

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 693 616 A5

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

51 Int. Cl.⁷: E 04 C 005/07
E 04 C 005/12
E 01 D 019/14

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 01692/99

22 Anmeldungsdatum: 15.09.1999

24 Patent erteilt: 14.11.2003

45 Patentschrift veröffentlicht: 14.11.2003

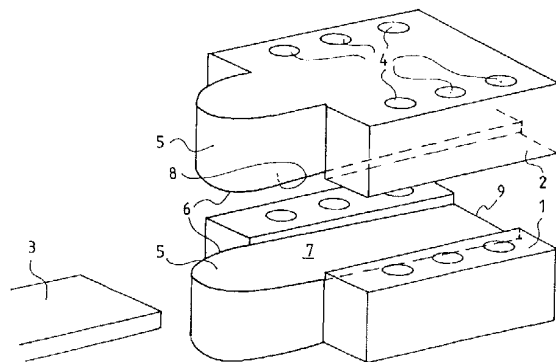
73 Inhaber:
Eidgenössische Materialprüfungs- und
Forschungsanstalt EMPA
Ueberlandstrasse 129
8600 Dübendorf (CH)

72 Erfinder:
Prof. Dr. Mehdi Farshad, Meisenrain 45
8044 Gockhausen (CH)

74 Vertreter:
Felber & Partner AG, Patentanwälte
Dufourstrasse 116, Postfach
8034 Zürich (CH)

54 Verankerungssystem zur Aufnahme der Zugkräfte von kohlefaserverstärkten Zugbändern (CFK-Bändern).

57 Das Verankerungssystem zeichnet sich dadurch aus, dass die CFK-Bänderenden nicht über einem rechteckigen Bereich verklemt oder verklebt sind, sondern die vordere oder die hintere oder beide Begrenzungslinien der Verankerungsfläche eine gekrümmte Linie beschreiben, derart, dass die wirksame Länge der Verankerung über die Bandbreite hin von den Bandrändern her ansteigt und im Bereich der Bandmitte ein Maximum aufweist. In einer Ausführung besteht das Verankerungssystem aus zwei zusammengehörigen Klemmstücken (1, 2). Diese weisen Klemmflächen (7, 8) auf, die sich über die ganze Breite des zu verankernden CFK-Bandes (3) erstrecken und je eine in Zugrichtung gerichtete Zunge (5) bilden, deren Rand (6) eine glatte Kurve beschreibt. Die ebenen Klemmflächen (7, 8) der beiden Klemmstücke (1, 2) können ausserdem in Richtung des einzuklemmenden CFK-Bandes (3) gegeneinander zugeneigt sind. Das Verankerungselement bewirkt einen ebenmässigen Spannkraftverlauf über die Bandbreite des eingespannten Bandes und verhindert damit das Einreissen des Bandes im Randbereich.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verankerungssystem, um die Zugkräfte von kohlefaserverstärkten Zugbändern, so genannten CFK-Bändern, aufzunehmen, sei es, um deren Zugkraftverhalten im Labor zu prüfen und die Bruchlasten zu ermitteln, oder um deren Zugkräfte im Rahmen praktischer Applikationen aufzunehmen, das heisst, um die CFK-Bänder sicher zu verankern. Bei diesen CFK-Bändern handelt es sich um unidirektional mit Kohlefasern verstärkte Bänder, die als kohlefaserverstärkte Polymere hergestellt werden. Diese Bänder werden im Laborbereich in Breiten von etwa 20 mm geprüft, und auf Grund der Untersuchung deren Bruchlasten schliesst man dann auf die Dimensionierung für praktische Anwendungen. In der Praxis, namentlich zur Verstärkung von Bauwerken oder etwa für die Konstruktion von Schrägseilbrücken, werden dann solche Bänder in einer Breite von etwa 12 cm, einer Stärke von etwa 1,5 mm und Längen von vielen Metern eingesetzt, um hier eine Grössenordnung anzugeben. CFK-Bänder kennzeichnen sich dadurch aus, dass sie extreme grosse Zugkräfte aushalten und sich dadurch für eine Vielzahl von Anwendungen eignen, wenn derartige Zugkräfte auftreten und zwischen zwei Elementen dauerhaft und sicher gehalten werden müssen. Für einige Applikationen werden die Bänder zunächst vorgespannt, wonach sie dann über einen grossen Zugkraftbereich absolut zugfest sind und etwa als Verstärkungsbänder an Bauwerken angebracht werden, wobei das mittels eines Klebstoffes erfolgt. Die Bänder werden also vorgespannt auf Bauwerke aufgeklebt.

[0002] Die Schwachstellen des Einsatzes eines derartigen CFK-Bandes zur Aufnahme von Zugkräften sind stets dessen Enden, mit denen sie an den zusammenzuhaltenden Elementen verankert sind. Als Verankerungselemente werden steife Elemente aus Metall oder einem Verbundwerkstoff eingesetzt, mit denen die Bänder dann entweder verklebt oder verschraubt werden. Das Zugkraftverhalten von verschiedenen CFK-Bändern wird weltweit in vielen Labors akribisch untersucht, um Fortschritte im Aufbau, in der Materialzusammensetzung, in der Dimensionierung und der Auslegung von derartigen Bändern für die praktischen Anwendungen zu gewinnen. Dabei fällt auf, dass bei Bruchlastuntersuchungen solcher Bänder die schwächste Stelle durchwegs bei den Verankerungselementen liegt, indem die Bänder dort vom Randbereich her einreissen. Beim Aufkleben der Bänder auf Bauwerke erweisen sich notorisch die Ecken der Bandenden als Schwachstellen, indem die Verklebung dort oft einreisst. Bei Bruchlastuntersuchungen von Metallbändern zum Beispiel behilft man sich damit, dass der Bruch in einem jüngsten Bereich provoziert wird, um auszuschliessen, dass dies bei den Verankerungsstellen erfolgt. Weil es sich aber bei CFK-Bändern um unidirektional verstärkte Bänder handelt, greift diese Methode nicht. Weil nun die CFK-Bänder ausnahmslos bei den Verankerungselementen die schwächsten Stellen aufweisen, werden in der Praxis die Bänder eigentlich durchwegs zu breit dimensioniert und/oder zu stark dimensioniert. Ideal wäre es, wenn die Bruchlast

vom ersten zusammenzuspannenden Element aus über das Verankerungselement zum Spannband, über dasselbe bis wieder hin zum jenseitigen Verankerungselement und dem gegenüberliegenden zusammenzuhaltenden Element überall etwa gleich gross wäre. Dann hätte man an keiner Stelle eine Überdimensionierung in Kauf zu nehmen, namentlich nicht bei den ohnehin recht teuren CFK-Bändern.

[0003] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, ein Verankerungssystem zur Aufnahme der Zugkräfte von kohlefaserverstärkten Zugbändern (CFK-Bändern) zu schaffen, welches das Einreissen der CFK-Bandränder an den Rändern bei der Verankerungsstelle bzw. das Ablösen der Verklebungen an den Ecken der CFK-Bänder vermeidet.

[0004] Diese Aufgabe wird gelöst von einem Verankerungssystem zur Aufnahme der Zugkräfte von kohlefaserverstärkten Zugbändern (CFK-Bändern), das sich dadurch auszeichnet, dass die vordere oder die hintere oder beide Begrenzungslinien der Verankerungsfläche am CFK-Bandende eine gekrümmte Linie beschreiben, derart, dass die wirksame Länge der Verankerung über die Bandbreite hin von den Bandrändern her ansteigt und im Bereich der Bandmitte ein Maximum aufweist.

[0005] Grundsätzlich muss unterschieden werden zwischen Verankerungen, die mittels Klemmstücken vorgenommen werden, indem also die CFK-Bänderebereiche unter mechanischem Druck zusammengeklemmt werden, um die Zugkräfte aufzunehmen, und andererseits Verankerungen, die allein auf Grund einer Verklebung der Bandendebereiche mit dem auf Zug zu belastenden Element erfolgen.

[0006] In den Zeichnungen ist eine vorteilhafte Ausführung eines solchen Verankerungssystems dargestellt und seine Geometrie, seine Funktion und Wirkung wird nachfolgend beschrieben und erklärt.

Es zeigt:

Fig. 1: Die Klemmstücke eines Verankerungselementes in einer perspektivischen Ansicht dargestellt, mit dem Ende eines zu verankernden CFK-Bandes;

Fig. 2: Ein Verankerungselement mit den zwei Klemmstücken von der Seite her gesehen in einem Aufriss dargestellt, mit dem von ihm gehaltenen CFK-Band;

Fig. 3: Ein Verankerungselement von oben im Grundriss dargestellt, mit einer Variante für die geometrische Form der Klemmzunge;

Fig. 4: Ein Verankerungselement von oben im Grundriss dargestellt, mit einer zweiten Variante für die geometrische Form der Klemmzunge;

Fig. 5: Ein Verankerungselement von oben im Grundriss dargestellt, mit einer dritten Variante für die geometrische Form der Klemmzunge.

Fig. 6: Ein Zugkraftdiagramm von einem in herkömmlicher Weise verankerten Zugband;

Fig. 7: Ein Zugkraftdiagramm von einem in Verankerungselementen wie in Fig. 5 gezeigt verankerten Zugband;

Fig. 8: Verschiedene Ausformung der Klebebereiche eines CFK-Bandendes.

[0007] Die Fig. 1 zeigt zunächst die beiden Klemmstücke 1, 2 eines durch mechanische Klem-

mung wirkenden Verankerungssystems. Vor dem Klemmstück 1 ist das zu verankernde CFK-Band 3 angedeutet. Das ganze Verankerungssystem besteht dabei vorzugsweise aus zwei solchen identischen Klemmstücken 1, 2. Diese Klemmstücke 1, 2 werden aus nichtrostendem Stahl hergestellt und mechanisch fein bearbeitet, um eine genaue geometrische Form einzuhalten. Das zweite, hier oben auf das Klemmstück 1 aufzusetzende Klemmstück 2 wird in gestürzter Lage zum Klemmstückes 1 auf dieses aufgelegt und mit ihm zusammen verschraubt, wozu die Bohrungen 4 dienen. Das wesentlichste Merkmal an diesen Klemmstücken 1, 2 ist die in Zugrichtung nach vorne ausgreifende Zunge 5, welche zu einer Kanalisierung der Zugkräfte führt, sodass die grösste Zugkraft in der Bandmitte anfällt, während infolge der Geometrie dieser Zunge 5 die Zugkräfte in den Randbereichen des CFK-Bandes reduziert sind. Hierzu weist diese Zunge 5 eine glatte Randkurve 6 auf. Laborversuche zeigten, dass mit dem Einsatz eines derartigen Verankerungssystems das Einreißen an den Bandrändern vermieden wird, und als Folge davon erheblich grössere Zugkräfte aufgenommen werden können, wobei die Bruchstelle letztlich nicht mehr bei den Klemmstücken 1, 2 liegen muss, sondern irgendwo im CFK-Band liegen kann. Besonders vorteilhaft erweist es sich, wenn die eigentlichen Klemmflächen 7, 8 ganz geringfügig schief an den Klemmstücken 1, 2 verlaufen. Man sieht hier in Fig. 1, dass die Klemmflächen 7, 8 eben ausgeführt sind, jedoch gegen den hinteren Teil der Klemmstücke 1, 2 ganz geringfügig abfallen. Zum Verankern des CFK-Bandes 3 wird dieses bis an den hinteren Rand 9 der Klemmstücke 1, 2 in diese eingezogen und dann zwischen den Klemmstücken 1, 2 verklemt. Die Klemmstücke 1, 2 des Verankerungssystems selbst werden in bekannter Weise entweder mit Schrauben am zu ziehenden Objekt verankert, oder in demselben eingegossen.

[0008] Die Fig. 2 zeigt die Klemmstücke des Verankerungssystems von der Seite her gesehen mit dem unteren 1 und dem oberen Klemmstück 2. Man sieht links die nach vorne ausgreifende Zunge 5 an beiden Klemmstücken 1, 2. Von den Klemmflächen 7, 8 der beiden Klemmstücke 1, 2 sind nur an den Zungen 5 die Ränder einsehbar, und deren Verlauf durch die Klemmstücke 1, 2 selbst ist strichliniert eingezeichnet. Die Schiefe bzw. Neigung dieser Klemmflächen 7, 8 zu den Klemmstücken 1, 2 beträgt jedoch nur wenige Promille, zum Beispiel 10 Promille. Im Zusammenspiel mit der geometrischen Form der Zungen 5 wird damit erreicht, dass die im CFK-Band wirkenden Zugkräfte progressiv gegen die Bandmitte hin zunehmen und im Bandzentrum ihr Maximum erreichen. Die Zugkraftmaxima der CFK-Bänder ist damit mittels dieses Verankerungssystems wesentlich besser ausgenützt als mit bisherigen Verankerungen. Die Bänder können daher für die Aufnahme einer bestimmten geforderten Zugkraft kleiner dimensioniert werden, oder eine bestimmte Bänderdimension kann für grössere Zugkraftefordernisse eingesetzt werden. In der Figur 2 sind auch die Schrauben 10 gezeigt, welche hier jeweils auf beiden Bandseiten dreifach durch Bohrungen 4 in den Klemmstücken 1,2 des Verankerungssystems

geführt sind, und mit Kontermuttern 11 festgezogen werden. Damit einer Ermüdung der Klemmzungen 5 vorgebeugt wird, können diese über gesonderte Klemmbrücken 12, 13, welche die Zungen 5 beidseits überragen, miteinander verklemt sein, indem diese Brücken 12, 13 miteinander in gleicherweise mit Schrauben 14 verspannt sind.

[0009] Die Fig. 3 zeigt ein Verankerungssystem von oben gesehen, also im Grundriss dargestellt, um eine spezielle Form des Zungenrandes 6 darzustellen. Die Zunge 5 läuft hier relativ spitz zu, ihre Spitze 14 ist jedoch durchaus abgerundet, sodass der Rand 6 der Zunge 5 eben eine überall glatte Kurve bildet. Damit werden Unstetigkeitsstellen vermieden und der Zugkraftverlauf im eingespannten CFK-Band ist überall kontinuierlich. Bei der hier gewählten Geometrie der Zunge 5 kann allenfalls auf eine schiefe Anordnung der Klemmflächen 7, 8 verzichtet werden, weil die Spannkraft durch die geometrische Form der Zunge 5 bedingt linear gegen die Bandmitte hin zunimmt und im Bereich von deren Spitze um ein relativ scharfes Maximum führt.

[0010] Die Fig. 4 zeigt eine andere geometrische Form der Zunge 5 bzw. des Zungenrandes 6. Der Zungenrand 6 bildet hier eine Parabel. Sie bewirkt eine progressive Zunahme der wirkenden Zugkraft gegen die Mitte des eingespannten Bandes hin. Die Kraft erreicht ein abgeflachtes Maximum in der Bandmitte. Die Progression des Zugkraftverlaufs über die Bandbreite kann noch verstärkt werden, indem die Klemmflächen schiefwinklig zueinander verlaufen oder indem eine spitzere Form der Parabel gewählt wird.

[0011] Die Figur 5 zeigt eine dritte Variante für die Form des Zungenrandes 6, der hier einen Halbkreis beschreibt. Auch hier nimmt die wirkende Zugkraft im eingespannten CFK-Band von den beiden Minima am Bandrand her gegen die Bandmitte kontinuierlich zu, um im Bereich der Bandmitte ein Maximum zu erreichen. Mit den geometrischen Formen der Zungen und auch mit der Schräge die Klemmflächen bieten sich zwei Variationsmöglichkeiten zur Beeinflussung des Zugkraftverlaufs über die Bandbreite hin. Je nach Anwendung und Gegebenheiten kann eine optimierte geometrische Form gewählt werden.

[0012] Um Fälle einer reinen Verklebung der CFK-Bandenden mit zum Beispiel dem Beton eines Bauwerkes das bisher notorisch auftretende Ablösen der Verklebung an den Ecken zu vermeiden, werden nach diesem neuen Verankerungssystem als Alternative CFK-Bänder mit abgerundeten Enden eingesetzt. In der Fig. 8 sind verschiedene Ausformungen der Klebebereiche eines CFK-Bandes dargestellt. Fig. 8a) zeigt die herkömmliche Verklebung über einem rechteckigen Bereich. Hier werden sich mit der Zeit die Ecken am rechten Ende des Bandes ablösen, wonach die Verklebung ausgehend von diesen Eckbereichen fortschreitend geschwächt wird. Fig. 8b) zeigt eine erste Variante gemäss dem neuen Verankerungssystem. Durch die abgerundete Gestaltung des Bandendes, sodass also die hintere Begrenzungslinie der Verankerungsfläche eine gekrümmte Linie beschreibt, wird über die Bandmitte ein längerer wirksamer Klebebereich geschaffen, sodass die dort auftretenden Zugkräfte von einer grös-

seren Klebefläche aufgenommen werden. Einen ähnlichen Effekt erzielt man mit der Ausgestaltung der Klebefläche gemäss Fig. 8c), indem beide, das heisst die vordere und die hintere Begrenzungslinie der Verankerungsfläche eine gekrümmte Linie beschreibt. Schliesslich ist auch eine Verklebung gemäss Fig. 8d) denkbar. Mit den hier gezeigten als Verankerungsflächen wirkenden Klebeflächen erzielt man eine über die Bandbreite ebenmässigerer zugkraftschlüssige Verklebung mit einem Bauwerk.

[0013] Um die unterschiedlichen Zugkraftverläufe herkömmlicher Verankerungen im Vergleich zu denselben mit den erfindungsgemäss verankerten Zugbändern deutlich zu machen, zeigt die Fig. 6 oben zunächst ein Zugkraftdiagramm an der Klemmkante, wie es in einem CFK-Zugband ermittelt wurde, das in herkömmlicher Weise verankert wurde, nämlich zwischen zwei rechteckigen Klemmflächen, die vorne einen gerade und quer über das Zugband verlaufenden Rand aufwiesen. Unter dem Diagramm ist ein Spannkraftdiagramm gezeigt, welches die wirkenden Spannkraften im freibleibenden Endbereich des verankerten CFK-Bandes über den ganzen Endbereich des verankerten CFK-Bandes verdeutlichen. Erst in einigem Abstand von der Klemmkante des Verankerungselementes, die sich längs des oberen Diagrammrandes erstreckt, bewegen sich die wirkenden Spannkraften über die ganze Bandbreite in einer etwa gleichen Grössenordnung und sind somit ebenmässig verteilt. Die hier angelegte vertikale Spannung betrug dabei nominal $s_y = 300 \text{ N/mm}^2$. Man sieht im oberen Diagramm, dass die Spannkraft längs der Klemmkante über die Bandbreite je ein Maximum an den Bandrändern erreicht, indem dort eine Spannkraft von 417 N/mm^2 gemessen wurden, während im Bereich der Bandmitte die gemessene Spannkraft auf deutlich unter die nominal angesetzte Spannkraft von 300 N/mm^2 abfiel. Es verwundert deshalb nicht, dass die CFK-Bänder notorisch an den Rändern einreissen.

[0014] Im Gegensatz dazu zeigt die Fig. 7 ein Spannkraftdiagramm, welches die wirkenden Spannkraften im frei bleibenden Endbereich eines CFK-Bandes verdeutlichen, das mit dem neuen Verankerungssystem verankert wurde, welches eine etwa halbkreisförmige Klemmzunge aufwies. Man sieht klar und deutlich, dass die Spannkraftverteilung viel ausgewogener ist und ein breites Maximum im Bereich der Bandmitte erreicht wird.

Patentansprüche

1. Verankerungssystem zur Aufnahme der Zugkräfte von kohlefaserverstärkten Zugbändern, d.h. von CFK-Bändern, dadurch gekennzeichnet, dass die vordere oder die hintere oder beide Begrenzungslinien der Verankerungsfläche am CFK-Bandende eine gekrümmte Linie beschreiben, derart, dass die wirksame Länge der Verankerung über die Bandbreite hin von den Bandrändern her ansteigt und im Bereich der Bandmitte ein Maximum aufweist.

2. Verankerungssystem nach Anspruch 1 aus zwei zusammengehörigen Klemmstücken (1, 2), dadurch gekennzeichnet, dass die Klemmflächen (7, 8)

der beiden Klemmstücke (1, 2) sich über die ganze Breite des zu verankernden CFK-Bandes (3) erstrecken und je eine in Zugrichtung gerichtete Zunge (5) bilden, deren Rand (6) eine glatte Kurve beschreibt.

3. Verankerungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die ebenen Klemmflächen (7, 8) der beiden Klemmstücke (1, 2) in Richtung des einzuklemmenden CFK-Bandes gegeneinander zugelegt sind.

4. Verankerungssystem nach einem der Ansprüche 2 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Ränder (6) der beiden Zungen (5) im Grundriss gesehen eine Parabel beschreiben.

5. Verankerungssystem nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Ränder (6) der beiden Zungen (5) im Grundriss gesehen einen Halbkreis beschreiben.

6. Verankerungssystem nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Ränder (6) der beiden Zungen (5) im Grundriss gesehen ein Dreieck mit abgerundeter Spitze bilden.

7. Verankerungssystem nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass es auf die Zungenform passende Klemmbrücken (12, 13) aufweist, die mittels Schrauben (14) miteinander unter Zusammenklemmen der Zungen (5) verspannbar sind.

8. Verwendung von Verankerungssystemen nach einem der vorhergehenden Ansprüche für Prüfungen von CFK-Bändern in Labors.

9. Verwendung von Verankerungssystemen nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zur permanenten Verspannung von CFK-Bändern zum Verstärken von Bauwerken.

10. Verwendung von Verankerungssystemen nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zur permanenten Verspannung von CFK-Bändern an Schrägseilbrücken.

FIG. 1

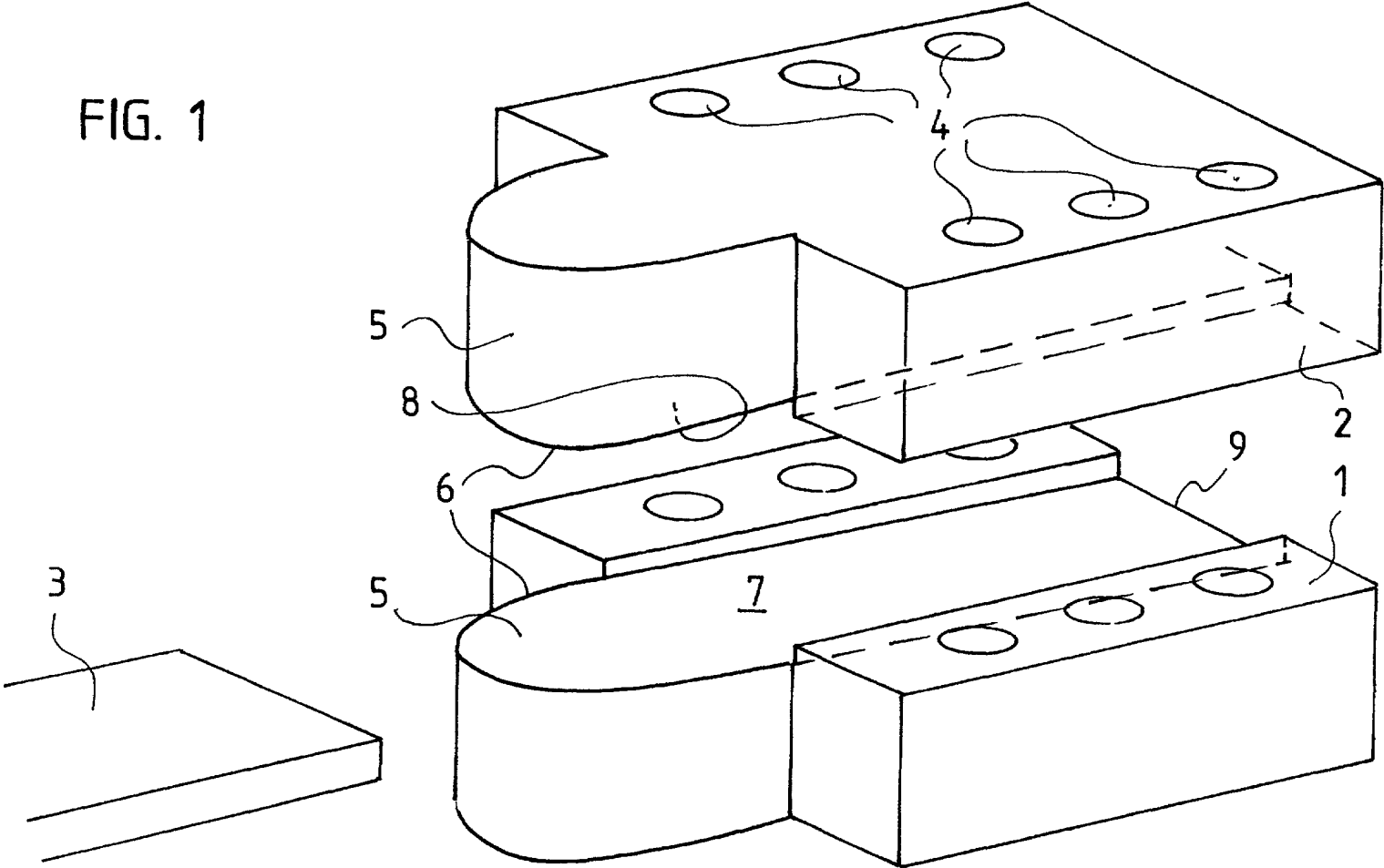


FIG. 2

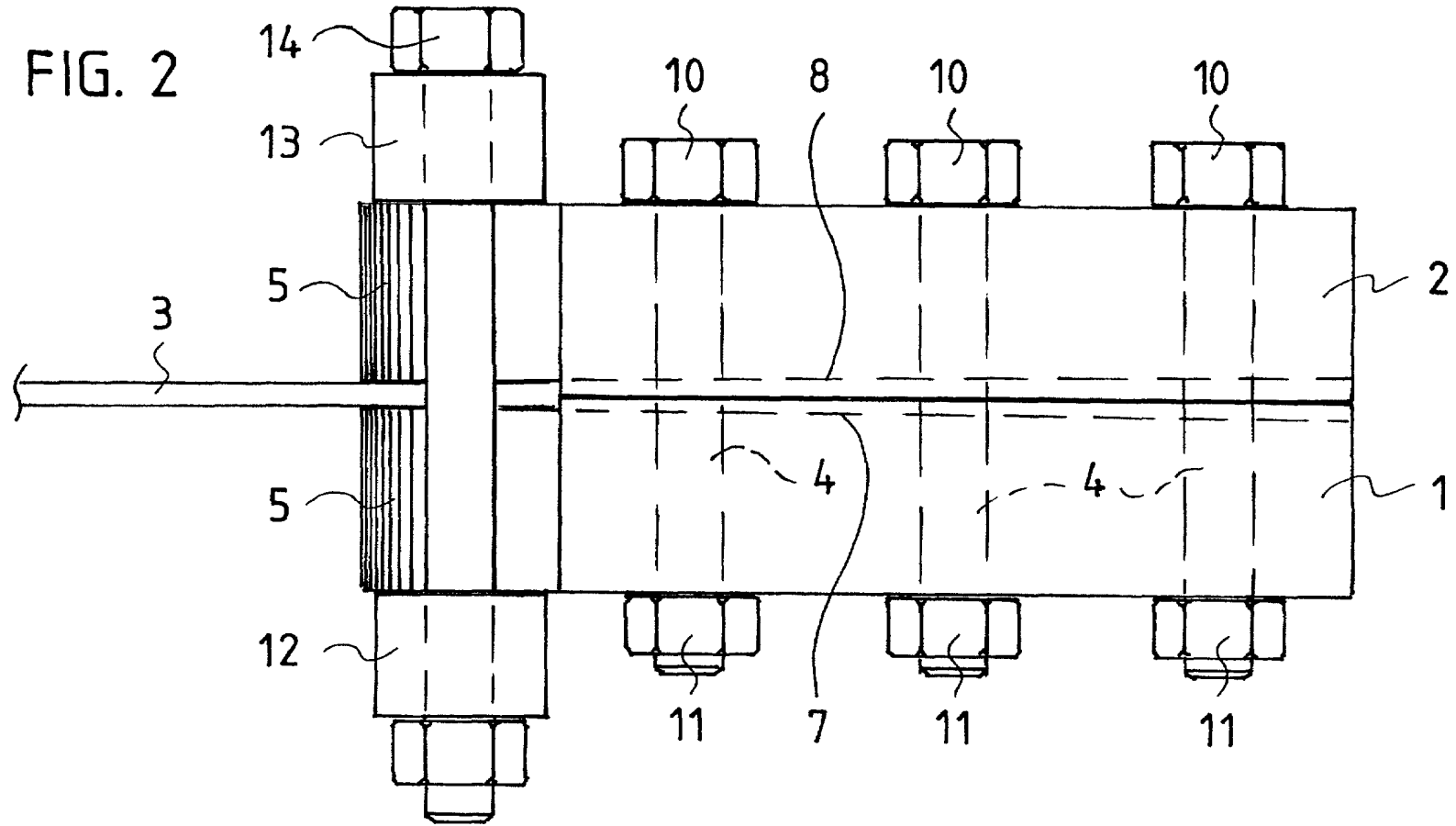


FIG. 3

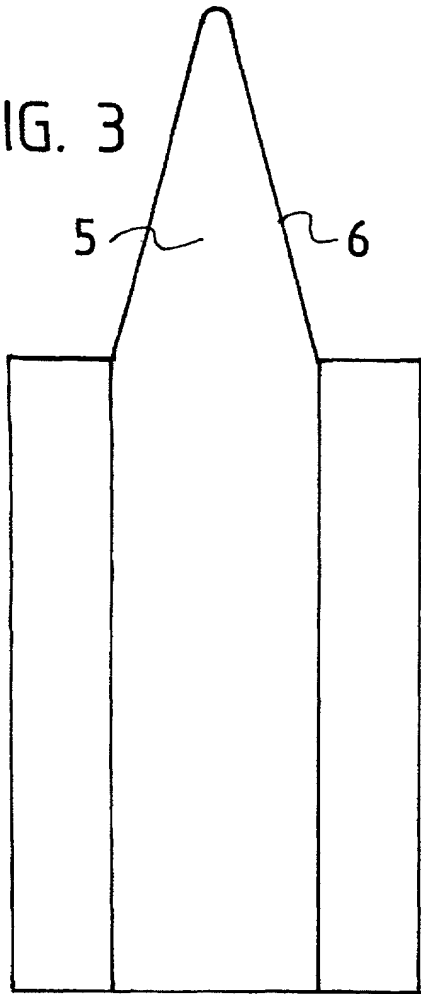


FIG. 4

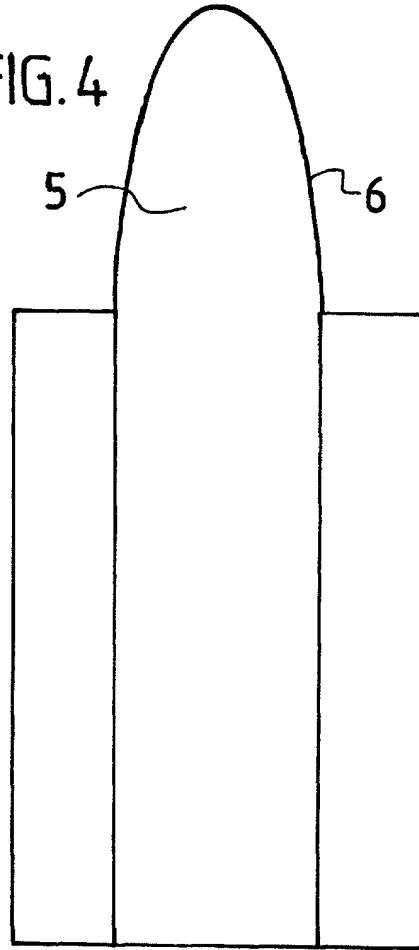


FIG. 5

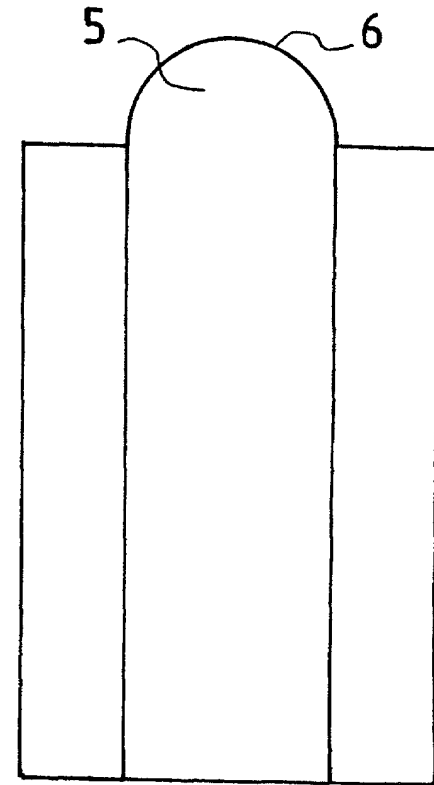


FIG. 6

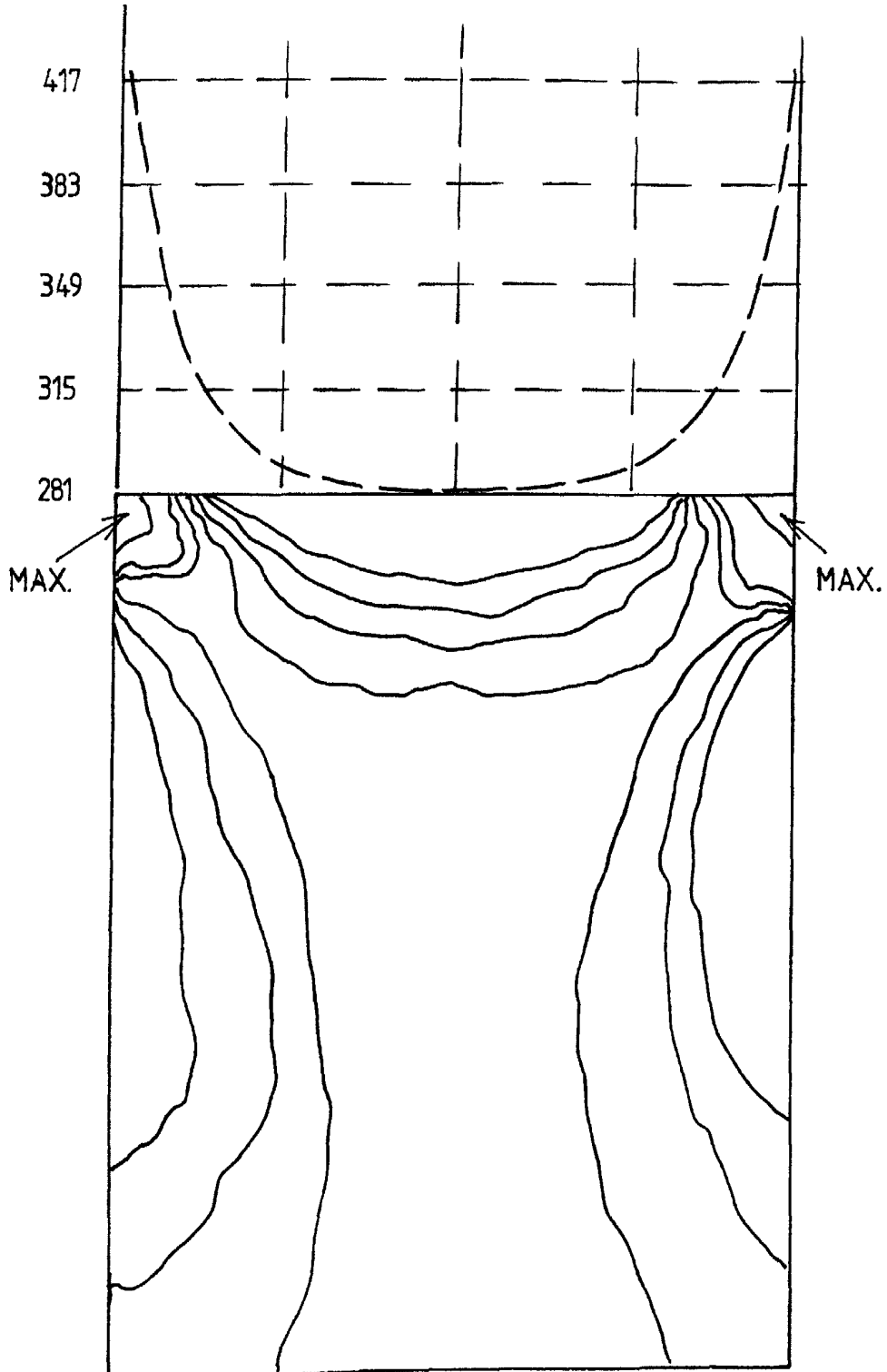


FIG. 7

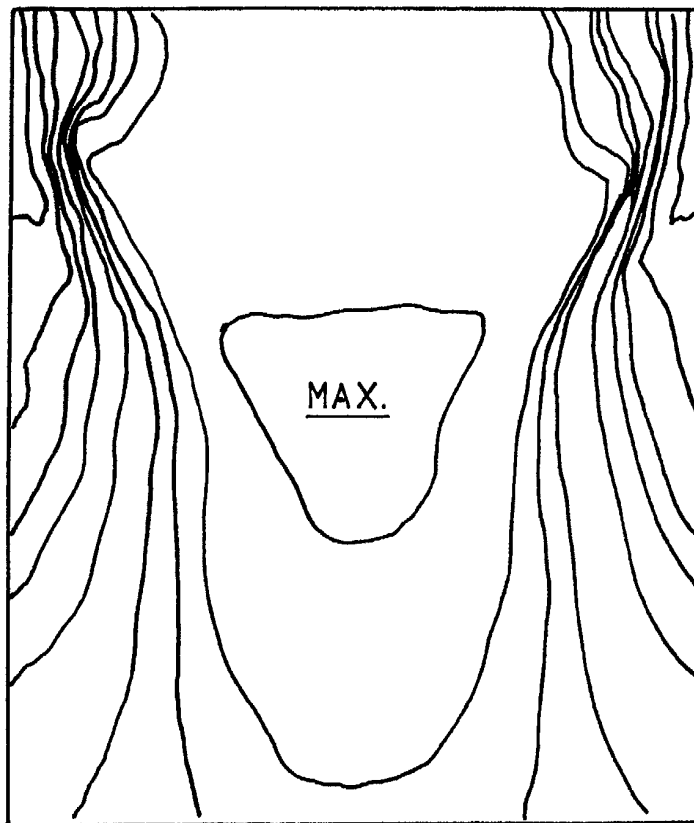


FIG. 8

