

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50159/2018 (51) Int. Cl.: **B29C 35/00** (2006.01)  
(22) Anmeldetag: 21.02.2018 **B29C 70/54** (2006.01)  
(43) Veröffentlicht am: 15.03.2019 **B32B 37/06** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
EP 2674447 A1  
DE 19803965 A1  
US 2016339647 A1

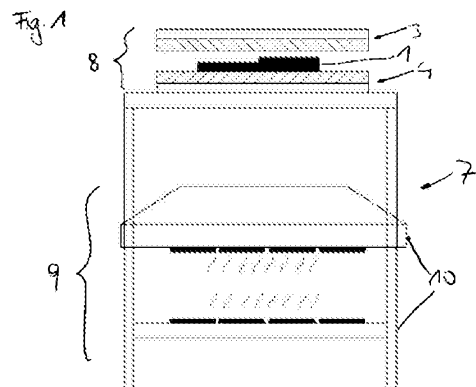
(71) Patentanmelder:  
ENGEL AUSTRIA GmbH  
4311 Schwertberg (AT)

(72) Erfinder:  
Wuschko Stefan Dipl.Ing.  
4020 Linz (AT)  
Zwicklhuber Paul MSc.  
4550 Kremsmünster (AT)

(74) Vertreter:  
Torggler Paul Mag.Dr.  
6020 Innsbruck (AT)

(54) **Verfahren zum Aufheizen von Halbzeugen**

(57) Verfahren zum Aufheizen von wanddickenunterschiedlichen faserverstärkten Halbzeugen (1) auf eine benötigte Temperatur oberhalb des Glasübergangsbereichs oder der Matrixschmelztemperatur einer Kunststoffmatrix des zu erwärmenden Halbzeugs (1), wobei in einem ersten Schritt das zu erwärmende Halbzeug (1) mittels Wärmeleitung bis unterhalb des Glasübergangsbereichs oder der Matrixschmelztemperatur erwärmt wird und in einem weiteren Schritt die restliche Wärmemenge zum Erreichen der benötigten Temperatur oberhalb des Glasübergangsbereichs oder der Matrixschmelztemperatur mittels Wärmestrahlung oder Wärmekonvektion eingebracht wird.



### Zusammenfassung:

Verfahren zum Aufheizen von wanddicken unterschiedlichen faserverstärkten Halbzeugen (1) auf eine benötigte Temperatur oberhalb des Glasübergangsbereichs oder der Matrixschmelztemperatur einer Kunststoffmatrix des zu erwärmenden Halbzeugs (1), wobei in einem ersten Schritt das zu erwärmende Halbzeug (1) mittels Wärmeleitung bis unterhalb des Glasübergangsbereiches oder der Matrixschmelztemperatur erwärmt wird und in einem weiteren Schritt die restliche Wärmemenge zum Erreichen der benötigten Temperatur oberhalb des Glasübergangsbereichs oder der Matrixschmelztemperatur mittels Wärmestrahlung oder Wärmekonvektion eingebracht wird.

(Fig. 1)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren, eine Vorrichtung zum Aufheizen von wanddickenunterschiedlichen faserverstärkten Halbzeugen und eine Heizanordnung mit einer solchen Vorrichtung.

Um Leichtbau betreiben zu können, werden vermehrt faserverstärkte Kunststoffe eingesetzt. Große Bedeutung bekommt dabei das Hinterspritzen oder das Funktionalisieren von unidirektional faserverstärkten Kunststoffen (Tapes) oder Organoblechen.

Beispielsweise werden bei der Verarbeitung von Tapes im Tapelegeprozess verschiedene Tapes mit unterschiedlichen Längen, Breiten und mit abweichenden Orientierungen abgelegt und aneinander fixiert. Die mechanischen Eigenschaften dieses Tapegeleges werden durch die einzelnen Faserorientierungen der Tapes bestimmt. Somit kann mit dem Tapelegeprozess ein Halbzeug aufgebaut werden, welches anschließend die geforderten Anforderungen erfüllt.

Diese lastpfadgerechte Auslegung führt in den meisten Fällen zu Halbzeugen, mit einem unterschiedlichen Dickenverlauf. Um ein solches Halbzeug umformen zu können, muss das Halbzeug auf eine Temperatur oberhalb der Glasübergangstemperatur des thermoplastischen Kunststoffes der Kunststoffmatrix der Tapes erhitzt werden. Der Einsatz von elektromagnetischer Strahlung, insbesondere Infrarotstrahlung, zur Erwärmung von thermoplastischen Halbzeugen und Folien ist Stand der Technik. Dabei wird von zumindest einer Strahlungsquelle elektromagnetische Strahlung emittiert. Diese Strahlung wird vom aufzuheizenden Halbzeug absorbiert. Die Absorption findet in erster Linie nahe der Eindringoberfläche der elektromagnetischen Strahlung statt. Eindringtiefe und Ausmaß der Absorption sind von der chemischen Struktur des Halbzeugs abhängig. Nach der Absorption der Wärmestrahlung wird die Wärmeenergie mittels Wärmeleitung im Halbzeug transportiert und verteilt. Eine gleichmäßige Verteilung der Wärmemenge in einem Halbzeug ist essentiell um eine einheitliche Temperatur zu bekommen. Da Kunststoffe generell schlechte Wärmeleiter sind und die absorbierte Strahlungsenergie mit steigendem Abstand zur emittierenden Strahlungsquelle abnimmt, ist es für eine homogene Erwärmung unumgänglich, dass

der Abstand zwischen Strahlungsquelle und absorbierendem Halbzeug konstant gehalten wird.

Besitzt ein Halbzeug mehrere Wandstärken, so ist eine homogene Erwärmung mittels Infrarotstrahlung äußerst schwierig. Einerseits soll der Abstand zur Strahlungsquelle konstant sein und andererseits benötigen Bereiche mit einer größeren/kleineren Wandstärke eine erhöhte/verringerte Wärmemenge. Um eine homogene Erwärmung zu ermöglichen, müsste jede Wandstärke des Halbzeugs eine eigene Temperaturregelzone sowie ein genau konturangepasstes Strahlungsmedium besitzen.

Diese Forderungen sind in der Regel nicht umsetzbar. Zum einen kann das Strahlungsmedium nicht genau der Kontur gepasst werden. Zum anderen würden sich dadurch viele Temperaturregelzonen ergeben, welche sich wiederum allesamt gegenseitig beeinflussen. Dies hat zur Folge, dass ein stabiler wiederholbarer Regelprozess nicht möglich ist.

Damit trotz dieser Probleme in der Praxis eine Aufheizung von Halbzeugen mit Wanddickensprüngen möglich ist, erfolgt die Regelung der Temperatur durch Überwachung der Temperatur an der/den kritischen Stelle/Stellen (das sind jene Stellen, an denen eine Überhitzung droht). Dies hat zur Folge, dass sich die gesamte Regelung der Heizzeit und der Heizleistung auf die dünnen Bereiche stützt, welche die eingestellte Regeltemperatur schneller erreichen als die dickeren Bereiche. Dadurch erhöht sich die Gesamtzykluszeit, da Bereiche mit dickeren Wandstärken ab dem Zeitpunkt bei dem der dünnere Bereich die Regelgröße erreicht hat, nur mehr jene Heizleistung zur Verfügung gestellt bekommt, um die dünneren Bereiche vor Überhitzen zu schützen. Somit wird die bei der Regelung des Halbzeugs als Halbzeug ohne Wanddickensprünge betrachtet, weshalb sich eine inhomogene Temperaturverteilung in Bereichen mit unterschiedlichen Wandstärken ergibt.

Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung eines Verfahrens, einer Vorrichtung sowie eine Heizvorrichtung, welche gegenüber dem Stand der Technik ein geometrie- und wanddickenunabhängiges Aufheizen eines Halbzeuges ermöglichen,

um eine wesentlich bessere Temperaturverteilung und eine Verkürzung der Gesamtzykluszeit zu erzielen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 6 und eine Heizvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 13 gelöst.

Die Erfindung setzt verschiedene Mechanismen der Wärmeübertragung ein. Im ersten Schritt ist dies die Wärmeeinbringung mittels Wärmeleitung (Kontaktheizung), im zweiten Schritt die Wärmeeinbringung durch Wärmestrahlung (bevorzugt Infrarot-Strahlung) oder Konvektion.

Um ein thermoplastisches Kunststoffhalbzeug (Halbzeug mit einer thermoplastischen Kunststoffmatrix) umformen zu können, muss zumindest so viel Wärmeenergie zugeführt werden, dass bei amorphen Kunststoffen zumindest der Glasübergangsbereich oder bei teilkristallinen Kunststoffen zumindest der Matrixschmelzpunkt erreicht wird. Um ein schnelleres und homogenes Aufheizen zu ermöglichen, wird der Aufheizvorgang auf zumindest zwei Prozessschritte aufgeteilt, die vorzugsweise in zwei verschiedenen Vorrichtungen, welche Heizstationen einer Heizvorrichtung bilden können, durchgeführt werden.

Im ersten Schritt wird das zu erwärmende Halbzeug zunächst in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung eingelegt und mittels Wärmeleitung bis unterhalb des Glasübergangsbereiches oder der Matrixschmelztemperatur erwärmt. Um eine möglichst homogene Temperaturverteilung im Halbzeug zu erreichen, müssen alle Dickensprünge, welche sich im Halbzeug befinden, auch in der Vorrichtung berücksichtigt werden. Somit kann eine gleichmäßige Wärmeeinbringung sichergestellt werden und resultiert in einer homogenen Temperaturverteilung im Halbzeug. Dies ermöglicht eine flexible Wärmeleitungsschicht, welche die Fähigkeit besitzt sich an die Oberfläche des Halbzeuges anzupassen.

In einem weiteren Schritt erfolgt die Übergabe in eine Vorrichtung, in der die restliche Wärmemenge zum Erreichen der benötigten Temperatur oberhalb des Glasübergangsbereichs oder der Matrixschmelztemperatur mittels Wärmestrahlung

eingebraucht wird. Die Übergabe muss natürlich erfolgen, bevor eine wesentliche Abkühlung des Halbzeugs stattgefunden hat. Da im vorangegangenen Prozessschritt bereits ein Großteil der Wärmemenge, welche für die Umformbarkeit benötigt wird, eingebracht wurde, kann ein Halbzeug mit unterschiedlichen Wanddicken bei der Wärmeeinbringung mittels Wärmestrahlung oder Wärmekonvektion als eben angesehen werden. Dadurch, dass die größte Wärmemenge im ersten Schritt eingebracht wird, stellt sich eine außerordentlich homogene Temperatur über den Querschnitt bzw. über die Fläche ein. Dies bringt im weiteren Schritt, der Wärmeeinbringung mittels Wärmestrahlung bzw. Wärmekonvektion, den Vorteil mit sich, dass nur noch eine geringe Wärmemenge eingebracht werden muss und so die Temperaturhomogenität erhalten bleibt. Weiters ist durch die Prozess- bzw. Verfahrensaufteilung auf ein mehrstufiges Verfahren eine wesentlich kürzere Aufheizzeit möglich.

Handelt es sich bei dem Halbzeug um ein Matrixmaterial aus einem technischen Kunststoff, wird das Halbzeug vorzugsweise auf eine Temperatur von bis zu 50 °C unterhalb des Glasübergangsbereichs oder der Matrixschmelztemperatur, besonders bevorzugt auf eine Temperatur, welche bis 30 °C unterhalb des Glasübergangsbereichs oder der Matrixschmelztemperatur liegt, erwärmt. Handelt es sich beim Halbzeug um einen Hochtemperaturkunststoff, so kann es auch vorkommen, dass die Temperatur mehr als 50 °C unterhalb des Glasübergangsbereiches bzw. der Matrixschmelztemperatur liegt.

Ein Beispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung wird wie folgt beschrieben:

Die Vorrichtung besteht aus einer oberen und unteren Werkzeughälfte, welche jeweils aus einer beheizbaren Grundplatte und einer flexiblen Wärmeleitungsschicht in Form eines flexiblen Werkzeugeinsatzes besteht. Für einen optimalen Wärmeübergang zwischen Einsatz und Halbzeug besteht die Möglichkeit, Druck über die beiden Werkzeughälften auf das Halbzeug auszuüben. Grundplatte und Gegenplatte sind bevorzugt axial zueinander beweglich angeordnet, so dass eine Öffnungs- und Schließbewegung durchgeführt werden kann und eine Kraft auf ein auf der Grundplatte abgelegtes Halbzeug aufgebracht werden kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Grundplatte als unbeweglich, die Gegenplatte axial beweglich ausgeführt.

In einer alternativen Ausführungsform ist die Gegenplatte als unbeweglich, die Grundplatte axial beweglich ausgeführt.

Alternativ können auch beide Platten zueinander beweglich ausgeführt sein.

Die Grundplatte, welche beheizt wird und die Wärme mittels Wärmeleitung an den flexiblen Einsatz transportiert, besitzt eine besonders hohe Wärmeleitfähigkeit.

Die flexible Wärmeleitungsschicht besteht aus einem Material, welches Wanddickenunterschiede von wenigen Millimeter vorzugsweise von weniger als 5 Millimeter, besonders bevorzugt von weniger als 3 Millimeter, ausgleichen kann.

Als Material kommen dafür vorzugsweise Elastomere, besonders bevorzugt Silikone zum Einsatz.

Um die Wärmeleitfähigkeit der flexiblen Wärmeleitungsschicht zu erhöhen, kann diese mit Füllstoffen gefüllt werden. Je nach Anwendungsfall kann die flexible Wärmeleitungsschicht ein kompaktes Volumen oder ein offen- oder geschlossenporiges Volumen besitzen. Alternative Ausführungsformen können mittels einem Fluid, einem feinen Material (Aluminiumpulver, Glasstaub, etc.) welches mit einer Membrane abgekapselt wird oder einem anderen Material, welches flexibel und wärmeleitfähig ist, realisiert werden.

Zur optimalen Nutzung des Bauraums befindet sich bei einem Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Heizvorrichtung die Vorrichtung zur Einbringung der Wärmemenge mittels Wärmeleitung (erste Heizstation) vorzugsweise oberhalb der Vorrichtung zur Einbringung der Wärmemenge mittels Wärmestrahlung oder Wärmekonvektion (zweite Heizstation).

Ein Verfahren zum Aufheizen eines Halbzeugs mit einer oben beschriebenen Heizvorrichtung erfolgt z. B. wie nachstehend beschrieben:

Das zu erwärmende Halbzeug wird auf den flexiblen/anformbaren wärmeleitfähigen Werkzeugeinsatz abgelegt. Anschließend werden Gegen- und Grundplatte zueinander bewegt und die Vorrichtung so in den geschlossenen Zustand gefahren. Die Schließbewegung kann dabei durch Verfahren der Gegenplatte, der Grundplatte oder beider Platten erfolgen.

Vorzugsweise wird mit der Schließbewegung ein definierter Druck auf das zu erwärmende Halbzeug ausgeübt. Dieser Druck dient der Fixierung des Halbzeugs, der Anpassung des flexiblen Einsatzes an die Kontur und weiters zur Verbesserung des Wärmeüberganges. Da die Platten vorzugsweise ständig beheizt werden, beginnt der Heizvorgang sobald die Platte das Halbzeug berührt.

Der Heizvorgang wird für eine bestimmte Zeit ausgeführt und richtet sich nach der benötigten Durchheizzeit für den dicksten Bereich des Halbzeuges. Die Durchheizzeit kann beispielsweise so gewählt werden, dass die Temperaturverteilung im Dickenprofil des Halbzeugs um weniger als 10 °C, vorzugsweise weniger als 5 °C, variiert.

Die Regeltemperatur ist vom Matrixmaterial der Kunststoffmatrix des zu erwärmenden Halbzeugs abhängig und befindet sich unter dem Glasübergangsbereich oder dem Matrixschmelzpunkt des Kunststoffes.

Nachdem die Heizzeit verstrichen ist, wird das vorgeheizte, noch warme Halbzeug in die zweite Heizstation für die Einbringung der Wärmemenge mittels Wärmestrahlung oder Wärmekonvektion eingelegt. In dieser wird das Halbzeug auf eine Temperatur oberhalb des Glasübergangsbereichs bzw. der Schmelztemperatur erwärmt. Nach Erreichen der Regeltemperatur wird die Temperatur noch eine gewisse Zeit gehalten, damit der gesamte Querschnitt gleichmäßig erwärmt wird. Diese Zeit ist einstellbar und abhängig von der Dicke des Halbzeugs.

Eine erfindungsgemäße Heizvorrichtung ist in den Figuren 1 und 2 dargestellt.

Die Heizvorrichtung 7 weist eine erste Heizstation 8 und eine zweite Heizstation 9 auf. Die zweite Heizstation 9 dient der Wärmeeinbringung mittels Wärmestrahlung oder Wärmekonvektion. Sie weist zwei Platten 10 auf, zwischen welchen das Halbzeug 1 nach dem Vorheizen in der ersten Heizstation platziert werden kann und muss nicht näher beschrieben werden, da sie dem Stand der Technik entspricht. Die Platten 10 können bekannte Heizelemente aufweisen.

Die erste Heizstation 8 ist in Figur 2a in einer geöffneten Stellung und in Figur 2b in einer geschlossenen Stellung dargestellt. Die erste Heizstation 8 weist eine erste (obere) Werkzeughälfte 3 und eine zweite (untere) Werkzeughälfte 4 auf. Diese bestehen jeweils aus einer beheizbaren Grundplatte 5, 6 und einer daran angeordneten flexiblen Wärmeleitungsschicht 2. Die für die Beheizung der Grundplatten 5, 6 erforderlichen Vorrichtungen sind nicht gezeigt, da sie dem Stand der Technik entsprechen.

Im Vergleich zwischen den Figuren 2a und 2b kann man erkennen, wie sich die flexible Wärmeleitungsschicht 2 an Wanddickenunterschiede des zu erwärmenden Halbzeugs 1 anpasst. Statt wie hier an beiden Werkzeughälften 3, 4 eine flexible Wärmeleitungsschicht 2 vorzusehen, könnte auch das Vorsehen nur einer flexiblen Wärmeleitungsschicht 2 an einer der beiden Werkzeughälften 3, 4 genügen. Die flexible(n) Wärmeleitungsschicht(en) 2 müsste(n) anders als dargestellt nicht unbedingt einstückig ausgebildet sein.

## Bezugszeichenliste:

- 1 Halbzeug
- 2 flexible Wärmeleitungsschicht
- 3 erste Werkzeughälfte
- 4 zweite Werkzeughälfte
- 5 Grundplatte der ersten Werkzeughälfte
- 6 Grundplatte der zweiten Werkzeughälfte
- 7 Heizvorrichtung
- 8 erste Heizstation
- 9 zweite Heizstation
- 10 Platten der zweiten Heizstation

Innsbruck, am 21. Februar 2018

## Patentansprüche:

1. Verfahren zum Aufheizen von wanddickenunterschiedlichen faserverstärkten Halbzeugen (1) auf eine benötigte Temperatur oberhalb des Glasübergangsbereichs oder der Matrixschmelztemperatur einer Kunststoffmatrix des zu erwärmenden Halbzeugs (1), dadurch gekennzeichnet, dass in einem ersten Schritt das zu erwärmende Halbzeug (1) mittels Wärmeleitung bis unterhalb des Glasübergangsbereiches oder der Matrixschmelztemperatur erwärmt wird und in einem weiteren Schritt die restliche Wärmemenge zum Erreichen der benötigten Temperatur oberhalb des Glasübergangsbereichs oder der Matrixschmelztemperatur mittels Wärmestrahlung oder Wärmekonvektion eingebracht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei im ersten Schritt das zu erwärmende Halbzeug (1) mittels Wärmeleitung auf eine Temperatur von bis zu 50 °C unterhalb des Glasübergangsbereichs oder der Matrixschmelztemperatur, besonders bevorzugt auf eine Temperatur, welche bis 30 °C unterhalb des Glasübergangsbereichs oder der Matrixschmelztemperatur liegt, erwärmt wird.
3. Verfahren nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, wobei im ersten Schritt Druck auf das zu erwärmende Halbzeug (1) ausgeübt wird.
4. Verfahren nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, wobei im ersten Schritt der Heizvorgang für eine Zeit ausgeführt wird, welche sich nach der benötigten Durchheizzeit für den dicksten Bereich des zu erwärmenden Halbzeugs (1) richtet.
5. Verfahren nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, wobei im weiteren Schritt nach Erreichen der benötigten Temperatur diese zur gleichmäßigen Erwärmung des Halbzeugs (1) für eine einstellbare Zeit gehalten wird.
6. Vorrichtung zum Aufheizen von wanddickenunterschiedlichen faserverstärkten Halbzeugen (1), dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung eine flexible Wärmeleitungsschicht (2) aufweist, welche an Wanddickenunterschiede des zu

erwärmenden Halbzeugs (1) anpassbar ist und durch welche Wärmeenergie mittels Wärmeleitung an das zu erwärmende Halbzeug (1) übertragbar ist.

7. Vorrichtung nach dem vorangehenden Anspruch, wobei eine erste - vorzugsweise obere - und eine zweite - vorzugsweise untere - Werkzeughälfte (3, 4) vorgesehen sind, zwischen welchen das zu erwärmende Halbzeug (1) anordenbar ist.
8. Vorrichtung nach dem vorangehenden Anspruch, wobei die erste und die zweite Werkzeughälfte (3, 4) jeweils eine beheizbare Grundplatte (5, 6) aufweisen und zumindest eine, vorzugsweise beide Werkzeughälften (3, 4), eine flexible Wärmeleitungsschicht (2) aufweist.
9. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Anpressvorrichtung zum Anpressen der flexiblen Wärmeleitungsschicht (2) an das zu erwärmende Halbzeug (1), so dass sich die flexible Wärmeleitungsschicht (2) an die Wanddickenunterschiede aufweisende Oberfläche des zu erwärmenden Halbzeugs (1) anlegt, vorgesehen ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8 und dem vorangehenden Anspruch, wobei die Anpressvorrichtung die erste und eine zweite Werkzeughälfte (3, 4) umfasst, welche zum Anpressen relativ zueinander bewegbar sind.
11. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die flexible Wärmeleitungsschicht (2) als Vakuummatte ausgebildet ist und nach erfolgtem Anlegen der flexiblen Wärmeleitungsschicht (2) an die Wanddickenunterschiede aufweisende Oberfläche des zu erwärmenden Halbzeugs (1) durch Anlegen eines Vakuums in ihrer Form fixierbar ist.
12. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die flexible Wärmeleitungsschicht (2) aus einem Elastomer, besonders bevorzugt einem Silikon besteht, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die flexible Wärmeleitungsschicht (2) zur Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit Füllstoffe aufweist.
13. Heizvorrichtung (7) mit einer ersten Heizstation (8) in Form einer Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche und einer zweiten Heizstation

(9), in welcher das in der ersten Heizstation vorgewärmte Halbzeug mittels Wärmestrahlung oder Wärmekonvektion beheizbar ist.

Innsbruck, am 21. Februar 2018

Fig. 1

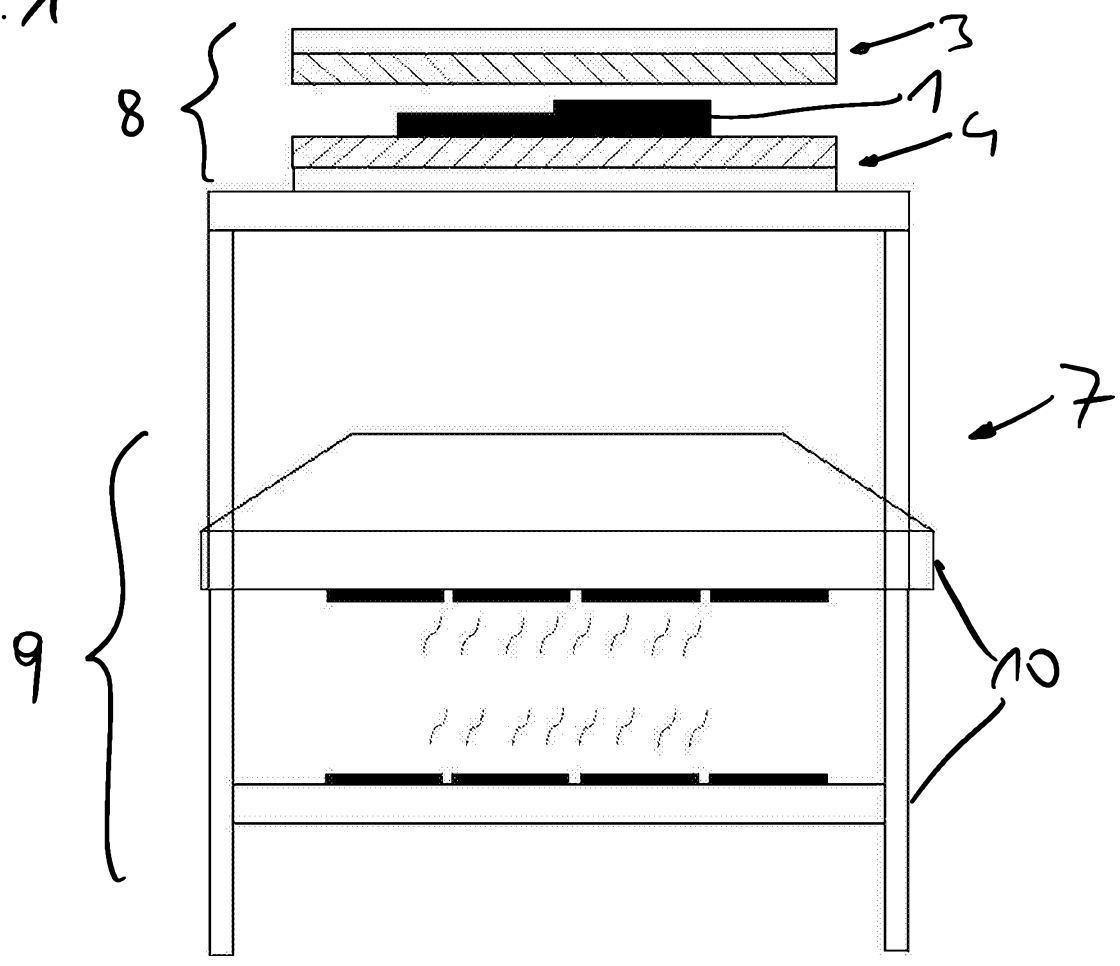


Fig. 2a

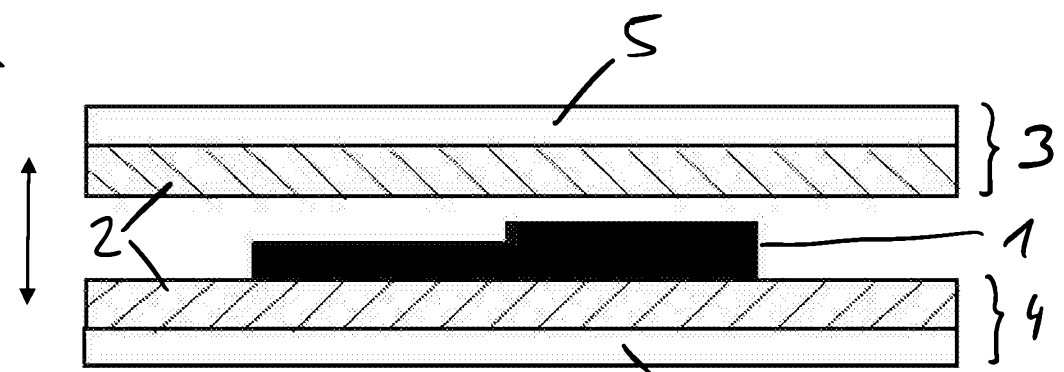


Fig. 2b

