



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 198 51 311 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
H 01 H 85/055

21 Aktenzeichen: 198 51 311.9  
22 Anmeldetag: 6. 11. 1998  
43 Offenlegungstag: 18. 5. 2000

71 Anmelder:  
1st Memory Alloys GmbH, 61279 Grävenwiesbach,  
DE  
74 Vertreter:  
WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,  
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising

72 Erfinder:  
Steckmann, Helge Georg, Dr., 61279  
Grävenwiesbach, DE; Prieb, Viktor, Dr., 12053  
Berlin, DE; Neganov, Leonid, Dr., Kiew, UA

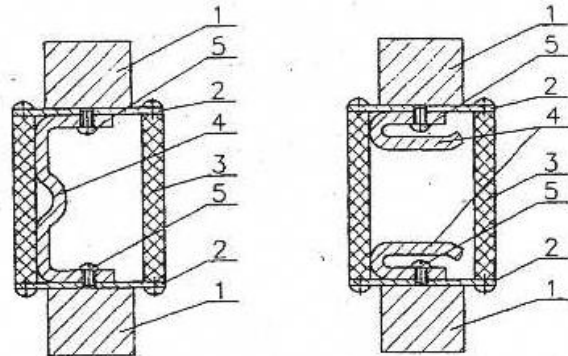
56 Entgegenhaltungen:  
DE 196 07 756 C1  
DE 195 29 500 A1  
= EP 07 61 188 A2  
GB 7 97 068

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Elektrische Bruchsicherung mit Memory-Einsatz und dafür geeignete Memory-Legierungen

57 Elektrische Sicherung mit einem Einsatz bzw. Bruchein-  
satz aus einem sogenannten Memory-Metall bzw. einer  
sogenannten Memory-Legierung, d. h. aus einer Legie-  
rung mit Formgedächtniseigenschaften. Bei Überlast-  
oder Kurzschlußströmen im elektrischen Netz bricht sich  
der in der Sicherung fest eingebaute Einsatz durch stei-  
gende mechanische Innenspannungen selbst an einer  
durch die Geometrie seiner Form vorbestimmten Stelle  
oder an einer durch eine Perforation oder eine Beschich-  
tung mit einer chemisch aktiven Reagenz-Legierung mar-  
kierten Sollbruchstelle oder an einer Befestigungsstelle  
mit einer kalibrierten Bruchgrenze, derart, daß sich die  
Einsatzbruchteile nach dem Bruch des Einsatzes mit einer  
so großen Geschwindigkeit voneinander entfernen, daß  
kein Lichtbogen entsteht.



DE 198 51 311 A 1

## DE 19851311 A1

### Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrische Nieder- bzw. Hochspannungssicherung für die Anwendung in Elektronik und Elektrotechnik in elektrischen Vorrichtungen für deren lichtbogenlose Ausschaltung bei thermischen Beanspruchungen, Überlast- und Kurzschlussströmen, und insbesondere einen Brucheinsatz für solch eine Sicherung aus einer Legierung mit Formgedächtniseigenschaften sowie für die Herstellung eines solchen Einsatzes geeignete Formgedächtnislegierungen auf Cu-Basis. Diese elektrische Sicherung wird mit einem Brucheinsatz in unterschiedlichen geometrischen Formen und deren Kombinationen bereitgestellt, und ebenso werden die für die Herstellung des Einsatzes geeigneten Formgedächtnislegierungen bzw. Memory-Legierungen mit unterschiedlichen Zusammensetzungen bereitgestellt. Hierbei wird in einem Sicherungskörper mit einer vereinfachten Konstruktion ein Einsatz aus einer für elektrotechnische Zwecke besonders geeigneten Legierung auf Cu-Basis und mit Formgedächtniseigenschaften (Memory-Metall) eingebaut.

Nach dem Stand der Technik sind als elektrische Sicherungen sogenannte Schmelzsicherungen bekannt (W. Knies, K. Schierack: Elektrische Anlagentechnik: Kraftwerke, Netze, Schaltanlagen, Schutzeinrichtungen/München; Wien: Hanser, 1991). Eine Schmelzsicherung nach dem Stand der Technik besteht beispielsweise nach DIN 43620 aus einem mit Quarzsand 11 gefüllten Keramikkörper 30, zwei Kontaktmessern 10, einem eingebauten Schmelzeinsatz und einem Kennmelder 80 (Fig. 1). Der Schmelzeinsatz besitzt genau festgelegte Abschmelzstellen eines oder mehrerer paralleler Schmelzleiter 40 für Überlast- und Kurzschlussströme. Bei Überlastströmen schmelzen temperaturempfindliche Lötbrücken 12 zeitverzögert ab. Bei einem Kurzschluss schmelzen mehrere Engstellen ab und verdampfen gleichzeitig. Der ent-20 stehende Lichtbogen wird in mehrere Teillichtbögen zerlegt, so dass eine möglichst große Lichtbogenspannung entsteht.

Der verdampfende Schmelzleiter 40 sintert mit dem Quarzsand 11 zu einem Leiter mit sehr hohem Widerstand, wodurch der Strom begrenzt wird.

Die Hauptnachteile von Schmelzsicherungen sind:

- Die Ausschaltung des kritischen Stromes erfolgt erst nach dem Erreichen der Schmelztemperatur des Schmelzleitermaterials (1080°C für Cu), was einer längeren Gesamtausschaltzeit führt.
- Beim Schmelzen des Einsatzes entsteht ein Lichtbogen, was sowohl zur Metallisierung der Sandfüllung 11 als auch des Keramikkörpers führt und einen Durchgang eines Reststromes ermöglicht.
- Die hohe Wärmeabgabe beim Schmelzen des Einsatzes und der Entstehung des Lichtbogens führt zu einer Druckerhöhung innerhalb des geschlossenen Keramikkörpers 30 und zu dessen Zerstörung.
- Die hohe Betriebstemperatur der Sicherung, die von dem auf den Nennstrom kalibriertem Querschnitt des Schmelzeinsatzes abhängt im Bereich von bis zu 400~450°C führt zu einer Temperaturerhöhung der gesamten elektrischen Vorrichtung und zum Austrocknen von Isolierstoffen und zur Änderung der elektrischen Eigenschaften des Schmelzeinsatzes durch die durch diese erhöhten Temperaturen hervorgerufene bzw. verstärkte Alterung der Sicherung.
- Die Funktionsfähigkeit einer Schmelzsicherung verringert sich bei Temperaturen unterhalb von 0°C und bei Anwesenheit von Feuchtigkeit die zum Einfrieren der Sandfüllung 11 führen kann.
- Die Schmelzsicherung weist bei kritischen Stromwerten eine schlechte Temperaturempfindlichkeit auf, die mit der Wärmeabfuhr durch die Sandfüllung 11 zusammenhängt.
- Der kleine Spalt zwischen den abgeschmolzenen Teilen des Einsatzes einer Schmelzsicherung kann zur wiederholten Entstehung eines Lichtbogens führen.

Um einige dieser Nachteile der Schmelzsicherungen zu beseitigen, wurden elektromechanische Selbstschalter entwickelt. Es sind Leitungsschutzschalter (LS-Schalter) und Leistungsschalter bekannt, die als Transformator-, Generator-, Motor-, Kondensatorschutzschalter usw., d.h. für Anlagen mit großer Induktivität, verwendet werden.

Wie in Fig. 2a zu sehen ist, besitzen LS-Schalter die folgenden konstruktiven Elemente:

Ein von Hand zu betätigendes Schaltschloss 13 mit Freiauslösung, ein Kontaktsystem 14 mit Lichtbogenlöscheinrichtung, einen thermisch verzögerten Auslöser 15 (Bimetallauslöser, Überlastauslöser) und einen unverzögerten elektromagnetischen Auslöser 16 (Kurzschlussauslöser). Ferner weist ein LS-Schalter eine Zuleitung 17, eine Feder 18, Lichtbogenlaufbleche 19 und eine Ableitung 20 auf.

Wie in Fig. 2b zu sehen ist, ist ein Leistungsschalter noch komplizierter aufgebaut und weist einen elektronischen Auslöseblock 21, Lichtbogenkammern 22, einen Stromwandler 23 zur Messwertübertragung an den elektronischen Auslöseblock 21, Hauptstromanschlüsse 24, eine Vorspanneinrichtung 25 und einen Kraftspeicher 26 auf.

Diese Entwicklung hat also die ohnehin komplexe, zum Löschen eines Lichtbogens geeignete Konstruktion von Schmelzsicherungen - Sandfüllungen, Perforation des Einsatzes usw. - weiter verkompliziert.

Es ist somit Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine elektrische Sicherung mit einer verkürzten Gesamtauslösezeit bereitzustellen, die einfach herzustellen und vielseitig verwendbar ist.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch die Merkmale der Ansprüche 1 bzw. 4

Die erfindungsgemäße Sicherung nach Anspruch 1 weist einen Einsatz bzw. Brucheinsatz aus einem sogenannten Memory-Metall bzw. einer sogenannten Memory-Legierung auf, d.h. aus einer Legierung mit Formgedächtniseigenschaften. Der Einsatz aus Memory-Metall ermöglicht neue vereinfachte Sicherungskonstruktionen mit einem neu ausgestalteten Gehäuse, z.B. aus einem wärmebeständigen Kunststoff, anstatt des teuren Gehäuses aus einer Hochtemperaturkeramik, ohne Sandfüllung, in das er eingebaut wird (Fig. 4), wobei der Einsatz aus einer Formgedächtnislegierung auf Cu-Basis gleichzeitig zu Kontaktmessern erweitert werden kann und auch als Kennmelder nach seinem Bruch dienen kann.

Bei Überlast- oder Kurzschlussströmen im elektrischen Netz bricht sich der in der Sicherung fest eingebaute Einsatz durch steigende mechanische Innenspannungen selbst an einer durch die Geometrie seiner Form vorbestimmten Stelle oder an einer durch eine Perforation oder eine Beschichtung mit einer chemisch aktiven Reagenz-Legierung markierten Sollbruchstelle oder an einer Befestigungsstelle mit einer kalibrierten Bruchgrenze, derart, dass sich die Einsatzbruchteile

nach dem Bruch des Einsatzes mit einer so großen Geschwindigkeit voneinander entfernen, dass kein Lichtbogen entsteht.

Da der Brucheinsatz aus der Legierung mit Formgedächtniseigenschaften nach Anspruch 2 in verschiedenen einfachen geometrischen Formen gemäß der Ansprüche 3 und 4 (Fig. 4 bis 12 und 21, 22) oder in einer Kombination dieser einfachen Formen (Fig. 13 bis 20) in einem Sicherungskörper auf verschiedene Arten gemäß der Ansprüche 5, 6, 10, 11 und 12 befestigt wird, so dass der Einsatz gemäß Anspruch 5 sich selbst an der gemäß Anspruch 7 und 8 markierten Sollbruchstelle bzw. die gemäß der Ansprüche 10 und 11 brüchige Verbindung als eine durch die Stärke der Verbindung kalibrierte Sollbruchstelle bei Überlast- und Kurzschlussströmen bricht, wobei die Lichtbogenentstehung durch die große Geschwindigkeit (Fluchtgeschwindigkeit), mit der sich die Bruchteile des Einsatzes (die Einsatzbruchteile) voneinander entfernen, verhindert wird und wobei der Einsatz selber gemäß Anspruch 13 das Auslösen bzw. den wechselbedürftigen Zustand der Sicherung ohne zusätzlichen Kennmelder kennzeichnet, ergibt sich gemäß Anspruch 1 eine neue elektrische Bruchsicherung, die in einem weiten Strom- und Spannungsbereich verwendbar ist.

Die Formgedächtniseigenschaften des Einsatzes müssen bei erhöhten Temperaturen und bei häufigen Zyklen über den Umwandlungstemperaturbereich hinaus stabil bleiben. Bekannte Formgedächtnislegierungen auf Cu-Basis erfüllen diese Voraussetzung nicht. So sind Legierungen mit Formgedächtniseigenschaften bzw. Formgedächtnislegierungen bzw. Memory-Legierungen auf der Kupferbasis mit Umwandlungstemperaturen unterhalb von 100°C bekannt, beispielsweise aus „Proc. of the Int. Conf. on the Mart. Transformation ICOMAT 95, Lausanne, Switzerland, August 2~25, 1995“, Part II, Herausgeber R. Gotthard und J. Van Humbeeck, in J. de Physique IV Vol. 5, Colloque C8, Suppl. au J. de Physique III, no12, 1995. Es besteht die Tendenz, mehrere Elemente zuzugeben, um die Stabilität des Martensits zu erhöhen und erhöhte Umwandlungstemperaturen zu erreichen (Sugimoto K., Kamei K., Nakaniwa M., „Cu-Al-Ni-Mn: A New Shape Memory Alloy for High Temperature Application“, Engineering Aspects of Shape Memory Alloys, T. W. Duerig et al., Herausgeber Butterworths-Heinemann Ltd., (1990), Seiten 89-95). Im Gegensatz dazu stellt die vorliegende Erfindung zwei neue Formgedächtnislegierungen auf Cu-Basis bzw. Kupferbasis mit bis auf 215°C erhöhten Umwandlungstemperaturen, mit erhöhter Alterungs- und Wärmebeständigkeit bis zu 600°C und mit Beständigkeit gegenüber Temperatur- bzw. Umwandlungszyklen bereit. Die erste Legierung enthält, in Massenprozent: Aluminium (Al) 10,8-11,8; Kadmium (Cd) 2,5-5,4; Nickel 0,5-1,5; Silber (Ag) 0-2,7; Mangan (Mn) 0-0,5; Vanadium (V) 0,1-0,5 und Kupfer (Cu) als Rest (Tabelle 1). Die zweite Legierung enthält, in Massenprozent: Aluminium (Al) 10,8-11,9; Beryllium (Be) 0,9-2,5; Silber (Ag) 1,2-4,5; Zirkonium (Zr) 2,2-5,8; Magnesium (Mg) 0,7-5,3; Natrium (Na) 0,1-0,7 und Kupfer (Cu) als Rest.

Die Hauptvorteile der erfindungsgemäßen Sicherung sind:

1. Senkung der Auslösetemperatur auf 60~400°C durch ein grundsätzlich neues Funktionsprinzip.
2. Verhinderung der Lichtbogenentstehung durch die große Geschwindigkeit (Fluchtgeschwindigkeit), mit der sich die Bruchteile des Einsatzes, d.h., die Einsatzbruchteile, nach dem Auslösen der Sicherung bzw. dem Bruch des Einsatzes voneinander entfernen.
3. Verkürzung der Gesamtauslösezeit um den Faktor 3 bis 5 durch die niedrige Auslösetemperatur und die große Bruch- bzw. Fluchtgeschwindigkeit.
4. Beseitigung der thermischen und mechanischen Beanspruchung, die bei einer Lichtbogenentstehung zur Zerstörung des Sicherungskörpers und anderer Sicherungsbauteile führt.
5. Einwandfreie Funktionstüchtigkeit bzw. Funktionsfähigkeit auch bei Temperaturen unterhalb von 00C und bei Feuchtigkeit durch Verzicht auf eine Sandfüllung, die nicht mehr erforderlich ist.
6. Wesentliche Vereinfachung und Verrbilligung der Sicherungskonstruktion durch Verzicht auf einen Keramikkörper, Dichtungen und zusätzlich bzw. getrennt bereitzustellende Kontaktmessenger und Kennmelder.
7. Eine um den Faktor 2 bis 3 höhere Temperaturempfindlichkeit durch die Abwesenheit einer wärmeaufnehmenden Sandfüllung.
8. Ausschließen einer wiederholten Entstehung eines Lichtbogens durch die wesentlich größere Entfernung der Einsatzbruchteile nach dem Auslösen der Sicherung, wobei diese maximale bzw. optimierte Entfernung bis zu 98% des Abstandes zwischen den Kontaktböden bzw. Befestigungsstellen des Einsatzes betragen kann.
9. Wesentliche Senkung der Betriebstemperatur bzw. Erwärmungstemperatur der gesamten elektrischen Vorrichtung.
10. Eine wesentliche Senkung des Sicherungsgewichtes und der äußeren Abmessungen der Sicherung durch den Verzicht auf eine Sandfüllung und die Ausführung des Sicherungskörpers aus einem Kunststoff mit Ventilationsöffnungen.
11. Eine vorteilhafte Nutzung der Einsatzbruchteile als Kennmelder dadurch, dass sie nach dem Auslösen der Sicherung aus dem Sicherungskörper hinausstechen bzw. hinausragen, oder eine vorteilhafte Nutzung der Einsatzbruchteile als Auslöser für einen Standardkennmelder dadurch, dass sie beim Auslösen der Sicherung den die Standardkennmelderkappe haltenden gespannten Draht, der einen geringen Durchmesser aufweist, „durchhauen“ bzw. durchtrennen.
12. Eine vorteilhafte Verkleinerung der Stromdichte im Einsatz durch die Vergrößerung des Querschnitts des Einsatzes. Es ist zu beachten, dass bei Schmelzsicherungen eine Vergrößerung des Querschnitts des Einsatzes nachteiligerweise zu einer Vergrößerung der Schmelzzeit und zur Entstehung eines stabilen Lichtbogens führt.
13. Eine vorteilhafte automatische Nachbesserung des Kontaktes des Einsatzes an seinen Befestigungsstellen durch das automatische Selbstanspannen des Memory-Einsatzes beim Erwärmen in den Temperaturbereich der martensitischen Rückumwandlung ( $A_s < \text{Temperatur } T < A_f$ ) hinein aufgrund des durch den Einsatz hindurchgehenden Stromes oder durch entsprechende Funkenbildung bei einer Lockerung des Kontaktes.
14. Ferner kann man die Zeit-Strom-Charakteristiken des Einsatzes bzw. der elektrischen Sicherung durch entsprechende Wahl der Zusammensetzung der Memory-Legierung für den Einsatz, des Querschnitts des Einsatzes, der martensitischen "Rastverformung" des Einsatzes bei dessen Einbau in die elektrische Sicherung und der Wärmeabfuhrbedingungen einstellen bzw. steuern.

# DE 198 51 311 A 1

Die Formgedächtnislegierungen bzw. Memory-Legierungen für die erfindungsgemäßen Memory-Brucheinsätze müssen die folgenden Anforderungen erfüllen:

- hoher elektrischer Leitwert,
- Beständigkeit gegenüber Temperatur- bzw. Umwandlungszyklen,
- Korrosionsbeständigkeit,
- Wärmebeständigkeit bzw. Alterungsbeständigkeit bei erhöhten Temperaturen bezüglich, sowohl der elektrischen Eigenschaften als auch der Formgedächtniseigenschaften,
- Ermüdungsbeständigkeit,
- Beständigkeit gegenüber der Einwirkung eines Lichtbogenplasmas, und
- auf Überlast- und Kurzschlussströme eingestellte, durch die Zusammensetzung der Memory-Legierung gesteuerte Bruchtemperatur.

Als Cu-Basis Memory-Legierungen werden Legierungen gemäß der Ansprüche 17 und 18 genommen, die als Grundkomponente Kupfer (Cu) 67,6-86,1 und Aluminium (Al) 10,8-11,9 in Massenprozent enthalten, und deren Eigenschaften durch Zugabe von weiteren Elementen in kleinen Mengen nachgebessert werden.

Die Zugabe von Cadmium (Cd) in Grenzen von 2,5-5,0 Gewichtsprozent führt zur Plastifizierung des Martensits, erhöht die Lichtbogenbeständigkeit und verbessert die elektrischen Eigenschaften.

Die Zugabe von Silber (Ag) in Grenzen von 2,1-2,5 Gewichtsprozent führt zur Leitwerterhöhung und zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit.

Die Zugabe von Vanadium (V) in Grenzen von 0,1-0,5 Gewichtsprozent erhöht die Ermüdungsbeständigkeit, Temperaturzyklenbeständigkeit und Wärmebeständigkeit.

Die Zugabe von Beryllium (Be) in Grenzen von 0,2-2,5 Gewichtsprozent führt zur Verfestigung der Legierung durch Ausscheidungshärtung.

Die Zugabe von Zirkonium (Zr) in Grenzen von 2,2-5,8 Gewichtsprozent verbessert die Formgedächtniseigenschaften und die Wärmebeständigkeit.

Die Zugabe von Magnesium (Mg) in Grenzen von 0,7-5,3 Gewichtsprozent erhöht die mechanische Festigkeit. Die Zugabe von Natrium (Na) in Grenzen von 0,1-0,7 Gewichtsprozent verkleinert die Korngröße und verbessert dadurch die mechanischen Eigenschaften.

Die erste Legierung hat folgende physikalische und technologische Eigenschaften (Austenit-Martensit):

Dichte, kg/m <sup>3</sup>	8800-8900
Spezifische Wärmeleitfähigkeit, W/m.K	95-120
Spezifischer elektrischer Widerstand (20°C), μΩm	0,015~0,020
Temperaturkoeffizient des spezifischen elektrischen Widerstands (20-100°C), K <sup>-1</sup>	0,00032-0,00035
Schmelztemperatur, °C	1050-1070

Die zweite Legierung hat folgende physikalische und technologische Eigenschaften (Austenit-Martensit):

Dichte, kg/m <sup>3</sup>	8250-8500
Spezifische Wärmeleitfähigkeit, W/m.K	80-100
Spezifischer elektrischer Widerstand (200C), μΩ. m	0,010-0,030
Temperaturkoeffizient des spezifischen elektrischen Widerstandes (20-100°C), K <sup>-1</sup>	0,00073
Schmelztemperatur, °C	1070-1090

Die legierenden Elemente bilden chemische Verbindungen mit Kupfer - Cu - oder miteinander, die beschränkte Mischkristalllösbarkeit aufweisen. Die Abschreckung in kaltem Wasser von 9100C führt zu einem übersättigten Mischkristall. Die Alterung bei 250°C während 20 Minuten führt zum Ausbilden von intermetallischen Verbindungen und dadurch zu einer Auslösungshärtung der beiden Legierungen. Die Legierungen vereinigen hochstabile Formgedächtniseigenschaften mit verbesserten mechanischen Eigenschaften: Große Elastizitäts-, Fließ- und Ermüdungsgrenzen, und erhöhte Verschleißfestigkeit. Die Legierungen sind auch durch eine erhöhte elektrische Leitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit gekennzeichnet.

Durch die vorteilhafte Ausgestaltung bzw. Herstellung des Brucheinsatzes nach Anspruch 2 aus Memory-Legierungen bzw. Legierungen mit Formgedächtniseigenschaften wird erreicht, dass sich bei der Erwärmung des in den Sicherungskörper fest eingebauten Einsatzes über den Temperaturbereich der martensitischen Rückumwandlung hinweg und darüber hinaus die mechanische Kraft bzw. die inneren Spannungen (Innenspannungen) im Einsatz kontinuierlich bis zur Bruchgrenze (Fig. 3) entwickeln bzw. zunehmen.

Das vorteilhafte Merkmal, dem Brucheinsatz nach Anspruch 3 durch die plastische Verformung in dem austenitischen Hochtemperaturzustand eine geometrische Form einzuprägen, führt dazu, dass der in einer der beispielsweise in den Fig. 4 bis 22 gezeigten, gegenüber der voreingeprägten Ursprungsform geänderten Form nach einem der Ansprüche 3 und 4 in den Sicherungskörper eingebauten Brucheinsatz diese ursprüngliche Form bzw. Ursprungsform bei Erwärmung über die Endtemperatur Af der martensitischen Rückumwandlung hinaus zu erreichen versucht, und sich so selbst bzw. eine vorgesehene Bruchbefestigungsstelle bricht, so dass sich die Bruchteile des Einsatzes nach dem Auslösen der Sicherung, also dem Bruch des Einsatzes, in vorbestimmte gewünschte Richtungen entfernen, wobei der Abstand, den die Einsatzbruchteile nach dem Auslösen der Sicherung schließlich einnehmen, je nach der

ursprünglichen eingepprägten Form des Einsatzes auf Werte von 10 bis 98% des Abstandes zwischen den Befestigungsstellen des Einsatzes einstellbar ist.

Die vorteilhafte Ausgestaltung des Einsatzes nach Anspruch 4 als ein dünnes Band, dem durch die plastische Verformung im austenitischen Hochtemperaturzustand die ursprüngliche Form einer Rolle oder einer Harmonika eingepragt wird und das dann in einer aufgerollten bzw. ausgedehnten geraden Form Fig. 21 a bzw. 22a) auf einer Isolierungsunterlage, falls erforderlich mit einer gespaltenen Beschichtung ihrer Gegenseite als ein bekanntes Lichtbogengefäß, befestigt wird, führt zu einer Erhöhung der Fluchtgeschwindigkeit der Einsatzbruchteile, das heißt, der Geschwindigkeit, mit der sich die Bruchteile des Einsatzes nach dem Auslösen der Sicherung voneinander wegbewegen, und führt ebenfalls zu einer Erhöhung des Abstandes der Einsatzbruchteile nach diesem Auslösen der Sicherung.

Die vorteilhafte harte beziehungsweise unnachgiebige Befestigung des Memory-Brucheinsatzes in einem Sicherungskörper nach Anspruch 5, beispielsweise durch Schrauben wie in Anspruch 6, an den beiden Sicherungskontaktböden der Sicherung (vgl. z.B. Fig. 4), derart, dass jede Formänderung des Einsatzes bei seiner Erwärmung über den Temperaturbereich der martensitischen Rückumwandlung hinweg und hinaus durch eine derartige harte bzw. unnachgiebige Befestigung verhindert wird, führt zur Steigerung der sich bei Überlast- und Kurzschlussströmen entwickelnden Kraft bzw. Innenspannung, also zu einer Zunahme der mechanischen Spannungen im Inneren des Einsatzes, über die Bruchgrenze des Einsatzmaterials hinaus und dadurch zum Selbstbruch des Einsatzes und Auslösen der Sicherung.

Die vorteilhafte Perforation des Memory-Brucheinsatzes nach Anspruch 7 ermöglicht es, eine Sollbruchstelle des Einsatzes im voraus festzulegen. Die so wie auch bei Schmelzsicherungen gemachte Perforation führt zu Verkleinerung des Einsatzquerschnittes und dadurch zu Abschwächen des Memory-Brucheinsatzes so wie zu Steigerung der Stromdichte und dadurch der Einsatztemperatur an der perforierten Stelle, so dass der Bruch des Memory-Brucheinsatzes genau an dieser Sollbruchstelle stattfindet.

Die vorteilhafte quere Streifenbeschichtung des Memory-Brucheinsatzes, das heißt, die Beschichtung in Form eines Streifens entlang einer Querrichtung des Einsatzes nach Anspruch 8, ermöglicht es, eine Sollbruchstelle des Einsatzes im voraus genau festzulegen. Die Beschichtung erfolgt mit einer der bekannten aktiven Reagenz-Legierungen mit niedriger Schmelztemperatur. Die Legierungen reagieren mit der Memory-Legierung, indem sie in die Kristallinengrenzen des Mehrkristalleinsatzes durchdringen und ihre mechanische Festigkeit abschwächen, so dass ein Zwischenkristallinbruch des Einsatzes an der derart festgelegten, "markierten" Sollbruchstelle stattfindet.

Die vorteilhafte Befestigung des Memory-Brucheinsatzes in einem Sicherungskörper, beispielsweise mit einer Seite durch eine Schraube an einem Sicherungskontaktboden des Sicherungskörpers und mit der anderen Seite an einem Kontaktmesser oder an dem anderen Kontaktboden durch eine brüchige Verbindung, beispielsweise mittels Löt-, Punktschweiß-, Niet- oder Schraubverbindung, mit einer durch die Stärke der Verbindung kalibrierten Bruchgrenze, führt nach Anspruch 10 bzw. 11 dazu, dass ein Auslösen der Sicherung bzw. ein Bruch des Einsatzes bei Überlast- und Kurzschlussströmen an dieser brüchigen Befestigungsstelle stattfindet, derart, dass der Einsatz aus Memory-Legierung unbeschädigt bleibt und durch eine erneute Befestigung wieder bzw. mehrmals verwendet werden kann.

Der vorteilhafte Einbau des massiven Memory-Brucheinsatzes in einem Sicherungskörper (vgl. z. B. Fig. 5a, 5b und 13a, 13b), derart, dass er durch die beiden Sicherungskontaktböden des Sicherungskörpers hinausgeführt und von außen befestigt wird, ermöglicht es nach Anspruch 12, den Einsatz aus einer entsprechenden für elektrotechnische Zwecke geeigneten Formgedächtnislegierung bzw. Memory-Legierung auf Cu-Basis gleichzeitig als Kontaktmesser zu verwenden und dadurch das Problem des Herstellens bzw. Aufrechterhaltens eines sicheren Kontaktes zwischen den Kontaktmessern einer elektrischen Sicherung und ihrem Einsatz zu beseitigen, wodurch die Sicherungskonstruktion weiter vereinfacht werden kann.

Das vorteilhafte Erwärmen des Memory-Einsatzes aufgrund des durch die Sicherung hindurchfließenden Stromes bis zu einer Temperatur T im Bereich der martensitischen Rückumwandlung, d.h. im Bereich  $As < T < Af$ , wobei As die Anfangstemperatur der martensitischen Rückumwandlung und Af die Endtemperatur der martensitischen Rückumwandlung des Einsatzes ist, führt gemäß Anspruch 13 zu einer automatischen Sicherung bzw. Nachbesserung der elektrischen Kontakte an den Schraubenbefestigungsstellen des Einsatzes, an denen dieser im Sicherungskörper an den Kontaktböden des Sicherungskörpers befestigt ist, durch die Selbstanspannung des Einsatzes aufgrund der im Inneren des Einsatzes mit der Temperatur T zunehmenden inneren mechanischen Spannungen bzw. Innenspannungen.

Die vorteilhafte Ausgestaltung der Sollbruchstelle und der ursprünglichen Brucheinsatzform, d.h. der Ursprungsform des Einsatzes, führt gemäß Anspruch 14 dazu, dass Einsatzbruchteile nach dem Auslösen der Sicherung durch einen Spalt oder gegebenenfalls durch mehrere Spalten im Sicherungskörper nach außen herausragen (vgl. z.B. Fig. 5, 7, 8, 9, 10, 12, 14 und 16) und kennzeichnen somit die wechselbedürftige Sicherung, d.h., die nach außen herausragenden Einsatzbruchteile zeigen an, dass die Sicherung gewechselt werden muss. Dies führt zu einer weiteren Vereinfachung der Sicherungskonstruktion, bei der kein zusätzlicher, getrennter Kennmelder eingebaut werden muss, da der Memory-Brucheinsatz diese Kennmelder-Funktion selbst übernimmt.

Die vorteilhafte Sicherungskörperkonstruktion mit Längsspalten nach Anspruch 15 verbessert die Wärmeabfuhr von dem Memory-Brucheinsatz und lässt die Einsatzbruchteile nach dem Auslösen der Sicherung "hinausfliegen", derart, dass sie aus dem Sicherungskörper herausragen, wodurch das Auslösen der Sicherung bzw. die wechselbedürftige Sicherung nach Anspruch 14 gekennzeichnet bzw. angezeigt wird.

Die vorteilhafte Ausgestaltung der elektrischen Sicherungen nach Anspruch 1 mit dem Memory-Brucheinsatz, der nach Anspruch 16 den dünnen, kapphaltenden Draht eines Standardkennmelders nach dem Auslösen der Sicherung "durchhaut" bzw. durchtrennt, ermöglicht es, den Standardkennmelder einer Schmelzsicherung beizubehalten bzw. zu verwenden, um eine wechselbedürftige Sicherung zu kennzeichnen, d.h., um anzuzeigen, dass die Sicherung ausgelöst wurde und gewechselt werden muss.

Die mit den Ansprüchen 17 bis 19 beanspruchten erfindungsgemäßen elektrischen Sicherungen bzw. Einsätze bestehen aus für die Lösung der Aufgaben der vorliegenden Erfindung besonders geeigneten Memory-Legierungen bzw. Formgedächtnislegierungen auf Cu-Basis.

Die vorteilhafte Anwendung dieser amorphen erfindungsgemäßen Memory-Legierungen nach Anspruch 19 verbessert

wesentlich die elektrischen und mechanischen Eigenschaften des Brucheinsatzes gemäß Ansprüchen 4.

Die übrigen Unteransprüche beziehen sich auf vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen des Memory-Brucheinsatzes anhand der Zeichnungen.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Schnitt durch eine NH-Schmelzsicherung nach DIN 43620;

Fig. 2a und 2b den Aufbau eines Leitungsschutzschalters (a) und eines Leistungsschalters (b);

Fig. 3 die Entwicklung der Innenspannung in einem Brucheinsatz aus einer Memory-Legierung bis zur Bruchgrenze  $\sigma_B$  bei einer Temperaturerhöhung über den Temperaturbereich der martensitischen Rückumwandlung hinaus bis zur Bruchtemperatur  $T_B$ ;

Fig. 4a und 4b jeweils einen Schnitt durch eine Bruchsicherung mit einem X-förmigen Memory-Brucheinsatz;

Fig. 5a, b, c, d und e einen I-förmigen Memory-Brucheinsatz, der auch als Kontaktmesser (a, b) und Kennmelder (b, e) fungiert;

Fig. 6a und 6b einen L-förmigen Memory-Brucheinsatz;

Fig. 7a, b und c einen C-förmigen Memory-Brucheinsatz, der auch als Kennmelder (c) fungiert;

Fig. 8a, b und c einen U-förmigen Memory-Brucheinsatz, der auch als Kennmelder (c) fungiert;

Fig. 9a, b, c und d einen S-förmigen Memory-Brucheinsatz, der auch als Kennmelder (d) fungiert;

Fig. 10a und 10b einen Z-förmigen Memory-Brucheinsatz, der auch als Kennmelder (b - gestrichelt) fungiert;

Fig. 11a und 11b einen E- bzw. E-förmigen Memory-Brucheinsatz;

Fig. 12a, b, c und d einen Y-förmigen Memory-Brucheinsatz, der auch als Kennmelder (d) fungiert;

Fig. 13a und 13b einen I-förmigen Memory-Brucheinsatz der auch als Kontaktmesser fungiert;

Fig. 14a, b und c einen O-förmigen Memory-Brucheinsatz, der auch als Kennmelder (c) fungiert;

Fig. 15a und 15b einen X-förmigen Memory-Brucheinsatz als Kombination von zwei einfachen C-förmigen Einsätzen;

Fig. 16a und 16b einen modifizierten X-förmigen Memory-Brucheinsatz als Kombination von zwei einfachen Y-förmigen Einsätzen, der auch als Kennmelder (b) fungiert;

Fig. 17a, b und c einen  $\Omega$ -förmigen Memory-Brucheinsatz;

Fig. 18a und 18b einen  $\Phi$ -förmigen Memory-Brucheinsatz;

Fig. 19a und 19b einen zusammengestellten bzw. kombinierten C-förmigen Memory-Brucheinsatz, der aus zwei einfachen C-förmigen Einsätzen zusammengestellt bzw. kombiniert worden ist;

Fig. 20a und 20b einen Memory-Brucheinsatz in der Volumenform einer Membran;

Fig. 21a und 21b einen Memory-Brucheinsatz als ein dünnes, sich nach dem Auslösen der Sicherung bzw. dem Bruch des Einsatzes zusammenrollendes Band;

Fig. 22a und 22 einen Memory-Brucheinsatz als ein dünnes, sich nach dem Auslösen der Sicherung bzw. dem Bruch des Einsatzes zu einer Harmonika zusammenklappendes Band;

Fig. 23 Zeit/Strom-Kennlinien für die X-förmigen Brucheinsätze mit einem Querschnitt von  $4 \text{ mm}^2$  aus Memory-Legierungen mit unterschiedlichen Umwandlungstemperaturen  $A_f$  ( $A_f$  steigt von links nach rechts);

Fig. 24 Zeit/Strom-Kennlinien für die X-förmigen Brucheinsätze aus einer Memory-Legierung mit unterschiedlichen Querschnitten: 1 -  $5 \text{ mm}^2$ ; 2 -  $5,5 \text{ mm}^2$ ; 3 -  $6,0 \text{ mm}^2$ ; 4 -  $6,5 \text{ mm}^2$ ; 5 -  $7,0 \text{ mm}^2$ ; 6 -  $7,5 \text{ mm}^2$ ; 7 -  $8,0 \text{ mm}^2$ ;

Fig. 25 Zeit/Strom-Kennlinien für die X-förmigen Brucheinsätze aus einer Memory-Legierung mit einem Querschnitt von  $3 \text{ mm}^2$  bei unterschiedlicher martensitischer "Rastverformung": 1-8%; 2-5%; 3-3%; 4-1 %; und

Fig. 26 Zeit/Strom-Kennlinien für die X-förmigen Brucheinsätze aus einer Memory-Legierung mit einem Querschnitt von  $2 \text{ mm}^2$  bei unterschiedlichen Perforationskoeffizienten des Sicherungskörpers Perforationskoeffizient = Verhältnis der Fläche der Ventilationslöcher zur Gesamtfläche des Sicherungskörpers): 1-10%; 2-20%; 3-30%.

Die Pfeile auf allen die Form des Einsatzes darstellenden Figuren zeigen mögliche Sollbruchstellen. Weiterhin, in bezug auf die Fig. 4 bis 22, zeigen die mit a gekennzeichneten Figuren und Fig. 5c jeweils den Brucheinsatz vor dessen Bruch, d.h., im martensitischen "Rastverformungs-Zustand", während die restlichen Figuren den Brucheinsatz jeweils in möglichen Zuständen nach dessen Bruch - nach dem Auslösen der Sicherung - darstellen.

Die Formgedächtniseigenschaft einer Memory-Legierung bzw. Formgedächtnislegierung besteht darin, dass sich eine im martensitischen Zustand bei niedrigen Temperaturen verformte Probe aus der Memory-Legierung bei einer Temperaturerhöhung über den Temperaturbereich  $A_s$ - $A_f$  hinweg und hindurch ( $A_s$ : Anfangstemperatur,  $A_f$ : Endtemperatur, jeweils der martensitischen Rückumwandlung) an ihre ursprüngliche Hochtemperaturform erinnert, also an ihre Ursprungsform, dadurch, daß die martensitische Tieftemperaturverformung rückgängig gemacht wird. Wenn der Rückstellung der martensitischen Tieftemperaturverformung irgendeine Kraft widersteht, wird von der Memory-Probe eine Gegenkraft entwickelt, um die Rückstellung fortzusetzen. Auf diesem Prinzip funktionieren Pressverbände und Massagevorrichtungen aus einem Verbundgewebe mit Memory-Metall, die auf die der Verformungsrückstellung widerstehenden weichen Ödeme Druck ausüben und sie dadurch verkleinern (Offenlegungsschrift DE 195 29 500 A1 vom 13.02.97 bzw. Europäische Patentanmeldung EP 0 761.188 A2 vom 12.03.97, Patentblatt 1997/11).

Wenn die Rückstellung der martensitischen Verformung durch eine harte bzw. unnachgiebige Verklebung bzw. Befestigung völlig verhindert wird, steigt bei Erwärmung über den Temperaturbereich der martensitischen Rückumwandlung hinweg und hinaus die von der Memory-Probe entwickelte Kraft bzw. Innenspannung der Probe ohne Formänderung bis zur eigenen Bruchgrenze an, d.h., die Probe bricht sich dann selber. Fig. 3 zeigt dieses Verhalten an einem realen, an einem erfindungsgemäßen Brucheinsatz gemessenen  $\sigma$ -T-Diagramm. Auf der Abszisse ist die Temperatur und auf der Ordinate die in dem Memory-Brucheinsatz entwickelte Innenspannung in Megapascal ( $1 \text{ MPa} = 106 \text{ N/m}^2 = 0,1 \text{ kg/mm}^2$ ) aufgetragen. Die Spannung steigt nahezu linear bei Temperaturerhöhung im Temperaturbereich  $A_f < T < T_B$  an. Die Temperatur  $A_f$  ist die Temperatur, bei der die martensitische Rückumwandlung der unbelasteten Probe endet. Die Bruchtemperatur  $T_B$  ist die Temperatur, bei der die Bruchgrenze des Probenmaterials erreicht wird und der Bruch des hart verklebten Einsatzes auftritt.

Die Fig. 4a und 4b zeigen eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektrischen Sicherung für Nennströme von 1~300 A und Nennspannungen von 5-500 V. Die Sicherung enthält einen Körper 3, zwei Kontaktböden 2, auf denen zwei Kontaktmesser 1 hart bzw. unnachgiebig befestigt sind, und einen Memory-Brucheinsatz 4 in einer X-Form, der mit beiden Seiten an den Kontaktböden 2 durch Schrauben 5 ebenfalls hart bzw. unnachgiebig befestigt ist.

Die in Fig. 4 dargestellte Sicherung funktioniert folgendermaßen. Wenn der Nennstrom durch den Memory-Einsatz 4 hindurchfließt wird der Memory-Einsatz bis zu einer Temperatur unterhalb der Endtemperatur der martensitischen Rückumwandlung ( $A_f$ ) erwärmt. Diese Erwärmung führt entweder zu keiner Steigerung der mechanischen Spannungen in den Memory-Brucheinsatz 4, wenn die Temperatur des Einsatzes unter der Anfangstemperatur der martensitischen Rückumwandlung ( $A_s$ ) liegt, also unterhalb der Temperatur  $A_s$ , bei der die martensitische Rückumwandlung einsetzt, oder diese Erwärmung führt zur Entwicklung bzw. Ausbildung der minimalen für die Sicherung bzw. Nachbesserung der elektrischen Kontakte notwendigen mechanischen Anspannung des Einsatzes. Bei andauernden Überlastströmen oder bei Kurzschlussströmen wird der Memory-Brucheinsatz in einer einstellbaren Zeit über die Temperatur  $A_f$  hinaus bis zur Bruchtemperatur  $T_B$  (Fig. 3) erwärmt. Hierbei entwickelt sich die mechanische Innenspannung in dem Memory-Brucheinsatz (Fig. 3) bis zur eigenen Bruchgrenze, was zum Bruch des Memory-Einsatzes und dadurch zum Ausschalten von Überlast- und Kurzschlussströmen führt. Nach dem Auslösen der Sicherung bzw. dem Bruch des Einsatzes fliegen die an einem Rand befestigten Einsatzbruchteile mit einer so großen Geschwindigkeit und auf eine so große Entfernung auseinander, dass die Lichtbogenentstehung praktisch verhindert wird.

Die Fig. 21a, b und 22a, b zeigen weitere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Memory-Brucheinsatzes mit dem gleichen Funktionsprinzip. Hier wird ein amorphes Memory-Band 4 auf einer Isolierungsunterlage 6 durch Verklebung unter Kontaktmessern 1 befestigt. Nach dem Auslösen der Sicherung rollen bzw. klappen die an einem Rand befestigten Bandbruchteile bzw. Einsatzbruchteile zu einer Spirale oder Rolle Fig. 21b) bzw. einer Harmonika (Fig. 22b) zusammen. Dies führt zu einer noch größeren Fluchtgeschwindigkeit der Einsatzbruchteile bzw. Bandbruchteile und zu noch größeren Abständen zwischen den Bruchteilrändern bis hin zu 100% des Abstandes zwischen den Befestigungsstellen des Bandes bzw. Einsatzes. Als zusätzliche Sicherung gegenüber einer Lichtbogenentstehung kann auch die Gegenseite der Isolierungsplatte 6 mit Metallstreifen beschichtet sein, was eine bekannte Lichtbogenlösch- bzw. Entladungsmethode ist.

Nach dem Bruch des Einsatzes wird die gespeicherte elastische Energie des Einsatzes wie bei einer gelösten Feder während der kürzesten Zeit (die Einsatzdicke (Rissstrecke) dividiert durch die Riss-, sprich Schallgeschwindigkeit ergibt die Bruchzeit  $t_b$  von ca. 5  $\mu$ s) freigesetzt. Die Geschwindigkeit  $v$  des Auseinanderfliegens bzw. der Flucht der Einsatzbruchteile beträgt typischerweise 5 m/s. Die zugehörige maximale Fluchtzeit  $t_L$ , während der ein Lichtbogen entstehen kann, beträgt typischerweise 0,01s. Die Erwärmungszeit von einer Temperatur  $T < A_s$  bis zur Bruchtemperatur  $T_B$  beim Kurzschluss (adiabatische Bedingungen) ergibt sich für einen Nennstrom (der Strom, dessen andauernder Fluss durch die Sicherung bzw. den Einsatz hindurch nicht zum Sicherungsbruch führt) von 100 A und für einen 200-fachen Kurzschlussstrom zu ungefähr 0,001s. Man sieht, dass bei Kurzschlussströmen die Gesamtausschaltzeit durch die Fluchtzeit begrenzt wird und ca. 0,01s beträgt.

Bei einem Überlaststrom wird die Gesamtausschaltzeit durch die Erwärmungszeit  $t_E$  begrenzt, in der die Temperatur  $T$  des Einsatzes von der Betriebstemperatur auf die Bruchtemperatur  $T_B$  ansteigt. Die Gesamtausschaltzeit bzw. die Erwärmungszeit  $t_E$  wird bei Überlastströmen durch die Temperatur  $A_f$  des Endes der martensitischen Rückumwandlung (also durch die Zusammensetzung der Memory-Legierung), durch die Querschnittsfläche  $S_E$  und die Länge  $l_E$  des Einsatzes (also durch seine Form), durch die Bruchtemperatur  $T_B$  und die Wärmeabgabebedingungen bestimmt. Die Bruchtemperatur hängt ihrerseits von der Bruchgrenze  $\sigma_B$  des Einsatzes und von dem Steigungskoeffizienten  $k_T = d\sigma/dT$  der Innenspannung mit der Temperaturerhöhung (Fig. 3) ab. Diese Erwärmungszeit soll auch groß genug sein, um das Auslösen bzw. den Bruch des Einsatzes bei Ein- und Ausschaltüberlastströmen zu vermeiden.

Die Bruchgrenze des Einsatzes lässt sich durch eine Perforation gemäß Anspruch 7 oder durch eine Beschichtung mit einem aktiven Stoff gemäß Anspruch 8 variieren. Der Steigungskoeffizient  $k_T$  kann durch die martensitische "Rastverformung" beeinflusst werden: Je größer die "Rastverformung" ist, desto schneller steigt die Innenspannung des Einsatzes mit der Temperaturerhöhung an. Die "Rastverformung" wird auch durch den Unterschied zwischen der Einsatzform im austenitischen Hochtemperaturzustand (die Form, die die Einsatzbruchteile nach dem Auslösen der Sicherung, wenn man die Einsatzbruchteile dann einfach wieder zusammenfügen bzw. zusammenhalten würde, ergeben, also die Ursprungsform des Einsatzes) gemäß Anspruch 2 und der Einsatzform im martensitischen Tieftemperaturzustand (die Einbauform in die Sicherung bzw. den Sicherungskörper) gemäß den Ansprüchen 3 und 4 bestimmt. Die Wärmeabgabebedingungen werden sowohl durch die Einsatzform (Wärmeabgabefläche, Kontaktflächen mit dem Sicherungskörper) als auch durch die Konstruktion des Einsatzes gemäß Anspruch 12 (Wärmeabgabe durch die Stromkontakte), des Sicherungskörpers gemäß Anspruch 15 und der Kontaktböden bestimmt.

Beim Einbau des erfindungsgemäßen Memory-Brucheinsatzes in einen Sicherungskörper, wie es beispielsweise Fig. 4 zeigt, kann der Standardkennmelder einer Schmelzsicherung beibehalten werden. In einer Schmelzsicherung schmilzt ein dünner Draht durch die hohe Temperatur des Lichtbogens und löst eine Feder, die auf der Außenseite eines der Kontaktböden eine Kennkappe ausstößt. Bei dem erfindungsgemäßen Memory-Brucheinsatz wird der Draht nicht geschmolzen sondern durch die nach dem Auslösen der Sicherung bzw. dem Bruch des Einsatzes auseinanderfliegenden Teile des Brucheinsatzes "durchschlagen" bzw. durchtrennt.

Die Fig. 4 bis 22 zeigen bevorzugte Einsatzformen, durch die die Sicherungsparameter wie Stromwärmepuls, bezeichnet als Joule-Integral 12.  $t$  eine für die Kurzschlussabschaltung von Schutzorganen wichtige Größe, der Nennstrom  $I_N$  und die Nenntemperatur  $T_N$  eingestellt werden können. Der elektrische Kontakt an den geschraubten Stellen wird bei allen Einsatzformen dadurch gesichert, dass der Memory-Einsatz nach Anspruch 13 bis zu einer Temperatur  $T$  im Temperaturbereich  $A_s < T < A_f$  durch den Nennstrom bzw. - bei einem sich gelösten elektrischen Kontakt - durch Funken erwärmt wird. Der Einsatz befindet sich dabei in einem leicht angespannten Zustand, d.h., er steht unter mechanischer innerer Spannung bzw. Innenspannung und stellt so einen zuverlässigen Kontakt über die möglicherweise gelockerten Schrauben her. Wenn der Kontakt doch schlecht wird, führt dies zu einer Funkenbildung und somit zu einem zusätzlichen

Erwärmen des Einsatzes. Dadurch steigt die Innenspannung des Einsatzes weiter an und der gelockerte Kontakt wird automatisch wieder hergestellt.

Die Fig. 23 bis 26 zeigen Zeit/Strom-Kennlinien, wie sie auch für Leitungsschutzsicherungen nach DIN VDE 0636 aufgenommen werden, wobei auf der Abszisse die Stromstärke in Ampere und auf der Ordinate die Zeit in Sekunden aufgetragen ist. Die Zeit/Strom-Kennlinien charakterisieren die erfindungsgemäßen Bruchsicherungen mit Memory-Einsätzen aus den erfindungsgemäßen Memory-Legierungen mit unterschiedlichen Zusammensetzungen bzw. unterschiedlichen Umwandlungstemperaturen, mit unterschiedlichen Querschnitten, mit unterschiedlichen "Rastverformungen" und für unterschiedliche Perforationskoeffizienten des Sicherungskörpers (Perforationskoeffizient = Verhältnis der Fläche von Ventilationsöffnungen zur Gesamtfläche eines Sicherungskörpers). Es ist aus diesen Diagrammen zu ersehen, wie die Sicherungsscharakteristiken durch all diese Parameter einzustellen sind, und zwar führen eine

- Erhöhung der Temperatur  $A_f$  durch Änderung der Zusammensetzung der Memory-Legierung;
- Vergrößerung des Einsatzquerschnittes;
- Minderung der martensitischen Rastverformung; und
- Vergrößerung des Perforationskoeffizienten des Sicherungskörpers (Verhältnis der Fläche der Ventilationslöcher zur Gesamtfläche des Sicherungskörpers)

zur Verschiebung der Zeit/Strom-Kennlinien nach rechts zu höheren Stromwerten.

Alle oben beschriebenen Merkmale und jede ihrer denkbaren Kombinationen miteinander fallen, soweit technisch bzw. logisch sinnvoll, unter den Anwendungsbereich dieser Erfindung. Ferner fallen alle Änderungen und Modifikationen, die für Fachleute aufgrund der gerade beschriebenen Erfindung offensichtlich sind, ebenfalls unter den Anwendungsbereich der Erfindung wie er in den beigefügten Ansprüchen definiert ist.

## Patentansprüche

1. Elektrische Sicherung mit einem Körper (3), Kontaktböden (2) und einem eingebauten Einsatz (4) aus einer Legierung mit Formgedächtniseigenschaften.
2. Elektrische Sicherung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Einsatz (4) aus einer Legierung mit Formgedächtniseigenschaften in einem austenitischen Hochtemperaturzustand zu einer bestimmten Form plastisch 30 verformt wird.
3. Elektrische Sicherung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der in dem austenitischen Hochtemperaturzustand zu einer bestimmter Form plastisch verformte Einsatz (4) aus einer Legierung mit Formgedächtniseigenschaften in einem martensitischen Tieftemperaturzustand in einer bestimmten durch martensitische Verformung bei einer der Raumtemperatur entsprechenden Temperatur T, die kleiner als die charakteristische Temperatur  $A_f$  der martensitischen Rückumwandlung ist, geänderten Form in den Sicherungskörper (3) eingebaut wird, wobei die elektrische Sicherung des weiteren dadurch gekennzeichnet ist, dass der Einsatz (4) bei Überlast- und Kurzschlussströmen und seiner dadurch verursachten Erwärmung über eine charakteristische Bruchtemperatur  $T_B$  hinaus, die höher als die charakteristische Umwandlungstemperatur  $A_f$  ist, bricht.
4. Elektrische Sicherung, die eine Isolierungsunterlage (6) mit Kontaktmessern (1) und ein dünnes Band (4) als Brucheinsatz aus einer Legierung mit Formgedächtniseigenschaften aufweist, wobei dem Band (4) die Form einer Rolle oder die Form einer Harmonika durch eine plastische Verformung in einem austenitischen Hochtemperaturzustand gegeben wurde und das Band in einem martensitischen Tieftemperaturzustand in einer aufgerollten bzw. ausgedehnten geraden Form auf der Isolierungsunterlage (6) unter den Kontaktmessern (1) befestigt, insbesondere verklemt, wird. (Fig. 21a-b, 22a-b)
5. Elektrische Sicherung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Sicherung zwei Kontaktböden (2) aufweist und dass der Einsatz (4) aus einer Legierung mit Formgedächtniseigenschaften in dem Sicherungskörper (3) an den beiden Kontaktböden (2) hart befestigt ist.
6. Elektrische Sicherung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Einsatz (4) mittels Schrauben (5) hart befestigt ist.
7. Elektrische Sicherung nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, dass der Einsatz (4) aus einer Legierung mit Formgedächtniseigenschaften an einer Sollbruchstelle perforiert ist.
8. Elektrische Sicherung nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, dass der Einsatz (4) aus einer Legierung mit Formgedächtniseigenschaften an einer Sollbruchstelle mit einem aktiven Material beschichtet ist.
9. Elektrische Sicherung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das aktive Material ein Metall oder eine Legierung mit einer niedrigen Schmelztemperatur ist.
10. Elektrische Sicherung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Sicherung zwei Kontaktböden (2) aufweist und dass der Einsatz (4) aus einer Legierung mit Formgedächtniseigenschaften in dem Sicherungskörper (3) mit einer Seite an einem der beiden Kontaktböden (2) hart und mit der anderen Seite an einem Kontaktmesser (1) oder an dem anderen der beiden Kontaktböden (2) durch eine brüchige Verbindung, beispielsweise eine Löt-, Punktschweiß-, Niet- oder Schraubverbindung, befestigt ist.
11. Elektrische Sicherung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die harte Befestigung des Einsatzes (4) an dem einen der beiden Kontaktböden (2) mittels Schrauben (5) durchgeführt ist.
12. Elektrische Sicherung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Sicherung zwei Kontaktböden (2) aufweist und dass der Einsatz (4) aus einer Legierung mit Formgedächtniseigenschaften durch die beiden Kontaktböden (2) hindurchgeht und nach außen hinausgeführt ist, und dass seine Endungen als Kontaktmesser (1) ausgestaltet sind.
13. Elektrische Sicherung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Sicherung zwei Kontaktböden (2) aufweist und dass der Einsatz (4) aus einer Legierung aus Formgedächtniseigenschaften mittels Schrauben (5) an

den Kontaktböden (2) befestigt ist, derart, dass der Einsatz (4) durch den Durchgang des Nennstromes beziehungsweise - bei möglicher Kontaktlockerung - durch Funken bis zu einer Temperatur zwischen der Anfangstemperatur  $A_s$  der martensitischen Rückumwandlung des Einsatzes (4) und der Endtemperatur  $A_f$  der martensitischen Rückumwandlung des Einsatzes (4) erwärmt wird und die elektrischen Kontakte an den Schraubenbefestigungsstellen (5) durch die dadurch hervorgerufene mechanische Selbstanspannung des Einsatzes (4) automatisch nachgebessert werden.

14. Elektrische Sicherung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Sicherungskörper (3) mindestens einen Längsspalt aufweist, derart, dass die Bruchteile des Einsatzes (4) aus einer Legierung mit Formgedächtniseigenschaften nach dem Bruch des Einsatzes aus dem mindestens einen Längsspalt in dem Sicherungskörper (3) als Kennmelder herausragen.

15. Elektrische Sicherung nach einem der Ansprüche 1-3, 5-14, dadurch gekennzeichnet, dass der Sicherungskörper (3) mit Längsspalten ausgestattet ist, die der Belüftung dienen.

16. Elektrische Sicherung nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, dass die Sicherung einen Standardkennmelder aufweist, bei dem der kappehaltende dünne Draht durch auseinanderfliegende Bruchteile des Einsatzes (4) nach dem Bruch des Einsatzes durchtrennt wird.

17. Elektrische Sicherung nach einem der Ansprüche 1-3, 5-16, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung mit Formgedächtniseigenschaften eine Legierung auf Kupferbasis ist und als legierende Elemente 10,8-11,8 Massenprozent Aluminium (Al), 2,5-5,4 Massenprozent Cadmium (Cd), 0,5-1,5 Massenprozent Nickel (Ni) 0-2,7 Massenprozent Silber (Ag), 0-0,5 Massenprozent Mangan (Mn), 0,1-0,05 Massenprozent Vanadium (V) und als Rest Kupfer (Cu) enthält.

18. Elektrische Sicherung nach einem der Ansprüche 1-3, 5-16, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung mit Formgedächtniseigenschaften eine Legierung auf Kupferbasis ist und als legierende Elemente 10,8-11,9 Massenprozent Aluminium (Al), 0,9-2,5 Massenprozent Beryllium (Be), 1,2-4,5 Massenprozent Silber (Ag), 2,2-5,8 Massenprozent Zirkonium (Zr), 0,7-5,3 Massenprozent Magnesium (Mg), 0,1-0,7 Massenprozent Natrium (Na) und als Rest Kupfer (Cu) enthält.

19. Elektrischer Einsatz nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das dünne Band (4) ein amorphes Bruchband aus einer Legierung nach Anspruch 17 oder nach Anspruch 18 mit Formgedächtniseigenschaften ist.

---

Hierzu 11 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

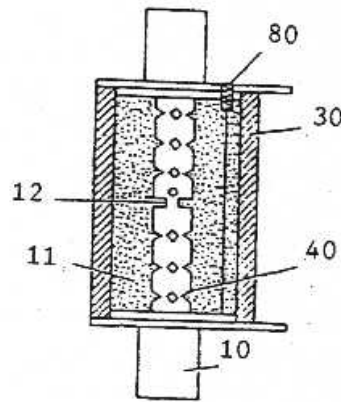


FIG. 2 a

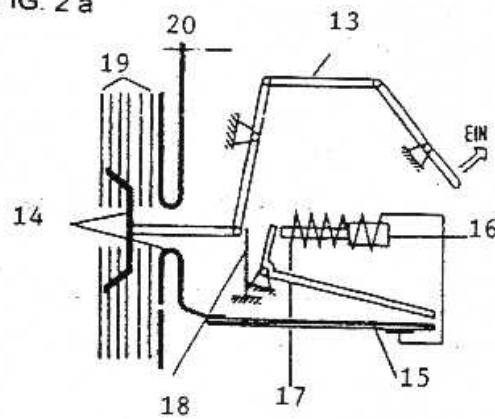


FIG. 2 b

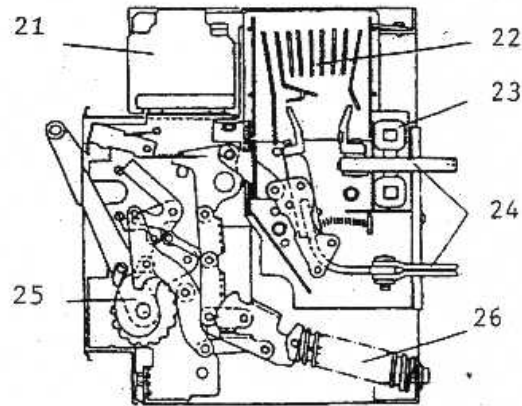


FIG. 3

$\sigma$ , MPa

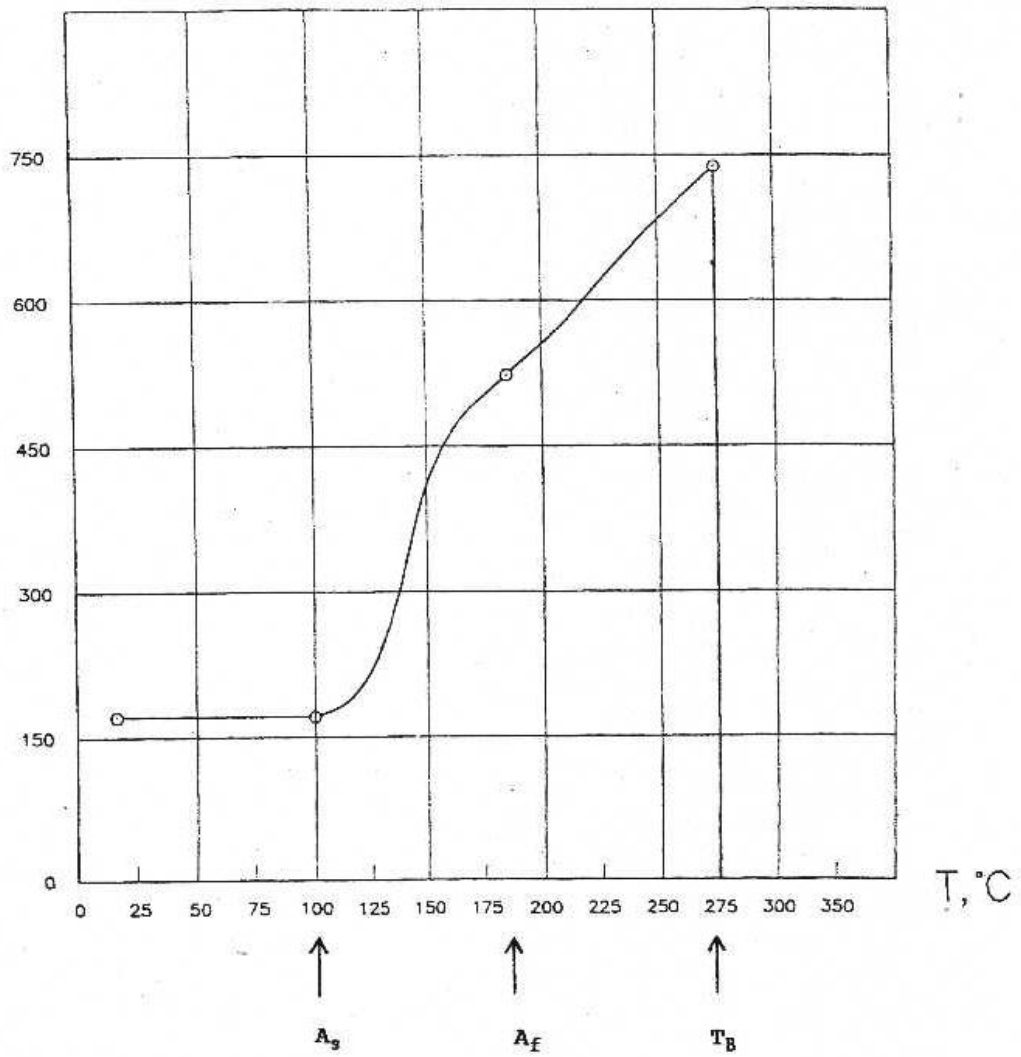


FIG. 4

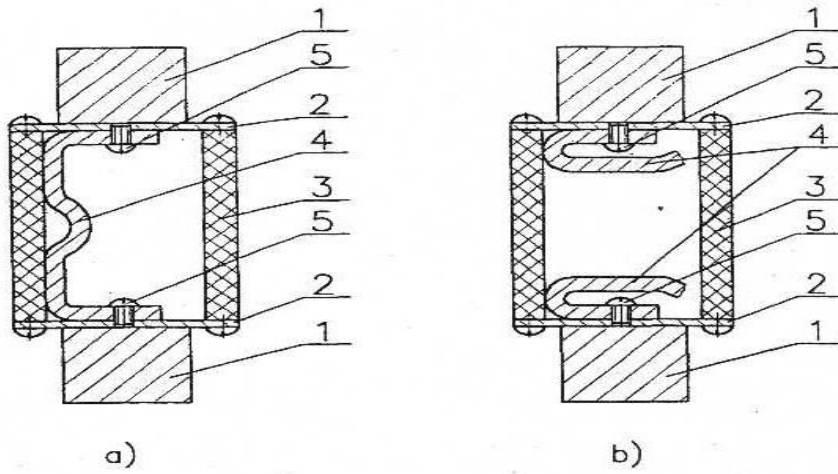


FIG. 5

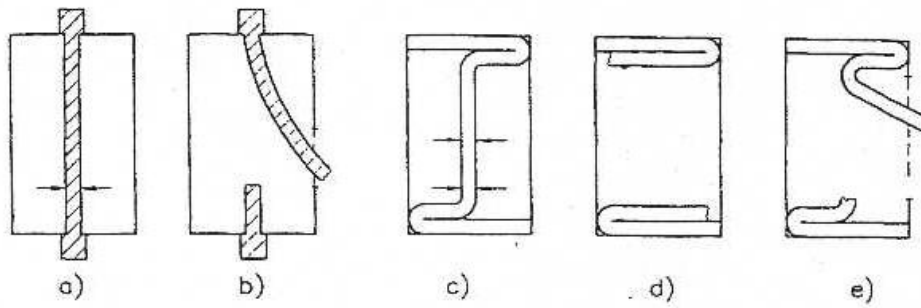


FIG. 6

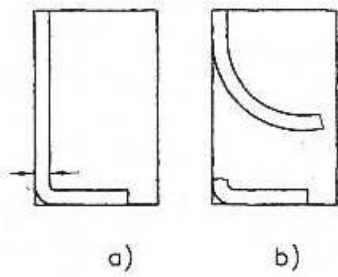


FIG. 7

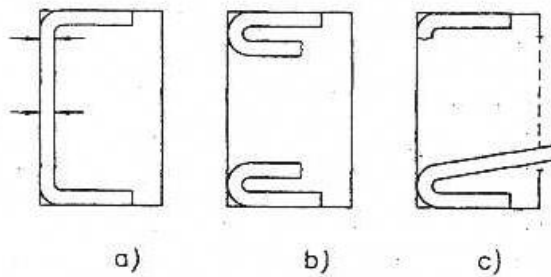


FIG. 8

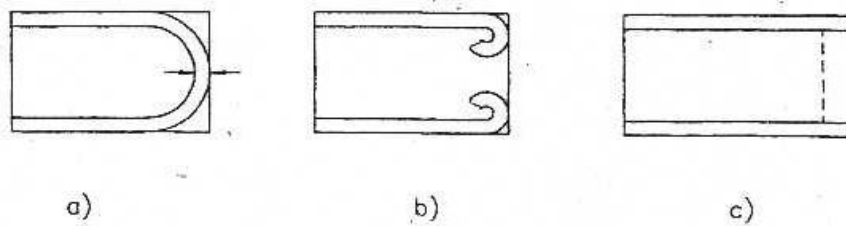


FIG. 9

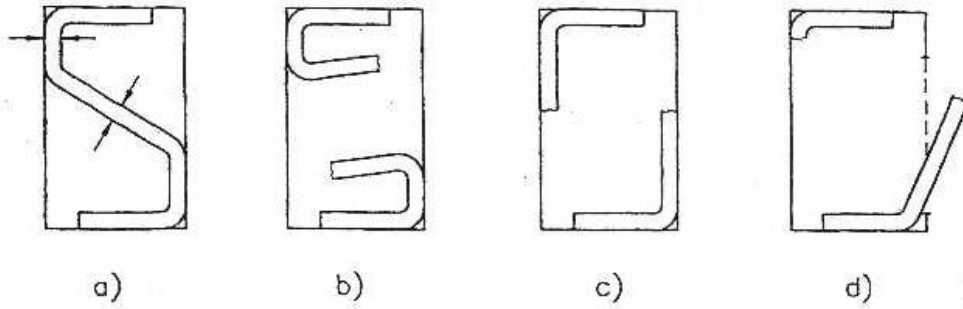


FIG. 10

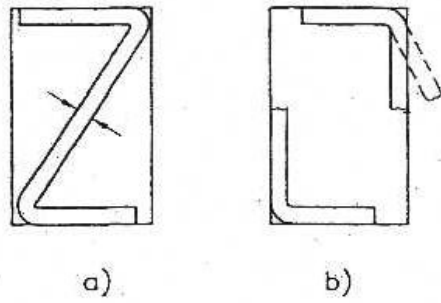


FIG. 11

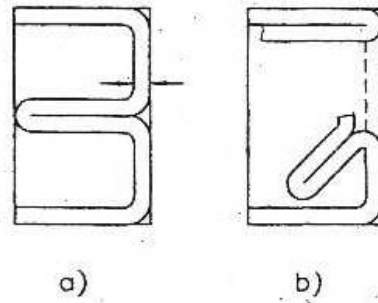


FIG. 12

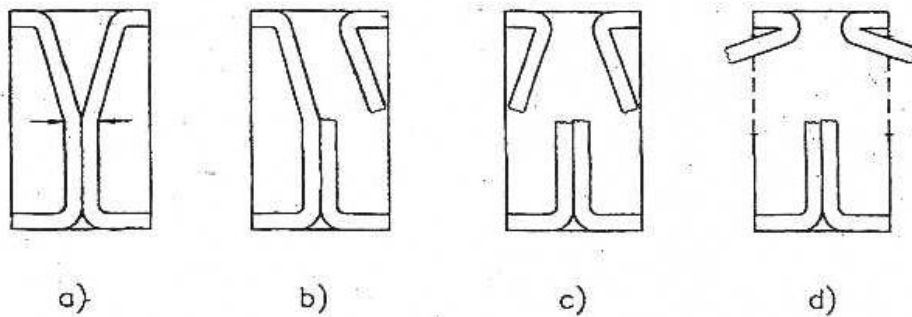


FIG. 13

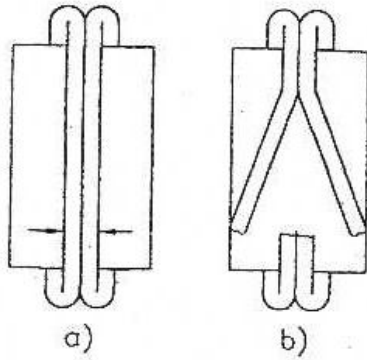


FIG. 14

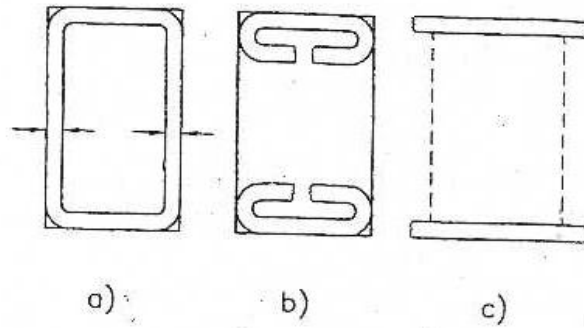


FIG. 15

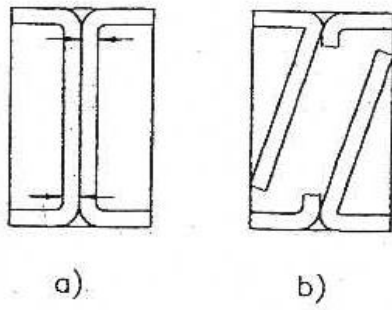


FIG. 16

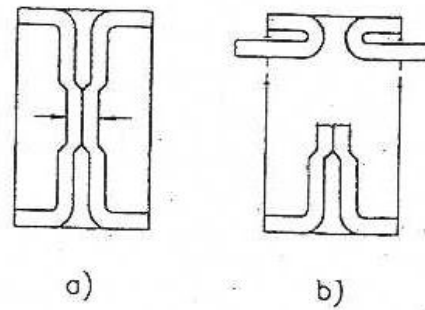


FIG. 17

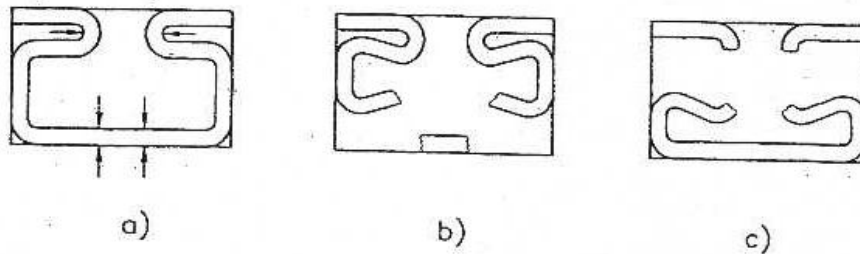


FIG. 18

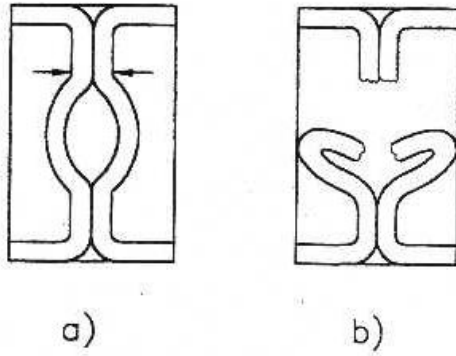


FIG. 19

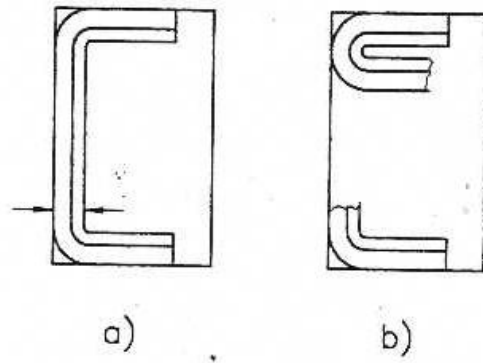


FIG. 20

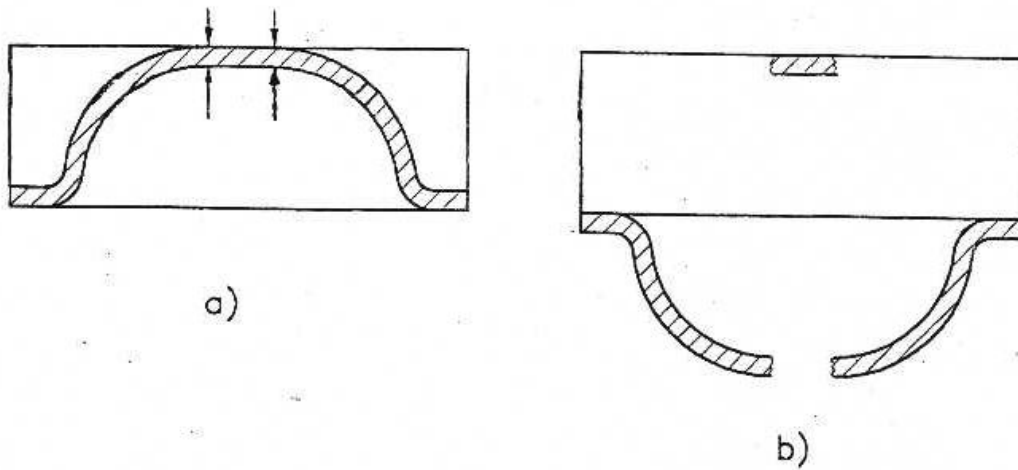
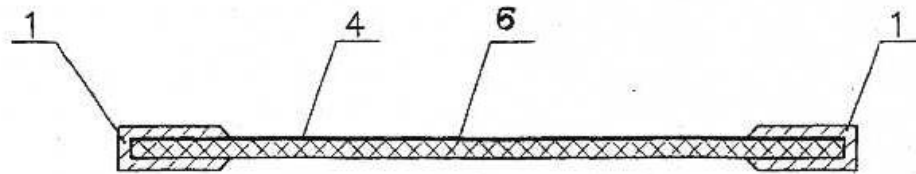
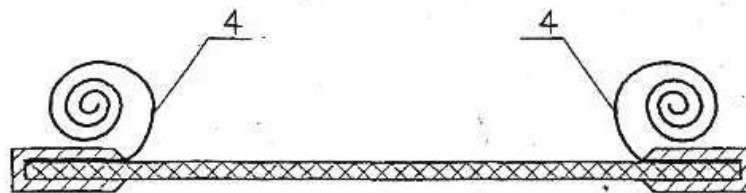


FIG. 21

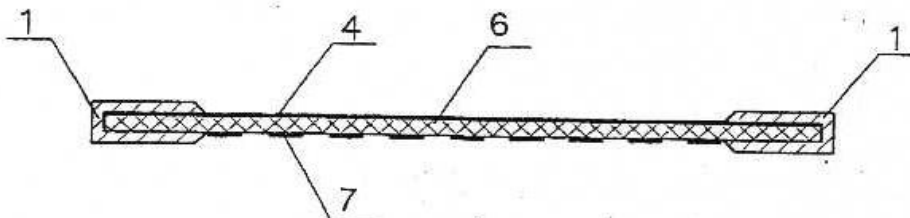


a)

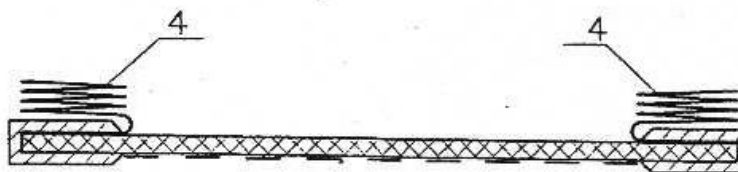


b)

FIG. 22



a)



b)

FIG. 23

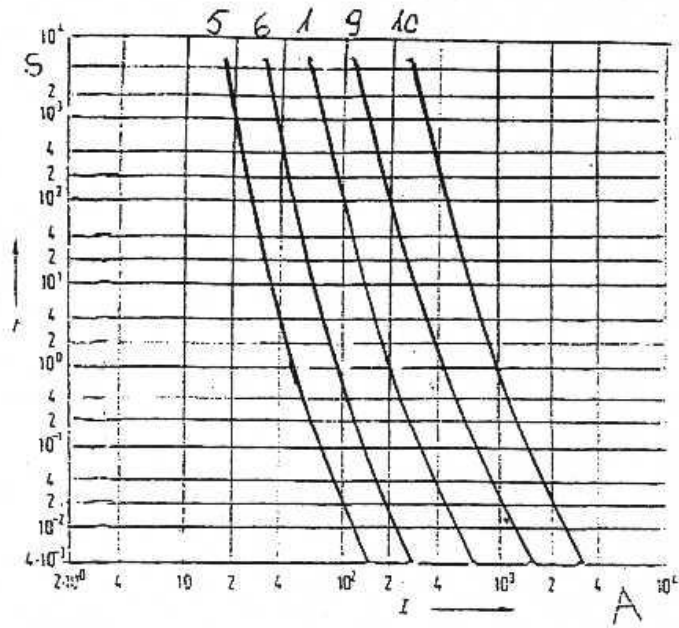


FIG. 24

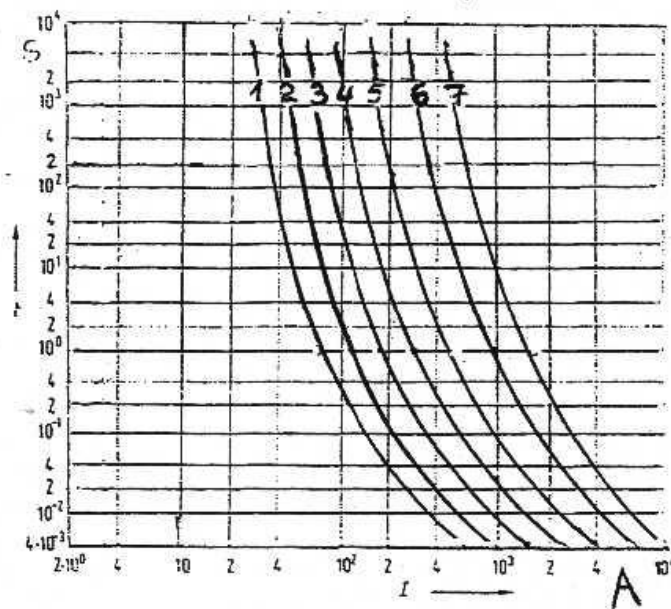


FIG. 25

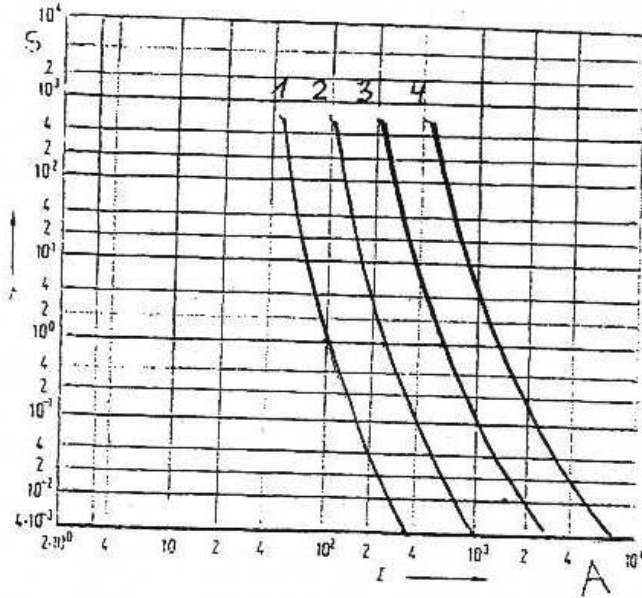


FIG. 26

