



(10) **DE 11 2019 004 113 T5** 2021.05.20

(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2020/036141**  
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2  
IntPatÜG)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2019 004 113.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2019/031636**

(86) PCT-Anmeldetag: **09.08.2019**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **20.02.2020**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **20.05.2021**

(51) Int Cl.: **B81B 1/00 (2006.01)**  
**B81C 99/00 (2010.01)**

(30) Unionspriorität:  
**2018-152268**      **13.08.2018**      **JP**

(71) Anmelder:  
**Polyplastics Co., Ltd., Tokyo, JP**

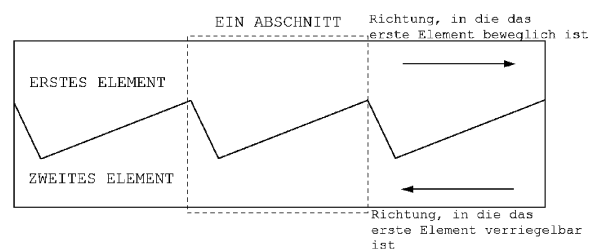
(74) Vertreter:  
**Maiwald Patentanwalts- und  
Rechtsanwaltsgesellschaft mbH, 80335 München,  
DE**

(72) Erfinder:  
**Tsukada, Takuhei, Fuji-shi, Shizuoka, JP;  
Mochizuki, Akihiro, Fuji-shi, Shizuoka, JP**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Stapel**

(57) Zusammenfassung: Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Verbindungsleistung eines laminierten Körpers aus zwei Arten von Materialien mit unterschiedlichen thermischen Eigenschaften zu erhalten. Die Aufgabe Zweck der vorliegenden Erfindung wird durch eine Struktur erreicht, die in der Lage ist, eine Wiederholung von Erwärmung und Abkühlung als dynamischen Verformungsbetrag zu belassen.



**Beschreibung**

## TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Stapel aus zwei Materialien mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten mit einer Ratschenstruktur an der Grenzfläche zwischen den beiden Materialien.

## TECHNISCHER HINTERGRUND

**[0002]** Ein Bimetallstreifen ist ein Stapel aus zwei Materialien mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, der in der Technik als Element zur Umwandlung von thermischen Änderungen in mechanische Änderungen bekannt ist. Ein Bimetallstreifen, der in verschiedenen Bereichen, wie z. B. beim Schalten, eingesetzt wird, ist so konstruiert, dass er temperaturabhängige Änderungen des Biegegrades des Stapels ausnutzt. Wenn ein Bimetallstreifen nach dem Erwärmen abgekühlt wird, kehrt der Stapel in die ursprüngliche Form zurück, wenn die Temperatur auf das ursprüngliche Niveau zurückkehrt, so dass die thermische Änderung während des Erwärmungs-/Abkühlungsprozesses nicht als mechanische Formänderung gespeichert wird.

## OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

## Durch die Erfindung zu lösende Aufgaben

**[0003]** Die vorliegenden Erfinder haben eine Struktur gefunden, die in der Lage ist, wiederholte Zyklen von Erwärmung und Abkühlung als mechanische Formveränderung zu speichern.

## Mittel zum Lösen der Aufgaben

**[0004]** Ein Ziel der vorliegenden Erfindung wird durch die folgenden Aspekte erreicht.

1. Ein Stapel, umfassend zwei Elemente mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, wobei die zwei Elemente ein erstes Element und ein zweites Element umfassen, welche aufeinander liegen, wobei der Stapel eine Ratschenstruktur an einer Grenzfläche zwischen dem ersten Element und dem zweiten Element aufweist, wobei das erste Element einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweist, der größer ist als der des zweiten Elements.

2. Der Stapel gemäß Aspekt 1, wobei die Ratschenstruktur die folgenden Formeln 1 bis 3 erfüllt:

Formel 1 für Bedingungen für die Bewegung in der Richtung der Ebene:

$$l > \frac{p}{(\alpha_{LD} - \alpha_2) \times \Delta T} \quad [\text{Math 1}]$$

Formel 2 für Bedingungen für die Bewegung in Dickenrichtung:

$$h > \frac{t}{(\alpha_{TD} - \alpha_2) \times \Delta T} \quad [\text{Math 2}]$$

Formel 3 für Verriegelungsbedingungen:

$$\theta_F > \theta_B$$

$$p_1 = t \times \tan \theta_F \quad p_2 = t \times \tan \theta_B \quad p_1 = p_1 + p_2 \quad [\text{Math 3}]$$

**[0005]** In den Formeln bedeutet jedes Symbol wie folgt.

die gesamte Länge des ersten Elements

$l$

die Dicke des ersten Elements

$h$

[Math 4]

der thermische Ausdehnungskoeffizient in Richtung der Ebene des ersten Elements

$$\alpha_{LD}$$

der thermische Ausdehnungskoeffizient in Dickenrichtung des ersten Elements

$$\alpha_{TD}$$

der thermische Ausdehnungskoeffizient des zweiten Elements

$$\alpha_2$$

[Math 5]

der Betrag der Temperaturänderung

$$\Delta T$$

Vorwärtswinkel

$$\theta_F$$

Rückwärtswinkel

$$\theta_B$$

[Math 6]

die Länge der Projektion einer beweglichseitigen schrägen Oberfläche des Harzes (das erste Element)

$$p_1$$

die Länge der Projektion einer verriegelungsseitigen schrägen Oberfläche des Harzes (das erste Element)

$$p_2$$

[Math 7]

der Arbeitsabstand in einer Mikro-Ratschenstruktur

$$p$$

die Arbeitstiefe in einer Mikro-Ratschenstruktur

$$t$$

[Math 8]

Der Stapel gemäß Aspekt 1 oder 2, wobei das erste Element ein Harz und das zweite Element ein Metall umfasst. Auswirkungen der Erfindung

**[0006]** Die vorliegende Erfindung ermöglicht es, wiederholte Zyklen von Erwärmung und Abkühlung als mechanische Formveränderung zu speichern. Darüber hinaus kann die Formänderung in Form einer Spannung, d.h. einer dynamischen Größe, gespeichert werden.

#### Figurenliste

**Fig. 1** ist eine Querschnittsdarstellung eines formgespritzten Produkts mit einer Ratschenfunktion gemäß der vorliegenden Erfindung, in der ein zweites Element befestigt ist;

**Fig. 2** ist ein Diagramm, das die Definition des Vorwärtswinkels und des Rückwärtswinkels für die Formel bezüglich der Ratschenstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

**Fig. 3(A)** und **Fig. 3(B)** sind schematische Diagramme, die die Bewegung eines Harz-Metall-Stapels mit einer Ratschenstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung zeigen;

**Fig. 4(A)** und **Fig. 4(B)** sind Fotos, die die tatsächliche Bewegung des in **Fig. 3(A)** und **Fig. 3(B)** dargestellten Harz-Metall-Stapels zeigen;

**Fig. 5** ist ein Diagramm, das eine tatsächlich gemessene Form der Ratschenstruktur des in **Fig. 4(A)** und **Fig. 4(B)** dargestellten Stapels zeigt;

**Fig. 6** ist ein Diagramm, das ein Beispiel für eine Ratschenstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, die durch Spritzgießen gebildet wird; und

**Fig. 7** ist eine Ansicht, die ein Beispiel für eine Ratschenstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, die durch Spritzgießen gebildet wird.

## BEVORZUGTE AUSFÜHRUNGSFORM DER ERFINDUNG

**[0007]** Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung im Detail beschrieben.

<Stapel>

**[0008]** Der Stapel gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst zwei Elemente, ein erstes Element und ein zweites Element, mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Der Stapel gemäß der vorliegenden Erfindung hat eine Ratschenstruktur an der Grenzfläche zwischen dem ersten und dem zweiten Element, welche aufeinander liegen.

<<Zwei Materialien mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten>>

**[0009]** Wie hier verwendet, bezieht sich der Begriff „thermischer Ausdehnungskoeffizient“ auf einen linearen Ausdehnungskoeffizienten pro 1 K ( $\times 10^{-6}/K$ ) bei einer Temperatur von 23°C bis 55°C. In der vorliegenden Erfindung werden vorzugsweise Materialien mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten von 10 oder mehr verwendet. Die vorliegende Erfindung kann vorteilhafte Effekte bewirken, solange die beiden Materialien (erstes und zweites Element) unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten aufweisen. Praktisch kann die Differenz zwischen den thermischen Ausdehnungskoeffizienten der beiden Materialien 5 bis 250 ( $\times 10^{-6}/K$ ), vorzugsweise 20 bis 200 ( $\times 10^{-6}/K$ ) betragen.

**[0010]** Beispiele für das Harz sind solche mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten von 60 bis 250 ( $\times 10^{-6}/K$ ), wie etwa Polyethylen, Polypropylen, Nylon-6, Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS)-Harz, Polycarbonat, Polyacetal, Polyethylenterephthalat, Polybutylenterephthalat, Polyphenylsulfid, Flüssigkristallpolymer und Cycloolefin-Polymer. Das Harz kann einen anorganischen Füllstoff zur Einstellung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten enthalten.

**[0011]** Beispiele für das Metall sind solche mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten von 4 bis 50 ( $\times 10^{-6}/K$ ), wie etwa Aluminium, Chrom, Titan, Eisen, Nickel, Messing, Kupfer und deren Legierungen, wie z. B. Edelstahl.

**[0012]** Beispiele für anorganische Materialien andere als Metall sind solche mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten von 3 bis 15 ( $\times 10^{-6}/K$ ), wie z. B. Glas und Keramiken. Beispiele für andere Materialien als die vorstehend genannten sind Verbundwerkstoffe wie kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe (CFK) und glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK). Bei solchen Verbundwerkstoffen kann der Fasergehalt oder der Fasorientierungswinkel zur Einstellung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten angepasst werden.

**[0013]** Beispiele für die Kombination der beiden Materialien sind eine Kombination aus Harzen, eine Kombination aus Metallen, eine Kombination aus einem Harz und einem Metall, eine Kombination aus einem Harz und einer Keramik und eine Kombination aus einem Harz und einem Verbundmaterial, die je nach Bedarf ausgewählt werden können. Unter ihnen wird eine Kombination aus einem Harz und einem Metall bevorzugt.

<<Ratschenstruktur an der Grenzfläche>>

**[0014]** In der Ratschenstruktur an der Grenzfläche zwischen den beiden Elementen des Stapels gemäß der vorliegenden Erfindung spielen das erste Element und das zweite Element Rollen wie ein Zahnrad bzw. eine Ratsche (siehe **Fig. 1**). Beispiele für die Ratschenstruktur umfassen auch eine Haifischhaut-Riblet-Struktur, eine Sägeblattstruktur, eine Schuppenstruktur und andere Strukturen.

**[0015]** In der vorliegenden Erfindung erfüllt die Ratschenstruktur vorzugsweise die nachstehenden Formeln 1, 2 und 3, wie in **Fig. 2** dargestellt.

**[0016]** Formel 1 für Bedingungen für die Bewegung in Dickenrichtung:

$$h > \frac{t}{(\alpha_{TD} - \alpha_2) \times \Delta T} \quad [\text{Math 9}]$$

**[0017]** Formel 2 für Bedingungen für die Bewegung in Richtung der Ebene:

$$l > \frac{\rho}{(\alpha_{LD} - \alpha_2) \times \Delta T} \quad [\text{Math 10}]$$

**[0018]** Formel 3 für Verriegelungsbedingungen:

$$\theta_F > \theta_B$$

$$\rho_1 = t \times \tan \theta_F \quad \rho_2 = t \times \tan \theta_B \quad \rho_1 = \rho_1 + \rho_2 \quad [\text{Math 11}]$$

**[0019]** In den Formeln bedeutet jedes Symbol wie folgt.

die gesamte Länge des ersten Elements

$$l$$

die Dicke des ersten Elements

$$h$$

[Math 12]

der thermische Ausdehnungskoeffizient in Richtung der Ebene des ersten Elements

$$\alpha_{LD}$$

der thermische Ausdehnungskoeffizient in Dickenrichtung des ersten Elements

$$\alpha_{TD}$$

der thermische Ausdehnungskoeffizient des zweiten Elements

$$\alpha_2$$

[Math 13]

der Betrag der Temperaturänderung

$$\Delta T$$

Vorwärtswinkel

$$\theta_F$$

Rückwärtswinkel

$$\theta_B$$

[Math 14]

die Länge der Projektion einer beweglichseitigen schrägen Oberfläche des Harzes (das erste Element)

$$\rho_1$$

die Länge der Projektion einer verriegelungsseitigen schrägen Oberfläche des Harzes (das erste Element)

$$\rho_2$$

[Math 15]

der Arbeitsabstand in einer Mikro-Ratschenstruktur

$$\rho$$

die Arbeitstiefe in einer Mikro-Ratschenstruktur

$$t$$

[Math 16]

**[0020]** Formel 1 definiert Bedingungen für die Bewegung in Dickenrichtung. Formel 2 definiert Bedingungen für die Bewegung in Richtung der Ebene, insbesondere in der Längsrichtung der Ebene. Formel 3 definiert Bedingungen für die Verhinderung der Rückkehr in den ursprünglichen Zustand während der Abkühlung nach der Erwärmung.

**[0021]** Bei der vorliegenden Erfindung sollte die thermische Ausdehnung und Kontraktion im Bereich der elastischen Verformung liegen. Während der Ausdehnung (in Dickenrichtung und in Richtung der Ebene) des ge-

samten ersten Elements mit einem größeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten sollte die Verriegelung hergestellt werden, wenn mindestens einer aller Ebenenabstände des Stapels mit einem Abschnitt ineinandergreift, der sich vom ursprünglichen Abschnitt der Mikro-Ratschenstruktur unterscheidet. Der Stapel, der die Formeln 1 bis 3 erfüllt, kann wiederholte Zyklen von Erwärmung und Abkühlung als mechanische Formänderung speichern.

**[0022]** Bezug nehmend auf **Fig. 1**, die ein Beispiel des Stapels zeigt, erzeugen Erwärmung und Abkühlung Kräfte auf die beiden Materialien in den Richtungen der Pfeile. Wenn das erste Element und das zweite Element beide durch Erwärmung thermisch gedehnt werden, um in einem Ausmaß verformt zu werden, das eine Einheit übersteigt, wirkt die Ratsche zur Verriegelung, so dass der ursprüngliche Zustand nicht wiederhergestellt werden kann, auch nicht durch eine danach durchgeführte Kühlung zur Kontraktion.

**[0023]** Die Mikro-Ratschenstruktur hat vorzugsweise eine Arbeitstiefe  $t$  gleich 0,05 bis 2,3 %, stärker bevorzugt 0,1 bis 1,0 %, noch stärker bevorzugt 0,15 bis 0,5 % und weiterhin stärker bevorzugt 0,18 bis 0,3 % der Dicke des ersten Elements. Der tatsächlich gemessene Wert der Arbeitstiefe  $t$  beträgt vorzugsweise 1 bis 160  $\mu\text{m}$ , stärker bevorzugt 2 bis 100  $\mu\text{m}$ , noch stärker bevorzugt 3 bis 50  $\mu\text{m}$ , und weiterhin stärker bevorzugt 5 bis 20  $\mu\text{m}$ . Das erste Element hat vorzugsweise eine Dicke  $h$  von 1 bis 10 mm, stärker bevorzugt 1,5 bis 8 mm und noch stärker bevorzugt 2 bis 6 mm.

<<Form des Stapels>>

**[0024]** Der Stapel gemäß der vorliegenden Erfindung kann eine beliebige Form aufweisen. Die Form des Stapels kann so beschaffen sein, dass die beiden Elemente beide gewünschte Formteile sind, wie etwa Platten, oder so dass eines von ihnen ein Zylinder ist und das andere eine um den Zylinder herum bereitgestellte Form aufweist.

<Ausführungsformen>

**[0025]** **Fig. 3(A)**, **Fig. 3(B)**, **Fig. 4(A)** und **Fig. 4(B)** zeigen ein Beispiel für ein formgespritztes Harzprodukt, das einen Metallzylinder und ein um den Zylinder herum bereitgestelltes Formprodukt aus Polyacetalharz umfasst. Das Metall hat einen größeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten als das Harz. Der Metallzylinder hat Ratschen, wie in **Fig. 1** gezeigt. Die Harzschicht wird durch Formspritzen auf der Ratschenstruktur gebildet. Während der Stapel wiederholt erhitzt und abgekühlt wurde, bewegte sich der Harzschichtteil von der in **Fig. 3(A)** gezeigten Position zu der in **Fig. 3(B)** gezeigten Position, in der die ursprüngliche Position durch die gestrichelte Linie angezeigt wird. **Fig. 4(A)** und **Fig. 4(B)** sind Fotos, die die tatsächliche Bewegung zeigen. **Fig. 5** zeigt die spezifische Größe der einzelnen Elemente.

**[0026]** **Fig. 6** zeigt eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, bei der die Ratschenstruktur an einer Kreuzung von Harzströmen, die als Schweißnaht bezeichnet wird, verwendet wird, die einem Anguss, durch den das Harz gegossen wird, gegenüber liegt. Harz, das in unterschiedliche Richtungen fließt, trifft am Schweißnahtbereich aufeinander. Daher ist der Schweißnahtbereich bekanntermaßen anfällig für Verformungen durch wiederholtes Erhitzen und Abkühlen, da der Schweißnahtbereich eine geringe Harzgleichmäßigkeit aufweist und dazu neigt, der Ausgangspunkt für Rissbildung zu sein, wenn er durch Spannungs- oder Verformungskonzentration gespalten wird.

**[0027]** **Fig. 7** zeigt, dass eine Metallsäule Ratschen in einer Form hat, die es dem Harz ermöglicht, sich in Richtung der Schweißnaht zu verformen. Wenn dieser Stapel wiederholt erhitzt und abgekühlt wird, werden Kräfte aufgebracht, um das Harz in Richtung der Schweißnaht zu verformen. Mit anderen Worten, das Harz verformt sich in eine Richtung, in der die Schweißnaht geschlossen ist, so dass die Verbindungsfestigkeit an der Schweißnaht zunimmt und ein Bruch, der durch wiederholtes Erwärmen und Abkühlen verursacht wird, an der Schweißnaht weniger wahrscheinlich wird. Wie vorstehend beschrieben, ermöglicht es die vorliegende Erfindung, thermische Energie aus wiederholtem Aufheizen und Abkühlen in Bewegung (physikalische Mengen) umzuwandeln.

### Patentansprüche

1. Ein Stapel, umfassend zwei Elemente mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, wobei die beiden Elemente ein erstes Element und ein zweites Element umfassen, welche aufeinander liegen, wobei der Stapel eine Ratschenstruktur an einer Grenzfläche zwischen dem ersten Element und dem zweiten

Element aufweist, wobei das erste Element einen größeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten als das zweite Element aufweist.

2. Der Stapel gemäß Anspruch 1, wobei die Ratschenstruktur folgende Bedingungen erfüllt Formel 1 für Bedingungen für die Bewegung in Dickenrichtung:

$$h > \frac{t}{(\alpha_{TD} - \alpha_2) \times \Delta T} \quad [\text{Math 1}]$$

Formel 2 für Bedingungen für die Bewegung in Richtung der Ebene:

$$l > \frac{p}{(\alpha_{LD} - \alpha_2) \times \Delta T} \quad [\text{Math 2}]$$

, und

Formel 3 für Verriegelungsbedingungen:

$$l > \frac{p}{(\alpha_{LD} - \alpha_2) \times \Delta T} \quad [\text{Math 3}]$$

wobei jedes Symbol folgende Bedeutung hat:

die gesamte Länge des ersten Elements

$l$

die Dicke des ersten Elements

$h$

[Math 4]

der thermische Ausdehnungskoeffizient in Richtung der Ebene des ersten Elements

$\alpha_{LD}$

der thermische Ausdehnungskoeffizient in Dickenrichtung des ersten Elements

$\alpha_{TD}$

der thermische Ausdehnungskoeffizient des zweiten Elements

$\alpha_2$

[Math 5]

der Betrag der Temperaturänderung

$\Delta T$

Vorwärtswinkel

$\theta_f$

Rückwärtswinkel

$\theta_b$

[Math 6]

die Länge der Projektion einer beweglichseitigen schrägen Oberfläche des Harzes (das erste Element)

$p_1$

die Länge der Projektion einer verriegelungsseitigen schrägen Oberfläche des Harzes (das erste Element)

$p_2$

[Math 7]

die Arbeitsabstand in einer Mikro-Ratschenstruktur

$p$

die Arbeitstiefe in einer Mikro-Ratschenstruktur

$t$

[Math 8]

3. Der Stapel gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei das erste Element ein Harz und das zweite Element ein Metall umfasst.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

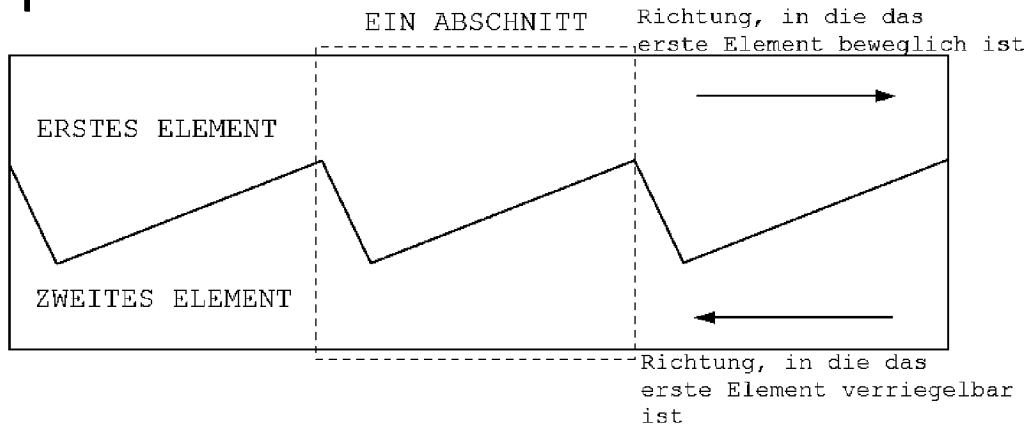
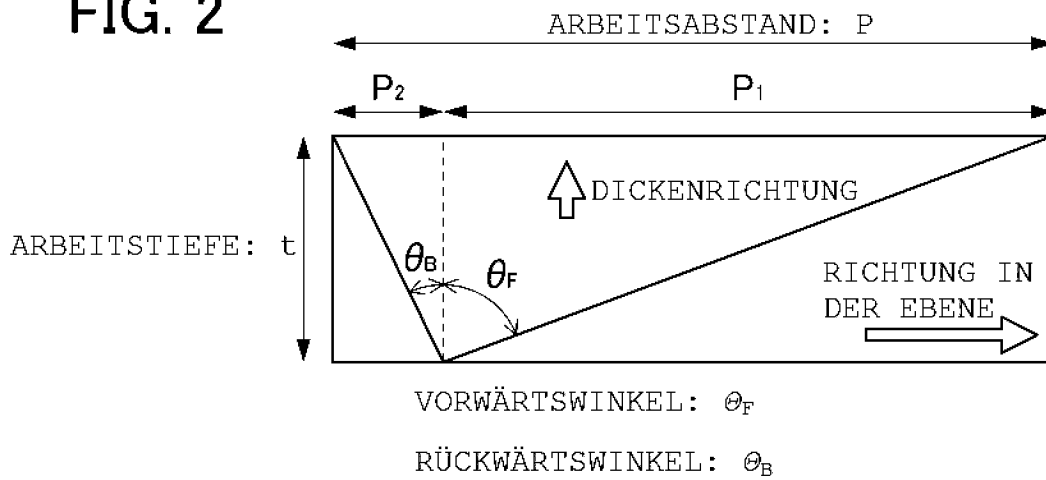
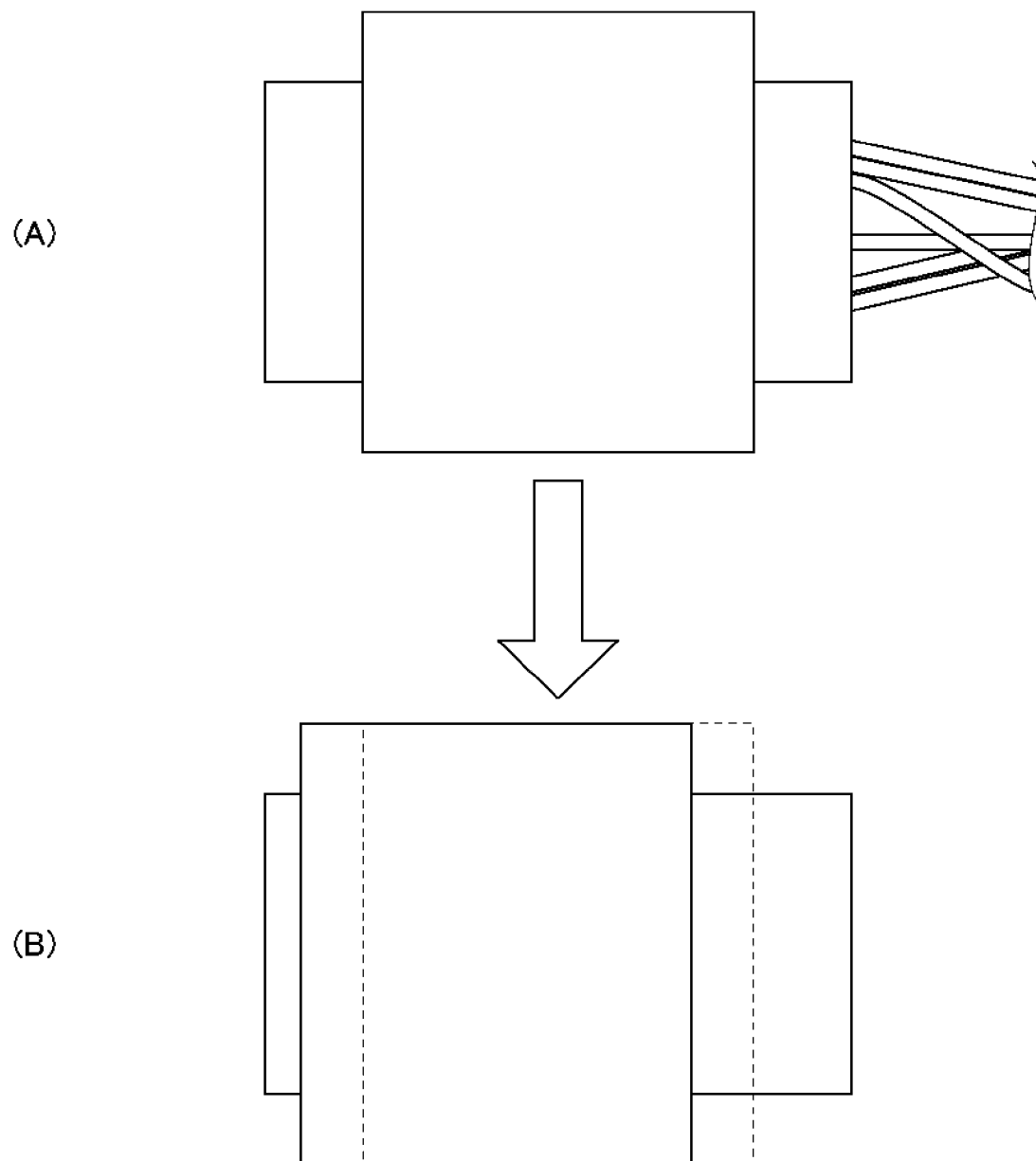


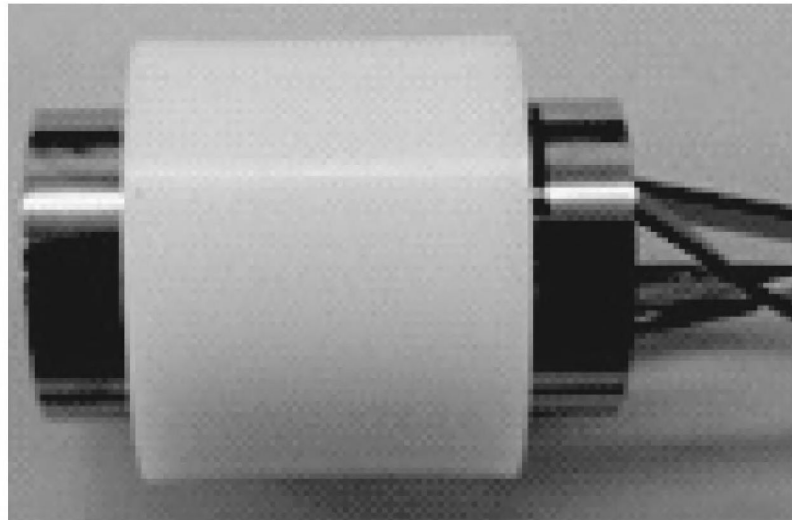
FIG. 2





**FIG. 3**

(A)



(B)

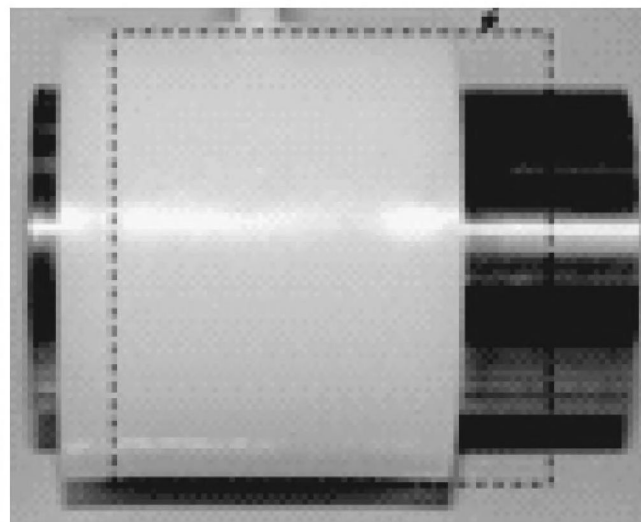


FIG. 4

FIG. 5

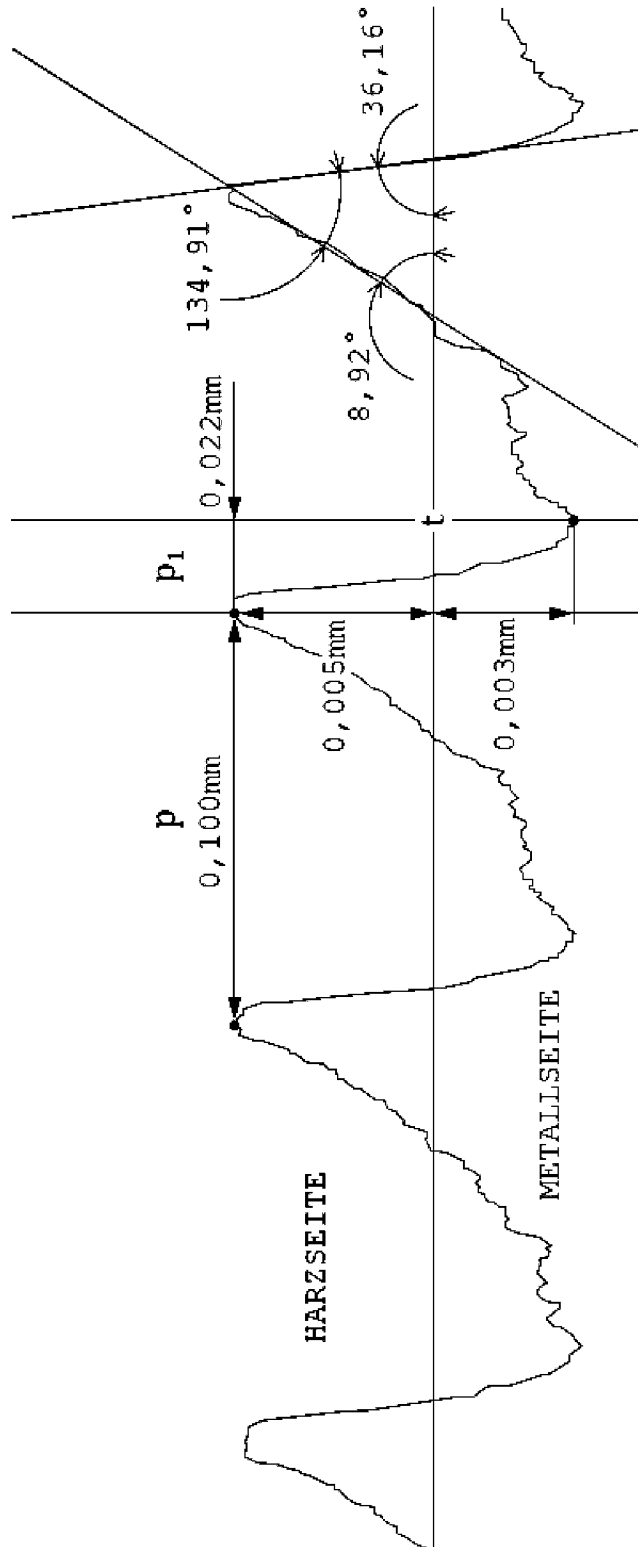


FIG. 6

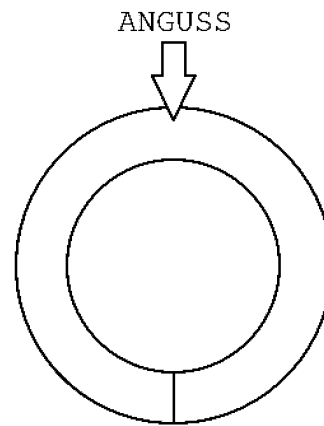


FIG. 7

