



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 654 885 A5

⑤ Int. Cl.⁴: F 16 B 19/04
F 16 B 35/00

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

// B 32 B 18/00

⑫ PATENTSCHRIFT A5

<p>⑳ Gesuchsnummer: 2816/83</p> <p>㉒ Anmeldungsdatum: 24.05.1983</p> <p>③① Priorität(en): 25.05.1982 US 381802</p> <p>㉔ Patent erteilt: 14.03.1986</p> <p>④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 14.03.1986</p>	<p>⑦③ Inhaber: United Technologies Corporation, Hartford/CT (US)</p> <p>⑦② Erfinder: Layden, George K., Wethersfield/CT (US) Prewo, Karl M., Vernon/CT (US)</p> <p>⑦④ Vertreter: Hug Interlizenz AG, Birmensdorf ZH</p>
---	---

⑤④ **Verfahren zur Herstellung einer Niete oder Schraube sowie deren Verwendung zur Befestigung eines faserverstärkten Glasmatrix-Verbundmaterials an einem Bauteil.**

⑤⑦ Zwei aneinander zu befestigende Materialien werden mit einem Loch oder einer anderen Öffnung zum Einschleiben eines Befestigungsmittels in Form einer Niete oder Schraube, versehen, das durch Warmpressen eines Glasmatrix-Materials in und um unidirektional orientierte Siliciumcarbid-Fasern kontinuierlicher Länge, nach Pressen und gegebenenfalls Erzeugung eines Gewindes, hergestellt wurde. Nach seiner Bildung werden die so erzeugten Schrauben oder Niete in die Öffnung eingeschoben, die für die Befestigung der beiden Materialien aneinander vorgesehen ist, und die freien Enden der Niete oder Schraube werden durch Warmverformung bzw. eine Mutter gesichert. Das Verbundmaterial-Bauteil erweist sich bei der Verwendung beispielsweise auch in einer Umgebung mit extremen Temperaturschwankungen als unlösbar. Das Bauteil kann dabei ebenfalls ein faserverstärktes Glas-Verbundmaterial sein, jedoch auch Metall, unverstärkte Keramik oder ein anderes Hochtemperatur-Verbundmaterial.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Herstellung einer Niete oder Schraube aus einem Verbundmaterial aus einer faserverstärkten Glasmatrix oder Glaskeramikmatrix, dadurch gekennzeichnet, dass man das Verbundmaterial in Blattform, wie es erhältlich ist aus einer Mischung einer Glasmatrix oder Glaskeramikmatrix, die 20 Vol.-% bis 60 Vol.-% hochtemperaturfeste Fasern enthält, durch Warmpressen derselben unter Bildung eines Blattes eines hochtemperaturfesten faserverstärkten Verbundmaterials in Stäbe von im wesentlichen quadratischem Querschnitt zerschneidet, die zugeschnittenen Stäbe in einer Form unter Bildung von Stäben mit im wesentlichen kreisförmigem Querschnitt erhitzt, ein Ende der verformten Stäbe unter Bildung eines flachen Kopfabschnittes erhitzt und im Fall einer Schraube die Stäbe mit einem Gewinde versieht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man während oder nach der Erzeugung des im wesentlichen kreisförmigen Querschnitts Gewinde in die Stäbe einprägt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man in die Stäbe von kreisförmigem Querschnitt Gewinde schneidet.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die verstärkenden Fasern Siliciumcarbid-, Graphit- oder Aluminiumoxid-Fasern sind.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Matrixmaterial Borsilicat-, Aluminiumsilicat- oder hoch-siliciumdioxidhaltiges Glas oder eine Lithiumaluminiumsilicat-Glaskeramik ist.

6. Verwendung der nach dem Verfahren gemäss Patentanspruch 1 hergestellten Nieten oder Schrauben zur Befestigung eines faserverstärkten Glasmatrix-Verbundmaterials an einem Bauteil, dadurch gekennzeichnet, dass man in dem Verbundmaterial und dem Bauteil an der Verbindungsstelle im wesentlichen konzentrische Löcher erzeugt und das Verbundmaterial durch Einschieben der Niete oder der Schraube durch derartige Löcher und anschliessendes Schliessen des offenen Endes der Niete oder der Schraube durch Warmverformung bzw. eine Mutter an dem Bauteil befestigt, so dass eine Verbindung des Verbundmaterials mit dem Bauteil erzeugt wird, die auch bei extremen Temperaturschwankungen fest bleibt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil aus einem mit Siliciumcarbid-Fasern verstärkten Glasmatrix-Material besteht.

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil aus Metall besteht.

9. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil aus unverstärkter Keramik, Glas oder Glaskeramik besteht.

10. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die hochtemperaturfesten Fasern, die Bestandteil der Nieten oder Schrauben sind, aus Siliciumcarbid, Graphit oder Aluminiumoxid bestehen.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Niete oder Schraube aus einem Verbundmaterial aus einer faserverstärkten Glasmatrix oder Glaskeramikmatrix sowie die Verwendung der nach dem Verfahren hergestellten Nieten oder Schrauben zur Befestigung eines faserverstärkten Glasmatrix-Verbundmaterials an einem Bauteil.

Infolge der Knappheit und der steigenden Kosten für viele übliche Hochtemperatur-Konstruktionsmetalle hat man

nicht-metallischen faserverstärkten Verbundmaterialien als Ersatz für übliche Hochtemperatur-Metallegierungen verstärkte Aufmerksamkeit gewidmet. Die Verwendung von Ersatzmaterialien für Metall, von hochfesten faserverstärkten Harz-Verbundmaterialien oder sogar hochfesten faserverstärkten Metallmatrix-Verbundmaterialien ist bereits soweit fortgeschritten, dass derartige Materialien für Produkte beginnend bei Sportartikeln bis hin zu hochentwickelten Teilen von Düsenflugzeugen kommerziell eingeführt sind. Eines der grossen Probleme dieser Verbundmaterialien liegt jedoch darin, dass ihre maximale Verwendungstemperatur begrenzt ist.

Keramik-, Glas- und Glaskeramik-Körper, die für Hochtemperatur-Anwendungszwecke verwendet werden können, sind dem Fachmann gut bekannt. Leider weisen derartige Körper jedoch häufig nicht die gewünschte mechanische Festigkeit auf und sind stets im Hinblick auf ihre Zähigkeit und Schlagfestigkeit unzureichend. Diese Situation hat dazu geführt, dass Körper aus Verbundmaterialien hergestellt wurden, die aus einer Matrix aus einem Keramik-, Glas- oder Glaskeramik-Material bestehen, in der anorganische Fasern in kontinuierlicher oder diskontinuierlicher Weise dispergiert sind. Diese im Folgenden als Glasmatrix-Verbundmaterialien bezeichneten Materialien sind in den US-PSen 4 314 852 und 4 324 843 beschrieben.

Wie oben angegeben, werden mögliche Anwendungen für derartige Materialien auf dem Gebiet der Gasturbinen-Triebwerke und anderer Wärmekraftmaschinen erwartet, bei denen die überlegene Bruchzähigkeit, die Oxidationsbeständigkeit und die niedrige Dichte dieser Materialien zu ausgeprägten Verbesserungen im Hinblick auf die Gesamtleistungsfähigkeit des Antriebs und auf den Brennstoffverbrauch führen. In ähnlicher Weise wird erwartet, dass dieser faserverstärkten Verbundmaterialien auch für viele Hochtemperatur-Bauteile, die nicht zu Triebwerken oder Wärmekraftmaschinen gehören, bevorzugt werden, und zwar wegen ihrer ausgezeichneten Zähigkeit und Oxidationsbeständigkeit, wenn man als Vergleich unverstärkte Keramik- oder Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundmaterialien wählt. Bei der Erzeugung von Befestigungen dieser Verbundmaterialien an gleichartige Materialien oder andere Bauteile aus Materialien wie Metall oder Keramik in derartigen Umgebungen haben sich jedoch Probleme ergeben oder sind vor auszusehen. Derartige Befestigungen müssen auch bei grossen Temperaturschwankungen dicht bleiben und es darf zu keiner Korrosion der Verbindungs-Teile infolge einer Wechselwirkung der Materialien oder einer Wechselwirkung der Teile mit der Triebwerks- bzw. Maschinen-Umgebung kommen. Es ist in den meisten Fällen zu erwarten, dass das faserverstärkte Verbundmaterial und seine Befestigung extremen Temperaturbedingungen ausgesetzt sein werden. Demzufolge müssen die Befestigungsmittel die rauhesten Umgebungsbedingungen aushalten.

Es besteht daher auf dem vorliegenden Fachgebiet Bedürfnis nach einem Verfahren für die Befestigung von faserverstärkten Glasmatrix-Verbundmaterialien an andere Bauteile in sicherer Weise, über ausgedehnte Zeiträume und unter extremen Umgebungsbedingungen.

Dies kann mit einer Schraube oder Niete erreicht werden, die gemäss der vorliegenden Erfindung dadurch hergestellt wird, dass man das Verbundmaterial in Blattform, wie es erhältlich ist aus einer Mischung einer Glasmatrix oder Glaskeramikmatrix, die 20 Vol.-% bis 60 Vol.-% hochtemperaturfeste Fasern enthält, durch Warmpressen derselben unter Bildung eines Blattes eines hochtemperaturfesten faserverstärkten Verbundmaterials in Stäbe von im wesentlichen quadratischem Querschnitt zerschneidet, die zugeschnittenen Stäbe in einer Form unter Bildung von Stäben

mit im wesentlichen kreisförmigem Querschnitt erhitzt, ein Ende der verformten Stäbe unter Bildung eines flachen Kopfabschnittes erhitzt und im Fall einer Schraube die Stäbe mit einem Gewinde versieht.

Eine solche Niete oder Schraube aus Siliciumcarbid-Fasern kontinuierlicher oder diskontinuierlicher Längen in einer hochtemperaturfesten Glasmatrix, die durch Formen oder Warmpressen hergestellt wurde, kann dazu verwendet werden, das Verbundmaterial an einem Bauteil zu befestigen. Die Verwendung derartiger Befestigungsmittel führt zu einer Kombination des Verbundmaterials mit dem Bauteil, die unter widrigsten Bedingungen wie beispielsweise extremen Temperaturschwankungen fest zusammenhält. Das Bauteil kann selbst aus einem faserverstärkten Glasmatrix-Verbundmaterial bestehen, oder aber aus einem anderen Konstruktionsmaterial wie einem anderen Verbundmaterial, unverstärkter Keramik oder Metall.

Die obigen Ausführungen sowie weitere Vorteile der vorliegenden Erfindung werden für den Fachmann in der nachfolgenden ergänzenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die Figuren genauer erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 typische Vorformlinge, Formen und geprägte Stäbe, die für die Ausführung der vorliegenden Erfindung verwendet werden;

Fig. 2 eine typische Form für das Prägen oder Nachpressen der Köpfe auf Nieten gemäss der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 gemäss der vorliegenden Erfindung hergestellte Nieten;

Fig. 4 eine Mikrophotographie eines Schnitts durch eine derartige Niete;

Fig. 5 eine Spannungs-Dehnungs-Kurve für die gebildeten Niete während deren Prüfung;

Fig. 6 gebrochene Niete nach der Prüfung;

Fig. 7 eine mit einem Gewinde versehene erfindungsgemässe Schraube; und

Fig. 8 die Belastung, die erforderlich ist, um Gewinde in Siliciumcarbid-Glaskeramik-Verbundmaterial-Platten, die für die vorliegende Erfindung von Nutzen sind, abzusichern.

Sowohl die Materialien als auch die Verfahren zur Herstellung solcher Befestigungsmittel sind in den US-PSen 4 314 852 und 4 324 843 der gleichen Erfinder beschrieben. Wie dort beschrieben wird, wurde trotz der Grundsache, dass jedes beliebige Borsilicat-Glas, das dem erfindungsgemässen Verbundmaterial eine hohe Temperaturfestigkeit verleiht, verwendet werden kann, ein spezielles Borsilicat-Glas (Corning 7740, Corning Glass Works) als für dieses Verfahren besonders geeignet ermittelt. In ähnlicher Weise sind ein etwa 96 Gew.-% Siliciumdioxid enthaltendes Glas, das durch Auslaugen des Bors aus einem Borsilicat-Glas erhalten wurde (Corning 7930), sowie Corning 1723 bevorzugte Gläser mit einem hohen Siliciumdioxidgehalt bzw. Aluminiumsilicat-Gläser. Während das Borsilicat-Glas und das Aluminiumsilicat-Glas in der handelsüblichen $-0,044$ mm Teilchengrösse verwendet werden kann, können die gewünschten Eigenschaften im Falle des Glases mit dem hohen Siliciumdioxidgehalt bei den Verbundmaterialien nur dann in befriedigender Weise erhalten werden, nachdem das Glas mehr als 100 Stunden in Propanol in einer Kugelmühle vermahlen wurde. Es ist ferner darauf hinzuweisen, dass auch Mischungen der oben erwähnten Gläser verwendet werden können. Während jedes beliebige Glas oder jede beliebige Glaskeramik, die den Verbundmaterialien der vorliegenden Erfindung die erforderliche Festigkeit und Stabilität gegenüber der Einwirkung der Umgebung verleihen, verwendet werden können, erwies sich Lithium-aluminiumsilicat-Glaskeramik als ganz besonders gut für diesen Zweck geeignet.

Während der Verbundstoff-Verdichtung wird die Matrix im allgemeinen im Glaszustand gehalten, wodurch eine Zerstörung der Fasern vermieden wird und eine Verdichtung bei niedrigen angewandten Drucken gefördert wird. Nach der Verdichtung zu der gewünschten Konfiguration aus Faser + Matrix kann die Glasmatrix in den kristallinen Zustand überführt werden, wobei das Ausmass und der Grad der Kristallisation von der Matrixzusammensetzung und dem Programm der Wärmebehandlung gesteuert wird. Auf die beschriebene Weise kann eine grosse Anzahl von glaskeramischen Materialien verwendet werden, wobei jedoch bei der Verwendung von Siliciumcarbid-Fasern eine strenge Begrenzung hinsichtlich der Menge und Aktivität des Titans, das in dem Glas vorliegt, von ausschlaggebender Bedeutung ist. Wenn demzufolge Siliciumcarbid-Fasern und Titandioxid-Keimbildungsmittel verwendet werden, muss das Titandioxid deaktiviert werden oder unterhalb eines Anteils von 1 Gew.-% gehalten werden. Das kann dadurch erreicht werden, dass man einfach als Ersatz ein anderes Keimbildungsmittel wie Zirkoniumoxid an Stelle des üblichen Titandioxids verwendet, oder dass man ein Mittel zusetzt, das die Reaktivität des Titandioxids gegenüber der Siliciumcarbidfaser maskiert. Es ist jedoch in jedem der Fälle erforderlich, entweder die Wirkungen des Titandioxids auf die Siliciumcarbidfaser auszuschliessen oder zu maskieren, um ein Verbundmaterial mit guten Hochtemperaturfestigkeits-Eigenschaften zu erhalten. Während übliches Lithium-Aluminiumsilikat das bevorzugte glaskeramische Material ist, können auch andere übliche glaskeramische Materialien wie Aluminiumsilikat, Magnesium-Aluminiumsilikat und Kombinationen der obengenannten Materialien verwendet werden, solange das keramische Matrixmaterial titanfrei ist (weniger als etwa 1 Gew.-%) oder maskiert ist (vergl. US-PS 4 324 843).

Im allgemeinen kann das glaskeramische Ausgangsmaterial im Glaszustand in Pulverform erhalten werden. Wenn jedoch das keramische Material in kristalliner Form erhalten wird, ist es erforderlich, das Material zu schmelzen und es in den Glaszustand zu überführen, es dann zu verfestigen und anschliessend in Pulverform zu zerstampfen, vorzugsweise bis zu einer Teilchengrösse von etwa $-0,044$ mm, bevor man die erfindungsgemäss zu verwendenden Aufschlämmungen bereitet. Bei der Auswahl eines glaskeramischen Materials ist es wichtig, dass eins ausgewählt wird, das im Glaszustand verdichtet werden kann, wobei die Viskosität niedrig genug ist, eine vollständige Verdichtung mit anschliessender Überführung in einen im wesentlichen vollständig kristallinen Zustand zuzulassen. Es ist jedoch auch möglich, das kristalline Pulver-Ausgangsmaterial während einer Wärmeverbehandlung in den Glaszustand zu überführen, bevor man zum Zwecke der Verdichtung einen Druck anlegt.

Obwohl bei dem erfindungsgemässen Verfahren jedes beliebige Fasermaterial mit hoher Temperaturbeständigkeit verwendet werden kann, sind Siliciumcarbidfasern ganz besonders bevorzugt. Ein Multifilament-Siliciumcarbid-Garn mit einem mittleren Faserdurchmesser bis zu $50 \mu\text{m}$, beispielsweise 5 bis $50 \mu\text{m}$, ist ganz besonders bevorzugt. Ein derartiges Garn mit etwa 250 Fasern pro Werggarn und einem mittleren Faserdurchmesser von etwa $10 \mu\text{m}$ wird von der Nippon Carbon Company of Japan hergestellt. Die durchschnittliche Festigkeit der Faser beträgt etwa 2000 MPa, und seine Einsatztemperatur erstreckt sich bis hinauf zu 1200°C . Das Garn weist eine Dichte von etwa $2,6 \text{ g/cm}^3$ auf und einen Elastizitätsmodul von etwa 221 GPa.

Wenn die Befestigung unter Verwendung der Niete, die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen, bewirkt wird, wird das Ende der Niete genauso befestigt wie eine ganz gewöhnliche Niete befestigt werden würde,

und zwar durch Steigerung seiner Temperatur über den Erweichungspunkt der Glasmatrix, um ein Herausrutschen zu verhindern. Im Falle der Verwendung der Ausführungsform als Schraube kann eine übliche Metallmutter oder eine Mutter aus einem faserverstärkten Glasmatrix- oder Glaskeramik-Matrix-Verbundmaterial, die durch Ausschneiden entsprechender Stücke aus einem rechteckigen Blatt des Verbundmaterials, wie es oben für die Niete beschrieben wurde, oder durch Spritzgiessen hergestellt wurde, verwendet werden. In die aneinander zu befestigenden Teile werden Löcher gebohrt, in die die erfindungsgemässen Nieten und Schrauben passen.

Das Bohren eines Glaskeramikmatrix-Verbundmaterials wird am besten unter Verwendung eines Diamantkopf-Bohrers durchgeführt. Alternativ dazu können in geeigneter Weise angeordnete Löcher auch bereits ausgebildet werden, wenn die eigentlichen Teile gebildet werden, z. B. durch Formen. Typen von Gegenständen, die gemäss der vorliegenden Erfindung befestigt werden können, sind Teile von Düsen-triebwerken wie die äusseren Spitzendeckbänder, Brennkammersegmente, Auskleidungen der Nachbrennkammern, Spritzleisten sowie Leitschaukeln, wobei diese Teile aus einem Glasmatrix-Verbundmaterial, einem anderen hochtemperaturfesten Verbundmaterial oder einem unverstärkten hochtemperaturfesten Keramikmaterial hergestellt sein können.

Beispiel 1

Eine Platte mit den Abmessungen 7,6 cm × 7,6 cm × 0,345 cm (3 inch × 3 inch × 0,136 inch) aus einem mit unidirektional orientierten Siliciumcarbidfasern verstärkten Lithium-aluminumsilicat-Matrix-Verbundmaterial wurde wie in der US-PS 4 324 843 beschrieben, hergestellt. Diese Verbundmaterial-Platte wurde in Stäbe einer Breite von etwa 0,53 cm (0,210 inch) zerschnitten. Dabei wird eine Querschnittsfläche des Stabs erhalten, die etwa der eines runden Stabes mit einem Durchmesser von 0,48 cm (0,19 inch) entspricht. Diese rechteckigen Stäbe dienten als Vorformlinge oder Rohlinge. Eine Form für einen runden Stab wurde dadurch aufgebaut, dass man zwei Graphitplatten der Abmessungen 7,6 cm × 7,6 cm × 1,3 cm (3 inches × 3 inches × 0,5 inch), die durch eine Papierlage einer Dicke von 0,015 cm (0,006 inch) voneinander getrennt waren, verklammerte, und unter Verwendung eines Bohrers mit einem Durchmesser von 0,49 cm (Bohrer Nr. 10, Durchmesser 0,1935 inch) symmetrisch entlang der Mittellinie der gebildeten Platte Löcher bohrte. Molybdänbleche einer Dicke von 0,0076 cm (0,003 inch) wurden so verformt, dass ihre Form der so erzeugten Graphitform entsprach. Die rechteckigen Stäbe wurden in geeigneter Weise zwischen die Molybden-Trennblätter eingelegt, und anschliessend wurde die ganze Gruppe in eine Warmpresse gegeben und in einer Stickstoffatmosphäre auf 1400 °C erhitzt. Sobald diese Temperatur erreicht war, wurde ein Druck ausgeübt, um die rechteckigen Stäbe zu runden

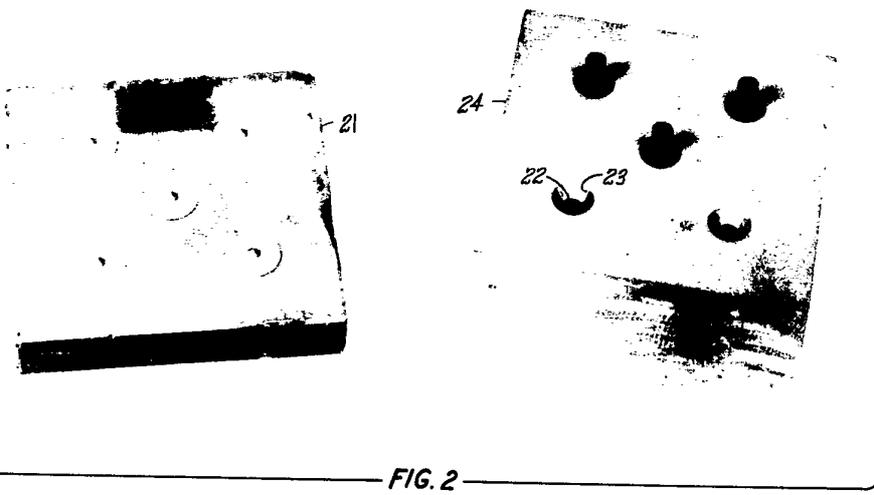
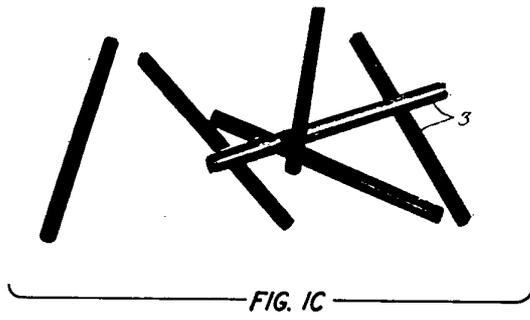
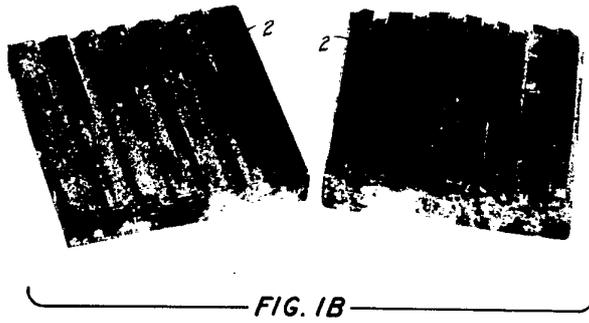
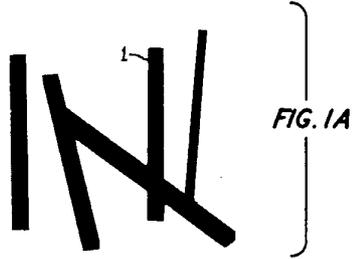
Stäben zu verformen (nachzupressen). Die Vorformlinge sind in Fig. 1A gezeigt, die Formen in Fig. 1B und die umgepressten Stäbe in Fig. 1C. Zur Ausbildung der Köpfe auf den Nieten wurde eine zweite Nachpress-Operation durchgeführt. Die Form für diesen Schritt ist in Fig. 2 gezeigt und bestand aus einem Graphitblock 21 mit Löchern 22, die in diesen gebohrt worden waren, um die Nieten aufzunehmen, und die einen konisch abgeschrägten Abschnitt 23 zur Ausbildung des Kopfes aufwiesen. Ausserdem ist eine Pressplatte 24 zur Erzeugung der in Fig. 3 dargestellten fertigen Nieten gezeigt. Eine Mikrophotographie eines Axialschnitts durch das Verbundmaterial im Bereich des Kopfes einer der Nieten ist in Fig. 4 gezeigt. Diese Nieten wurden einer Zugprüfung unterworfen. Die Köpfe wurden in eine Standard-82° Senkbuchse eingespannt, und der Schaft mit einer Weichmetallhülle wurde von einem Zweibacken-Spannfutter gefasst und mit einer Geschwindigkeit von 0,127 cm/min. (0,05 inch/min.) deformiert, bis es zum Bruch kam. Alle Brüche traten an der Basis des Kopfes (51) auf, wie aus Fig. 6 zu erkennen ist. Dabei traten die Schäden eher allmählich als plötzlich auf, und die Proben hielten selbst nach einer beginnenden Rissbildung noch hohe Belastungen aus, wie aus der Spannungs-Dehnungs-Kurve in Fig. 5 zu erkennen ist.

Beispiel 2

Es wurde festgestellt, dass die Stäbe aus dem Siliciumcarbid-Glaskeramikmatrix-Verbundmaterial wie in Fig. 7 gezeigt, mit einem Gewinde versehen werden können, und zwar durch Schneiden mit einem Einzelgewindestahl in einer Drehbank. Die Erzeugung des Gewindes kann auch durch Nachpressen in der gleichen Weise wie die Erzeugung des ursprünglichen Schafts und gleichzeitig mit dessen Formung erfolgen. Obwohl kein Bruchversuch zur Bestimmung der gepressten Gewinde durchgeführt wurde, sind die Tragfähigkeitsdaten für mit Gewinde versehene Platten (National Fine Thread number 10-32) aus einem mit 0°/90° orientierten Fasern verstärkten Glasmatrix-Verbundmaterialien repräsentativ für die Belastung, die erforderlich ist, die Gewinde aus diesem Material abzuscheren. Diese Daten sind in Fig. 8 gezeigt. Es kann gezeigt werden, dass die Gewindebelastungen für ein Material geeignet sind, das eine Scherfestigkeit von etwa 44,7 MPa (6500 psi) aufweist.

Obwohl Mehrfach-Nachpresstechniken zur Herstellung der Befestigungsmaterialien verwendet wurden, ist es einem Fachmann klar, dass derartige Arbeitsgänge für die Massenproduktion automatisiert werden können, und dass für die meisten Anwendungszwecke ein einziger Nachpressvorgang ausreicht, um das Befestigungsmittel zu formen.

Obwohl die Erfindung anhand spezieller Ausführungsformen gezeigt und beschrieben wurde, ist es für den Fachmann selbstverständlich, dass zahlreiche Veränderungen und Weglassungen der Form und anderer Einzelheiten möglich sind, ohne dass der Bereich der vorliegenden Erfindung verlassen wird.



654 885

4 Blatt Blatt 2*

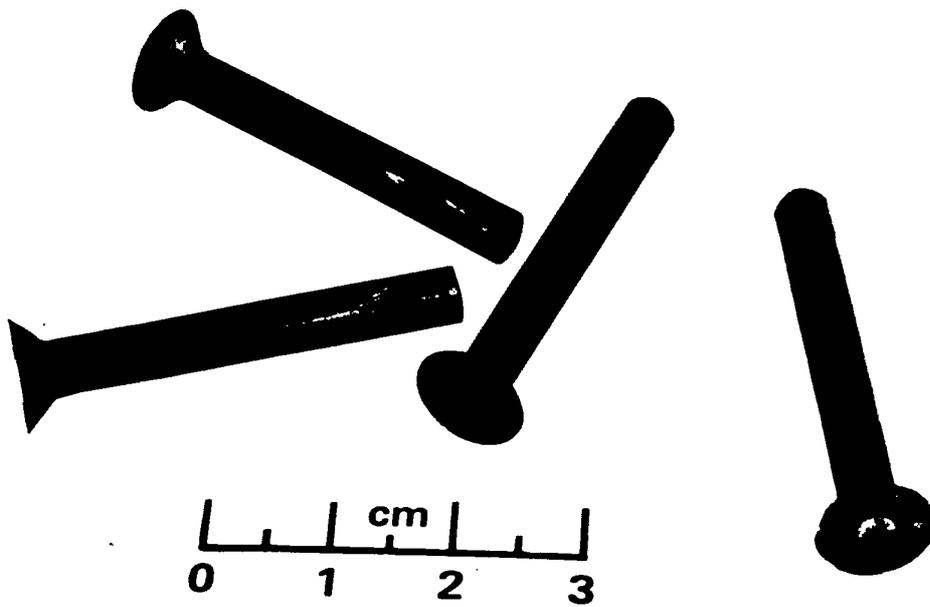


FIG. 3

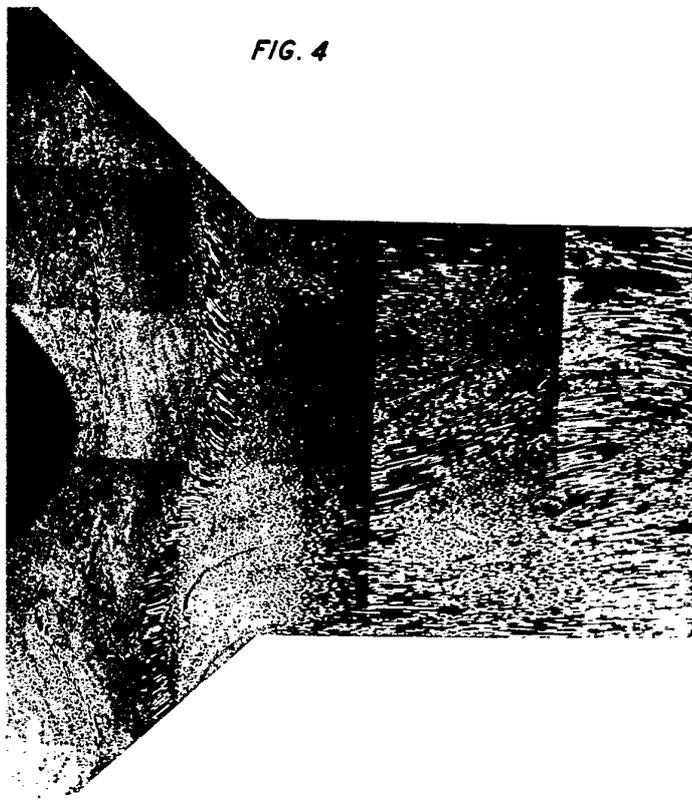


FIG. 4

FIG. 5

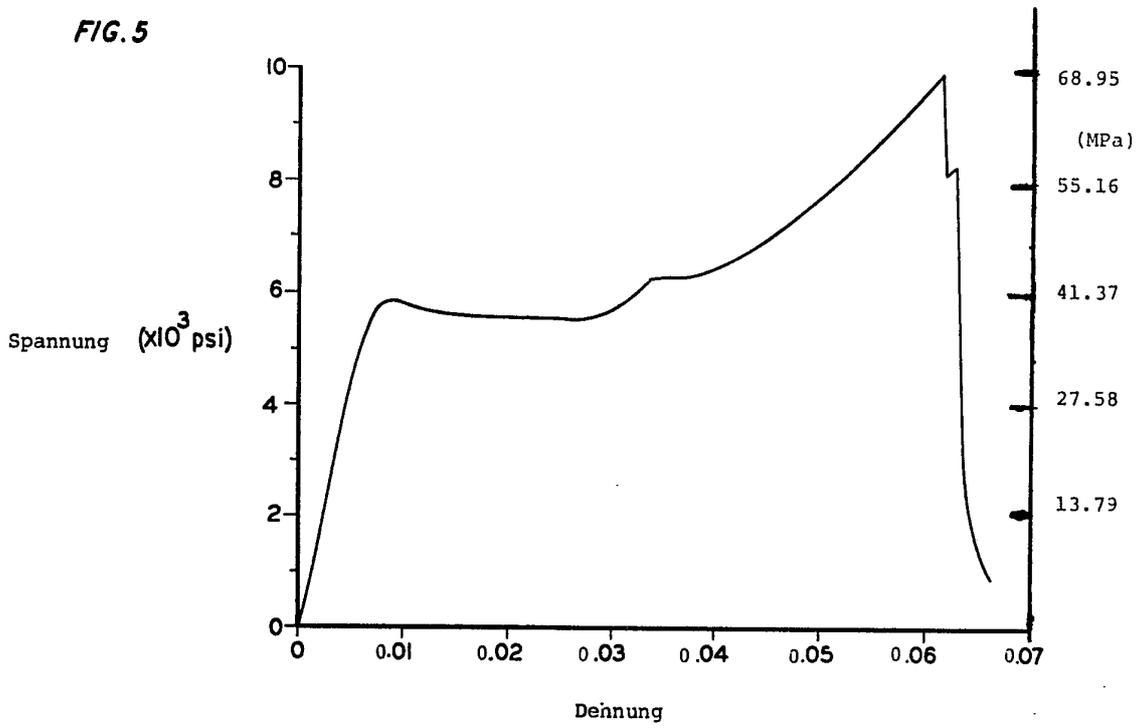


FIG. 6

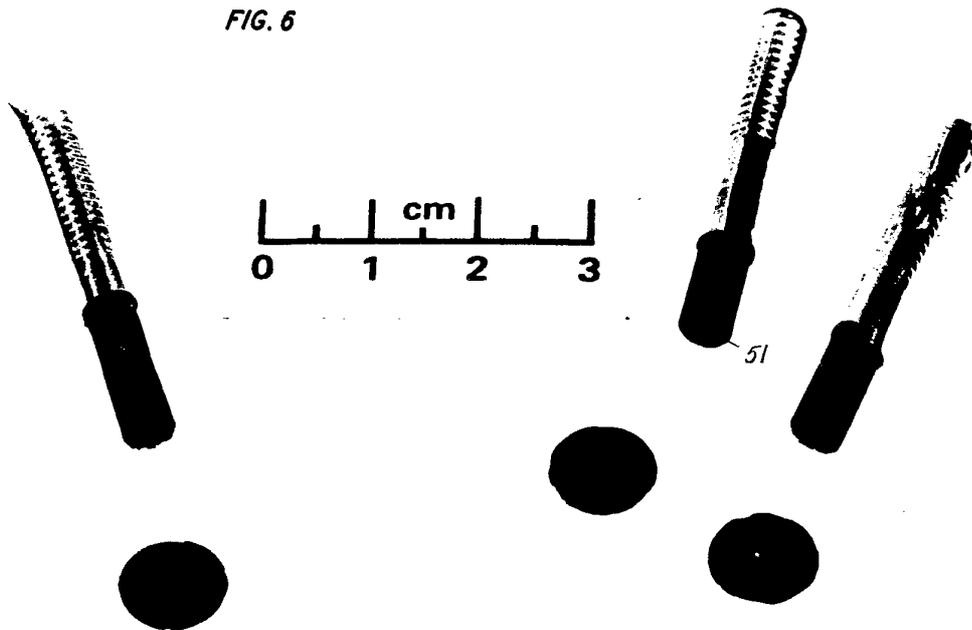




FIG. 7

FIG. 8

