

①②

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

②① Anmeldenummer: 81101049.5

⑤① Int. Cl.³: **E 04 B 1/98, E 02 D 27/34**

②② Anmeldetag: 14.02.81

③③ Priorität: 18.02.80 DE 3006010

⑦① Anmelder: **Bschorr, Oskar, Dr. rer. nat., Keplerstrasse 11, D-8000 München 80 (DE)**

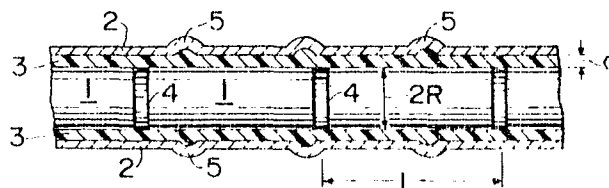
④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung: 21.10.81
Patentblatt 81/42

⑧④ Benannte Vertragsstaaten: **AT BE CH FR GB IT LI LU NL SE**

⑦② Erfinder: **Bschorr, Oskar, Dr. rer. nat., Keplerstrasse 11, D-8000 München 80 (DE)**

⑤④ **Dämpfung von Bauwerken.**

⑥⑦ Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Dämpfung von Bauwerken, vorzugsweise aus Betonelementen, in die Dämpfungseinlagen aus Stahlsegmenten eingegossen oder kraftschlüssig angebracht werden. Diese Stahlsegmente sind gegeneinander durch Einschnitte, Unterbrechungen, Bögen und/oder Querschnittsverjüngungen entkoppelt und nach den Optimierungsbedingungen



- 1) $G = i \cdot G''$
 2) $1 = 2 \cdot E/G'' \cdot d \cdot F / 1^2 U$

abgestimmt.

EP 0 037 884 A1

Dr. rer. nat. O. Bschorr
Keplerstraße 11
D - 8000 München 80

0037884

27. Januar 1980

D Ä M P F U N G V O N B A U W E R K E N

Gegenstand der Erfindung ist Verfahren und Vorrichtung zur Dämpfung von Bauwerken gegenüber Erschütterungen, insbesondere Erdbeben, Verkehrserschütterungen und Trittschall.

Während sich zur Dämpfung von Maschinenschwingungen weitgehend sekundäre Dämpfungsmittel durchgesetzt haben, sind im Bauwesen derartige Möglichkeiten unbekannt. Eine Ausnahme bilden lediglich die bei Stahlarmierungen vorgesehenen Fließgelenke, wo es zu plastischen Verformungen des umgebenden Betons kommt. Die dadurch verursachte Dämpfung wird bei der Dimensionierung von erdbebensicheren Bauten eingeplant. Diese Dämpfung setzt jedoch erst bei relativ großen Belastungen ein und hat irreversible Verformungen zur Folge. Unterhalb dieser Belastungsgrenze wirkt lediglich die relativ geringe Eigendämpfung der Baustoffe.

Aufgabe der Erfindung ist Verfahren und Vorrichtung zur Erhöhung der Dämpfung von Bauwerken. Damit wird einmal die Erdbebensicherheit erhöht, als auch Bauwerkschwingungen durch Maschinen, Verkehrserschütterungen und Trittschall herabgesetzt.

Die Aufgabe der Erfindung wird durch bedämpfte Stahleinlagen in Beton erreicht. Die Dämpfungseinlagen sind in Segmente der Länge ℓ unterteilt (Fig. 1). Im Optimum besteht dabei zwischen Segmentlänge ℓ , dem Querschnitt F , dem Umfang U und dem

Elastizitätsmodul E der Stahlsegmente und der Dicke d und dem Schubmodul G des Dämpfungsmaterials die Berechnung:

$$2 \frac{E}{G''} \frac{d F}{e^2 U} = 1$$

Im weiteren ist ein Dämpfungsstoff mit möglichst rein plastischem Verhalten $G = i G''$ vorausgesetzt. Diese Eigenschaften erfüllen Stoffe mit Newton'schen Reibungseigenschaften, wie Hochpolymere, Teere oder auch Festkörperschmierstoffe, z. B. Graphit.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung werden die Dämpfungseinlagen nicht vollständig durchgetrennt, sondern erhalten im Abstand e Einschnitte, Kerbungen oder Bögen. Derartige Eingriffe bewirken eine Herabsetzung der Federsteifigkeit, so daß bei Schwingungsbelastung der Kraftfluß nicht innerhalb der Stahleinlage verläuft, sondern über die Dämpfungsschicht von einem Segmentteil zum anderen übertragen wird.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung wird konventioneller Baustahl mit einem dämpfenden Kunststoffmantel umgeben. Bei einer Schwingungsbewegung kommt es zu plastischen Verformungen im Kunststoffmantel und dadurch zu einer Dämpfung von Bauwerkerschütterungen.

Der Erfindungsgegenstand ist in einigen Ausführungsbeispielen detaillierter dargestellt. Es zeigen:

- Fig. 1 Dämpfungseinlage mit Stahlsegmenten,
- Fig. 2 Dämpfungseinlage mit teilweise unterbrochenen Stahlsegmenten,
- Fig. 3 Dämpfungseinlage mit bogenförmigen Unterbrechungen des Kraftflusses,
- Fig. 4 Dämpfungseinlage mit bogenförmigen Kraftflußunterbrechern (ohne Schutzmantel),
- Fig. 5 Dämpfungseinlage mit konischen Stahlsegmenten,
- Fig. 6 Dämpfungseinlage mit konischen Stahlsegmenten (ohne Schutzmantel),

- Fig. 7 Dämpfungseinlage mit ummanteltem Baustahl,
 Fig. 8 Dämpfungseinlage aus Baustahl ohne Schutzmantelung,
 Fig. 9 a (b) Draufsicht (Querschnitt) durch plattenförmige
 Dämpfungseinlage,
 Fig. 10 Anordnung von Dämpfungseinlagen.

Fig. 1 stellt eine Grundaussführung der Dämpfungseinlage dar. Sie besteht aus Stahlsegmenten 1 mit der Länge l , dem Radius R und dem Elastizitätsmodul E . Diese wird mit einer Blechhülse 2 ummantelt. Zwischen Stahlsegment 1 und Blechhülse 2 befindet sich ein Dämpfungsstoff 3, z. B. Hochpolymere, Teere, Feststoffschmiermittel, mit einem Gleitmodul G und der Dicke d . Die Blechhülse 2 hat Kröpfungen 5 und ist an der Oberfläche aufgeraut, um eine kraftschlüssige Verbindung mit dem umgebenden Beton zu gewährleisten. - Ist der mit einer Dämpfungseinlage bewehrte Beton einer Schwingbelastung ausgesetzt, so wird die Schwingungskraft über die Blechhülse 2 und Dämpfungsstoff 3 auf die Stahlsegmente 1 übertragen. Durch die Unterbrechungen 4 kann der Kraftfluß nicht von Stahlsegment zu Stahlsegment übertragen werden, sondern tritt an den Unterbrechungen 4 über dem Dämpfungsstoff 2 wieder aus. Durch diesen Wechsel wird der Dämpfungsstoff optimal genutzt. Es läßt sich zeigen, daß eine solche Anordnung mit den 3 Optimumsbedingungen:

- 1) $d \ll R$
- 2) $1 = \frac{E}{G''} \frac{d R}{l^2}$
- 3) $G = i G''$

wie ein homogener Stab behandelt werden kann mit einem Verlustmodul

$$E'' = \frac{3}{8} E.$$

Bekanntlich ist dieser maßgebend für eine irreversible Vernichtung von Schwingungsenergie. Gegenüber den im Maschinenbau üblichen organischen Antidröhnbelägen hat eine derartige Dämpfungseinlage eine um 2 - 4 Zehnerpotenzen höhere Dämpfungswirkung.

Eine verbesserte Dämpfungswirkung bis zum maximal höchsten Wert $E'' = 1/2 E$ ergibt sich, wenn nur die Enden der Stahlsegmente 1 mit Dämpfungsstoff 3 versehen sind.

Fig. 2 ist im wesentlichen analog zu Fig. 1. Hier besteht die Dämpfungseinlage aus Stahlsegmenten 11, die nicht vollständig getrennt sind, sondern lediglich durch Einschnitte 14 eine verringerte Federkonstante gegenüber Zug aufweisen und ebenso eine Unterbrechung des Kraftflusses bewirken. Im weiteren hat die Dämpfungseinlage eine Blechummantelung 12 mit Kröpfungen 15 und Dämpfungsstoff 13. Dieser ist vorzugsweise an den Enden der Stahlsegmente angebracht. Eine solche Anordnung ergibt den maximal möglichen Verlustmodul $E'' = 1/2 E$.

In Fig. 3 ist durch Bögen 24 eine Unterteilung in Stahlsegmente 21 erreicht. Diese sind wieder von einem Dämpfungsbelag 23 und einem Blechmantel 22 mit Kröpfungen 25 umgeben.

Fig. 4 ist vergleichbar mit der Ausführung nach Fig. 3. Die Dämpfungseinlage ist wieder durch Bögen 34, die eine herabgesetzte Federkonstante gegenüber Zugbelastung aufweisen, in einzelne Stahlsegmente 31 unterteilt. Die Stahlsegmente 31 sind mit einem dämpfenden Kunststoff 33 umgeben. Wird die Dämpfungseinlage in Beton eingegossen, so kommt es in der Dämpfungsschicht 33 zu plastischen Verformungen. Für die Dimensionierung der Dämpfungsschicht 33 und Länge, Querschnitt und Elastizitätsmodul der Stahlsegmente 31 gelten analog die bei Fig. 1 angegebenen Formeln. Die Länge der Stahlsegmente 31 ist der Abstand zwischen den Bögen 34.

In Fig. 5 ist die Dämpfungseinlage durch konische Verjüngungen 44 in einzelne Stahlsegmente 41 unterteilt. Diese sind wieder mit einem dämpfenden Stoff 43 umgeben, während das Ganze von einem Blechmantel 42 umschlossen ist. Die Dämpfungseinlage wird, vergleichbar dem konventionellen Baustahl, in den Beton mit eingegossen. Um eine sichere Kraftübertragung zu gewährleisten, ist der Blechmantel 42 mit Noppen 45 versehen.

Für die optimale Dimensionierung der Dämpfungseinlage gelten analoge Beziehungen wie bei Fig. 1. Haben die Stahlsegmente 41 den Elastizitätsmodul E , die Länge l (von Verjüngung zu Verjüngung) und den maximalen Radius R , und der Dämpfungsstoff 43 die Dicke d und den Gleitmodul G , so ergibt sich mit den Einstellbedingungen

$$1) \quad d \ll R$$

$$2) \quad 1 = \frac{E}{G} \frac{d R}{l^2}$$

$$3) \quad G = i G''$$

der maximal mögliche Verlustmodul $E'' = 1/2 E$.

Fig. 6 unterscheidet sich von Fig. 5 durch Verzicht auf einen schützenden Blechmantel. Durch Verjüngungen 54 ist die Dämpfungseinlage wieder in einzelne Stahlsegmente 51 unterteilt, die mit einem Dämpfungsstoff 53 umgeben sind. Die Dämpfungseinlage wird direkt in Beton eingegossen.

In Fig. 7 besteht die Dämpfungseinlage aus einem konventionellen, durchgehenden Baustahlstab 61. Dieser ist von einem Dämpfungsstoff 63 umgeben und von einem Blechmantel 62 eingeschlossen. -

Setzt man die halbe Wellenlänge $\lambda/2$ einer Schwingung mit der Segmentlänge l nach den Fig. 1 - 4 gleich, so bestehen die gleichen Dimensionierungsvorschriften für optimale Dämpfungseigenschaften. Um eine für alle Wellenlängen maximale Dämpfung zu erreichen, ist es zweckmäßig, einen Dämpfungsstoff 63 zu verwenden, dessen Schubmodul mit der Frequenz ω zunimmt. Viskose Stoffe mit Newton'scher Flüssigkeitsreibung erfüllen diese Forderung. Der Schubmodul eines solchen Stoffes mit der Zähigkeit μ hat den Schubmodul $G = i G'' = i \omega \mu$.

In Fig. 8 ist die Dämpfungseinlage analog zu Fig. 7 durch einen im wesentlichen konventionellen Baustahlstab 71 gebildet, der filmartig von einem Dämpfungsstoff 73 umgeben ist.

Dieser besteht aus einem gegenüber Beton beständigen Kunststoff bzw. einer Bitumenschicht.

Während in den oben genannten Ausführungsbeispielen jeweils streifenförmige Dämpfungseinlagen beschrieben wurden, stellt die Ausführung nach Fig. 9 ein flächenhaftes Dämpfungselement dar. Es besteht aus Blechquadraten 81, die durch Kröpfungen 84 gegenüber Zugspannungen entkoppelt sind. Die Blechquadrate sind mit einem Dämpfungsstoff 83 versehen und befinden sich an der Unter- oder Oberseite an der zu dämpfenden Wand. Durch Haken 86 ist eine feste Verbindung gewährleistet. In dieser Form kann das Dämpfungselement als "Antidröhnbelag" aufgefaßt werden. Die Dimensionierung ist analog zu Fig. 1, wobei sich die Segmentlänge l und die Seitenlänge der Blechquadrate 81 entsprechen. -

Mit entsprechend reduzierten Längen lassen sich neben den quadratischen auch drei- und sechseckige Grundrißformen der Blechquadrate 81 einsetzen.

Die Dämpfungseinlagen nach Fig. 1 - 8 werden analog der Bau-stahlbewehrung in den Beton mit eingegossen. Für eine Verdoppelung der Eigendämpfung ist dabei ein Bewehrungsgrad von 1 - 3 % ausreichend. Die Dämpfungswirkung ist am höchsten, wenn die Dämpfungseinlage möglichst weit von der neutralen Faser entfernt in den Randpartien und an Spannungskonzentrationen in Ecken angeordnet werden. Außerdem ist es möglich, die Dämpfungseinlagen - auch nachträglich - außen anzubringen. Hierbei ist lediglich für eine gute kraftschlüssige Verbindung Sorge zu tragen.

Über diese konventionellen Anordnungen hinaus ist in Fig. 10 eine weitere Einbringung dargestellt. Hierbei wechselt die Dämpfungseinlage von Ober- zu Unterseite der Wand. Eine solche Anordnung ergibt höhere Belastungen und damit auch höhere Dämpfungen.

Herstellungsmäßig am einfachsten ist es, die als Schutz vorgesehenen Ummantelungen aus Blechstreifen zu bilden und die Enden

0037884

zusammenzubördeln. Die Bördelnaht kann dabei gleichzeitig als Formschlußverbindung zwischen Blechmantel und Beton ausgebildet werden. Dazu kann auch ein spiraliger Umlauf der Bördelnaht vorteilhaft sein. Bei diesem Herstellungsverfahren ist es auch zweckmäßig, den Dämpfungsstoff an den Blechstreifen aufzutragen.

Bezeichnungsschlüssel:

- 1 Stahlsegment
- 2 Mantel
- 3 Dämpfungsstoff
- 4 Segmentunterbrechung
- 5 Mantelkröpfungen
- 6 Sonstiges (Haken Fig. 9)

S C H U T Z A N S P R Ü C H E

1. Verfahren und Vorrichtung zur Dämpfung von Bauwerken insbesondere Betonelementen, dadurch gekennzeichnet, daß Dämpfungseinlagen, bestehend aus Stahlsegmenten (1, 11, 21, 31, 41, 51), die kraftschlüssig durch Unterbrechungen (4), Einschnitte (14), Bögen (24, 34), Querschnittsverjüngungen (44, 54) gegeneinander entkoppelt sind, und die filmartig mit einem Dämpfungsstoff (3, 13, 23, 33, 43, 53) und zum Schutz mit einem Blechmantel (2, 12, 22, 42) umgeben sind, mit in den Beton eingegossen werden bzw. kraftschlüssig an dem zu dämpfenden Bauteil angebracht werden.
2. Dämpfungseinlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Querschnittsfläche F , die Länge l , der Umfang U und der Elastizitätsmodul E der Stahlsegmente und Film-
dicke d und Gleitmodul G des Dämpfungsstoffes nach den Optimierungsbedingungen
 - 1) $G = i \cdot G''$
 - 2) $1 = 2 \cdot \frac{E}{G''} \cdot \frac{d \cdot F}{l^2 \cdot U}$abgestimmt sind.
3. Dämpfungseinlage nach den Ansprüchen 1 und 2 dadurch gekennzeichnet, daß durchgehende Stahlstäbe (61, 71) mit einem Dämpfungsfilm (63, 73) umgeben sind, dessen Gleitmodul entsprechend der Newton'schen Reibungscharakteristik mit zunehmender Schwingungsfrequenz größer wird.
4. Dämpfungseinlagen nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung eines betonbeständigen Dämpfungsstoffes, z. B. Kunststoff und Bitumen die Schutzummantelung mit einem Blechmantel eingespart wird.

0037884

5. Dämpfungseinlagen nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß diese bevorzugt im Bereich von Spannungskonzentrationen, z. B. Ecken, Randpartien oder auch wellenförmig von der Ober- zur Unterseite reichend angebracht werden.
6. Dämpfungseinlagen nach den Ansprüchen 1, 2 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Blechfläche durch Kröpfungen (84) in Blechquadrate (81) unterteilt und diese mit Dämpfungsmittel (83) belegt an dem zu dämpfenden Bauelement angebracht wird.

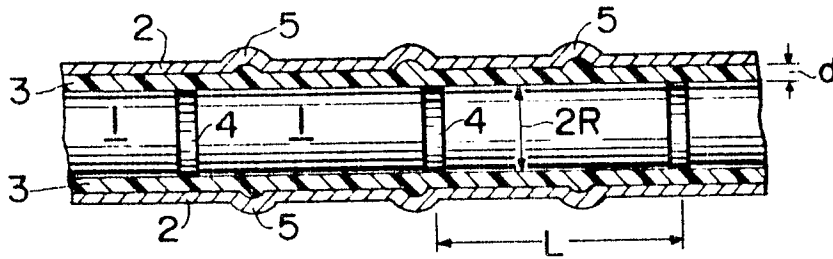


FIG. 1

FIG. 2

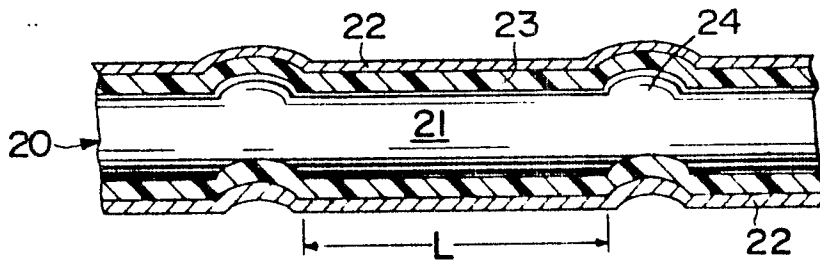
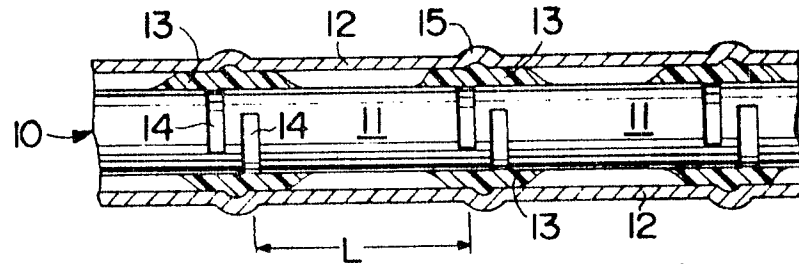


FIG. 3

FIG. 4

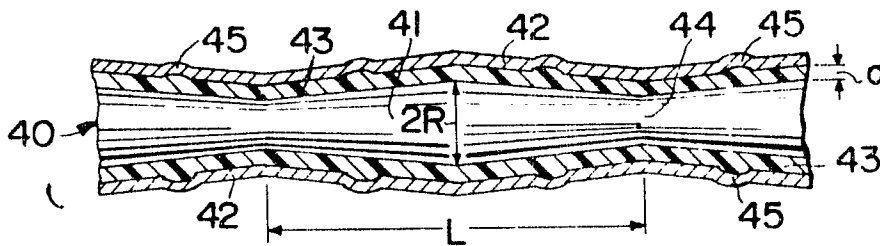
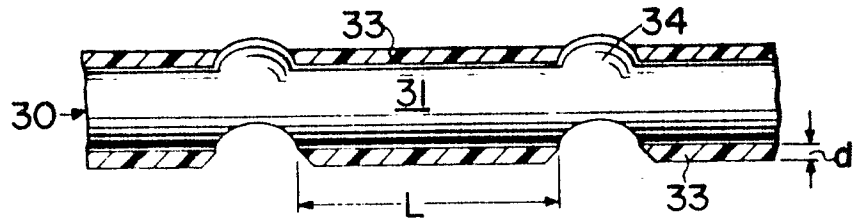
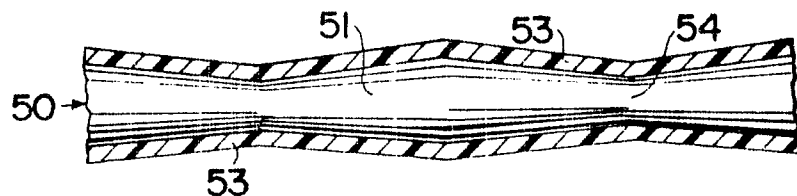


FIG. 5

FIG. 6



2/2

0037884

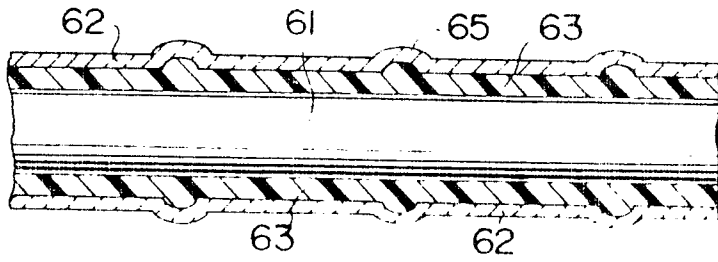


FIG. 7

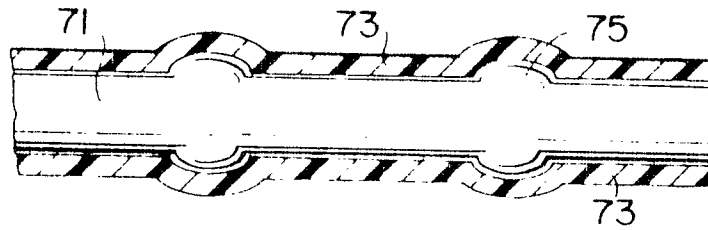


FIG. 8

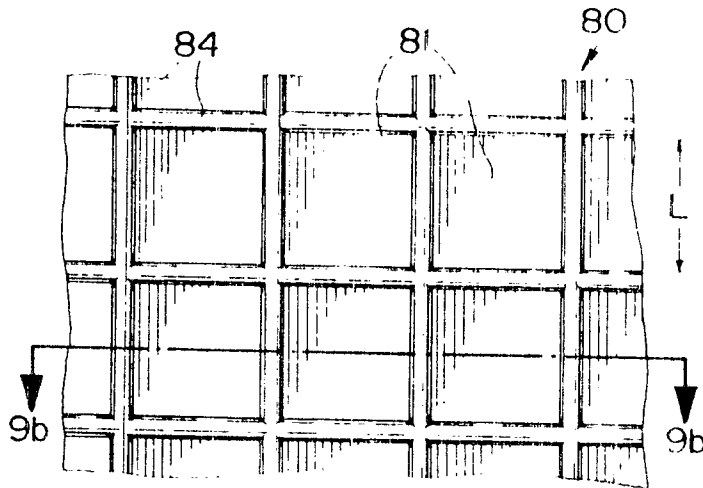


FIG. 9a

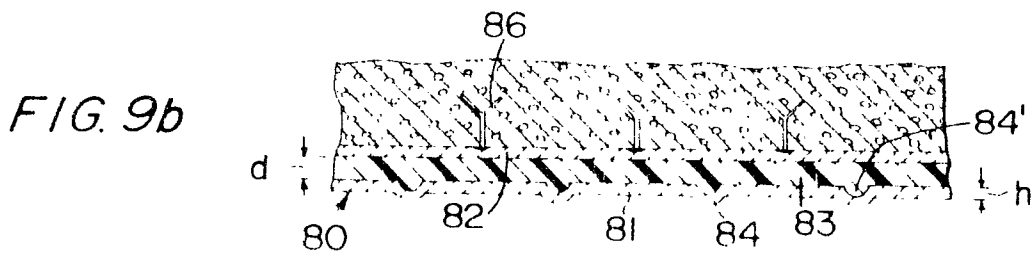


FIG. 9b

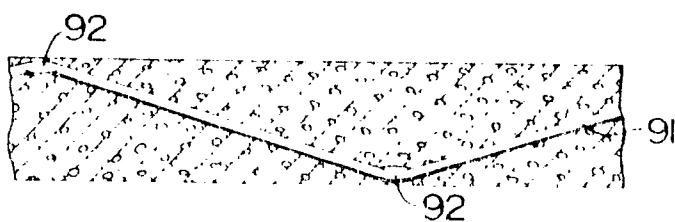


FIG. 10



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0037884

Nummer der Anmeldung

EP 81 10 1049

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
	FR - A - 2 382 622 (MESSERSCHMITT) * Das ganze Dokument * & DE - A - 2 708 896 --	1,2	E 04 B 1/98 E 02 D 27/34
A	DE - A - 2 921 828 (FREYSSINET)	6	
A	FR - A - 2 014 661 (MINNESOTA)		
A	FR - A - 2 391 067 (COMMONWEALTH SCIENTIFIC) ----		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.)
			E 04 B E 02 D E 04 H
			KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE
			X: von besonderer Bedeutung A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: kollidierende Anmeldung D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
/	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.		
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 29-07-1981	Prüfer CAVALERI