwärmt wird. 40
 6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** ein Bestimmen des Abkühlungsbereichs (11) und des Abschreckungsbereichs (10) mittels eines numerischen Berechnungsverfahrens erfolgt. 45
 7. Aluminiumblechwerkstoff hergestellt nach einem Verfahren der vorstehenden Ansprüche, wobei der Aluminiumblechwerkstoff (8) lokal maßgeschneiderte Werkstoffeigenschaften aufweist. 50
 8. Aluminiumblechwerkstoff nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abkühlungsbereich (11) gegenüber dem Abschreckungsbereich (10) eine um einen Differenzbetrag (ΔW) abweichende mechanische Werkstoffeigenschaft, insbesondere eine reduzierte Streckgrenze ($R_{p0,2}$) und/oder ei- 55
- ne reduzierte Zugfestigkeit (R_m), aufweist.
9. Aluminiumblechwerkstoff nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Differenzbetrag (ΔW) mindestens während eines Zeitintervalls (t_{um}) für eine Weiterverarbeitung, insbesondere für eine Umformung, stabil ist.
 10. Aluminiumblechwerkstoff nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Differenzbetrag (ΔW) mindestens 25 % der mechanischen Werkstoffeigenschaft des Abschreckungsbereichs (10) aufweist.
 11. Aluminiumblechwerkstoff nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aluminiumblechwerkstoff (8) eine aushärtbare Aluminiumlegierung aufweist.
 12. Werkzeug für eine Wärmebehandlung von Aluminiumblechwerkstoff, umfassend zwei miteinander verbindbare Werkzeughälften (2, 3), wobei mindestens eine der Werkzeughälften (2, 3) eine Öffnung (6) zur Zugänglichkeit zu einem Abschreckungsbereich (10) des Aluminiumblechwerkstoffs (8) aufweist.
 13. Werkzeug nach Anspruch 12, **gekennzeichnet durch** plattenförmige Werkzeughälften (2, 3), die insbesondere aus Stahl hergestellt sind.

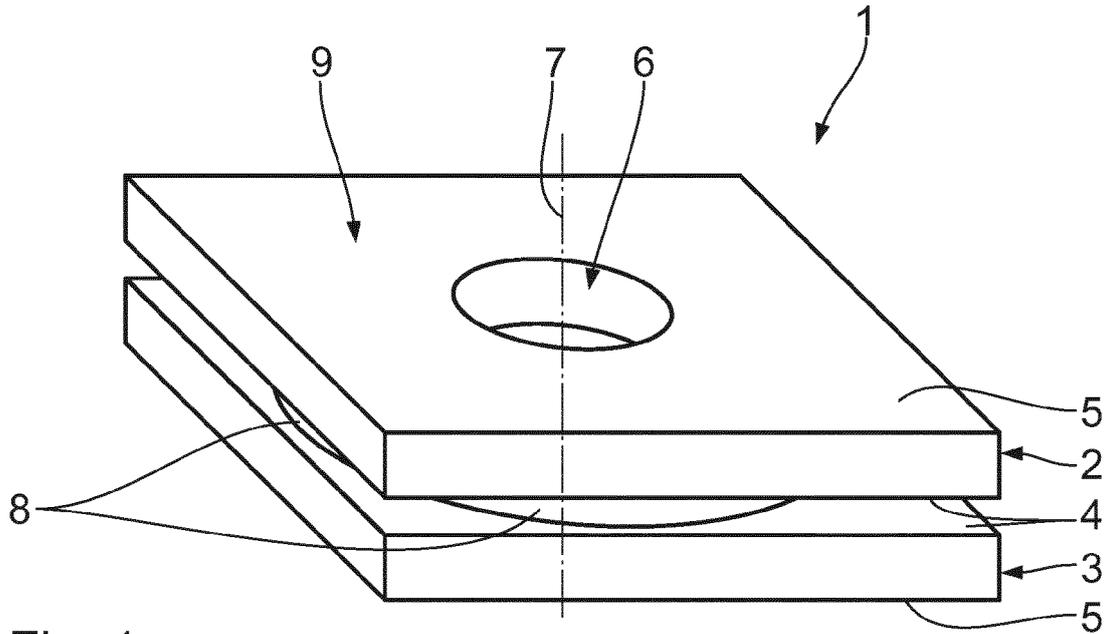


Fig. 1

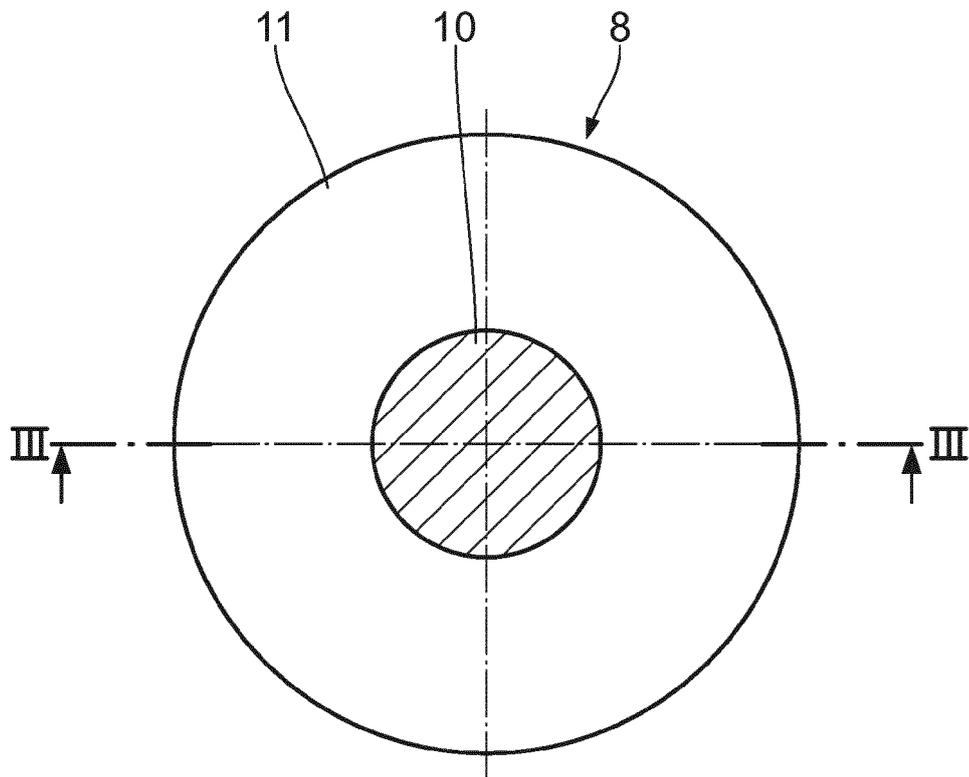


Fig. 2

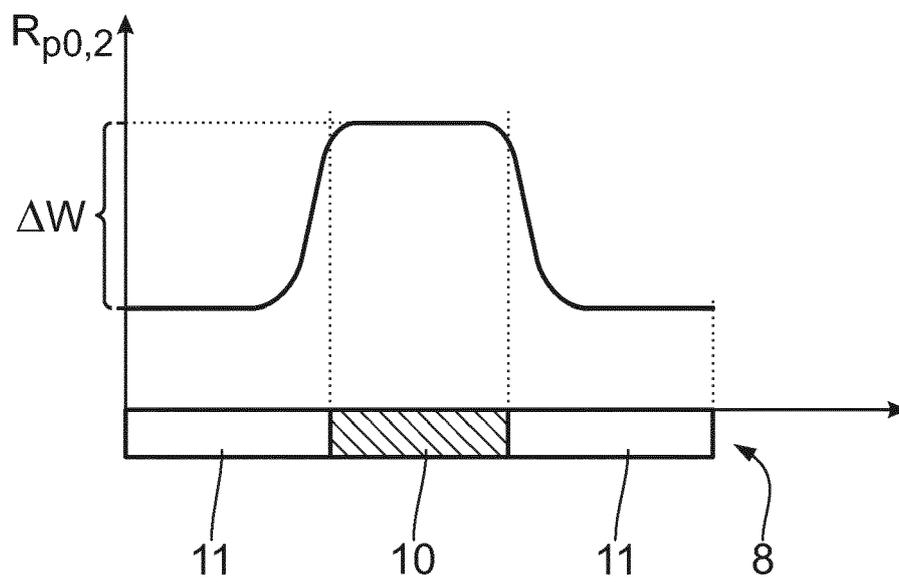


Fig. 3

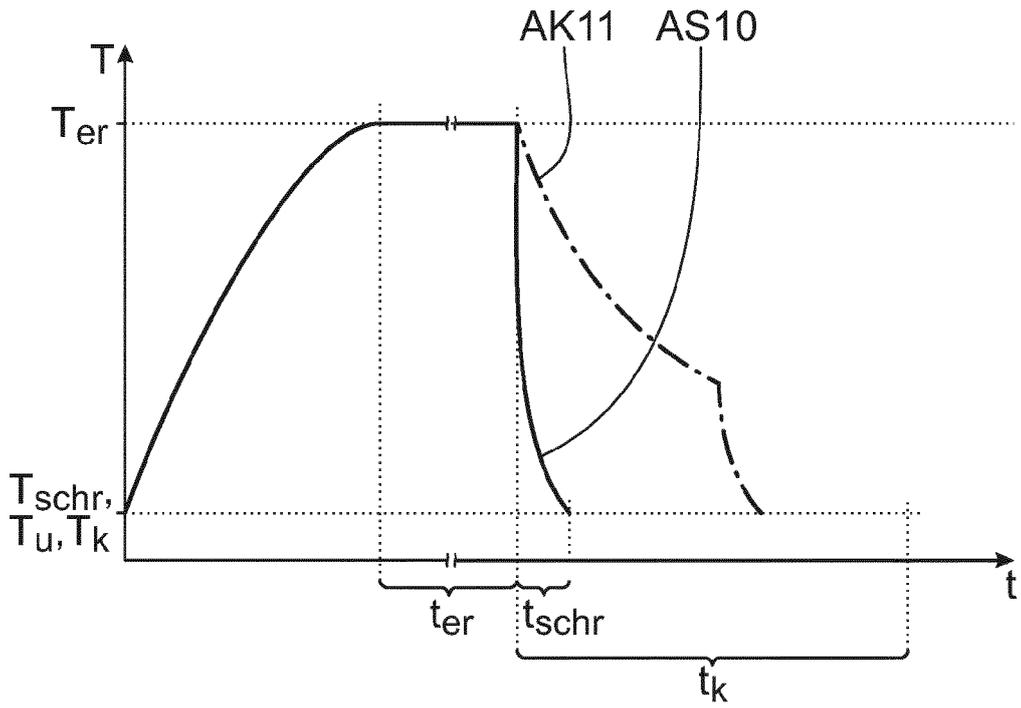


Fig. 4

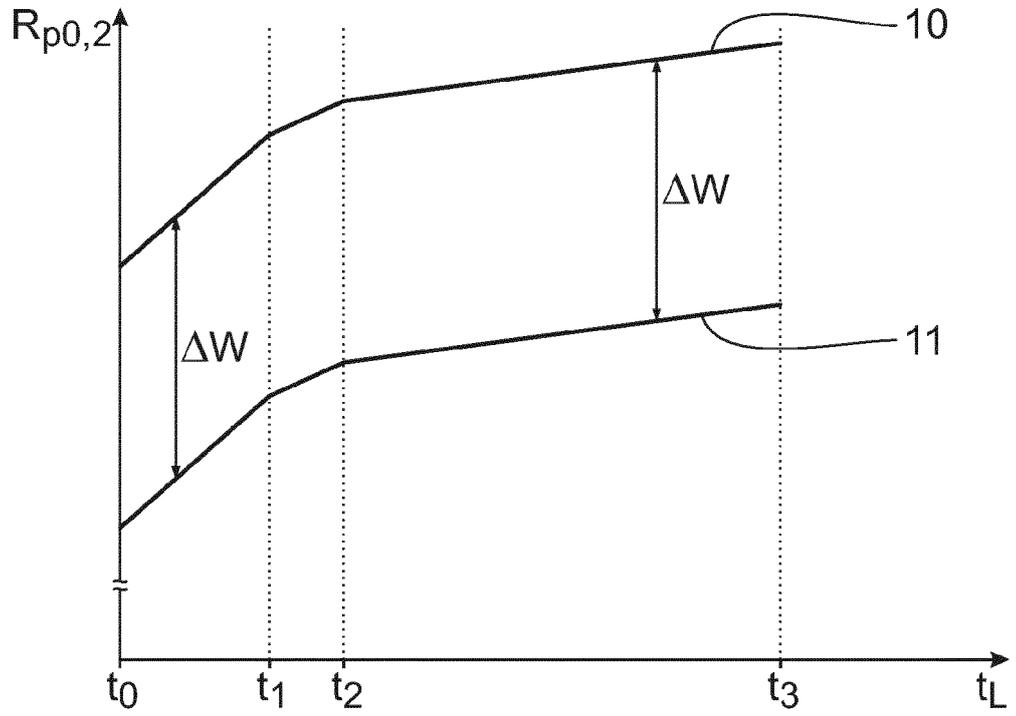


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 12 17 8269

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 103 29 981 A1 (BROSE FAHRZEUGTEILE [DE]) 17. Februar 2005 (2005-02-17) * das ganze Dokument *	1-11	INV. B21D37/16 C22F1/04
X	JP 2010 018850 A (AISIN KEIKINZOKU CO LTD) 28. Januar 2010 (2010-01-28) * Zusammenfassung *	1-11	
X	JP 2009 161851 A (FURUKAWA SKY ALUMINUM CORP) 23. Juli 2009 (2009-07-23) * Zusammenfassung; Abbildung 3 *	7-13	
A	BECKMANN MARION ET AL: "Methods of local short-term heat treatment of 6000 series aluminum alloys", METALL, HUETHIG, HEIDELBERG, DE, Bd. 56, Nr. 7-8, 1. Januar 2002 (2002-01-01), Seiten 462-467, XP009111952, ISSN: 0026-0746 * das ganze Dokument *	1-13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21D C22F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 10. Oktober 2012	Prüfer Swiatek, Ryszard
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 12 17 8269

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

10-10-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10329981 A1	17-02-2005	KEINE	
JP 2010018850 A	28-01-2010	KEINE	
JP 2009161851 A	23-07-2009	CN 101514436 A JP 2009161851 A KR 20090061604 A	26-08-2009 23-07-2009 16-06-2009

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19620196 A1 [0003]
- DE 102010033864 A1 [0003]