



**12 PATENTSCHRIFT A5**

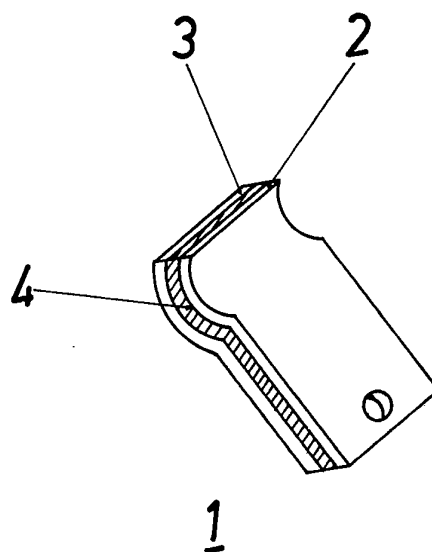
11

**616 358**

<p>21 Gesuchsnummer: 3219/77</p> <p>22 Anmeldungsdatum: 15.03.1977</p> <p>30 Priorität(en): 20.03.1976 DE 2611845</p> <p>24 Patent erteilt: 31.03.1980</p> <p>45 Patentschrift veröffentlicht: 31.03.1980</p>	<p>73 Inhaber: Firma G. Rau, Pforzheim (DE)</p> <p>72 Erfinder: Dieter Stöckel, Birkenfeld (DE)</p> <p>74 Vertreter: Fritz Isler, Patentanwaltsbureau, Zürich</p>
---	---

**54 Metallischer Mehrschichtenverbundwerkstoff und Herstellungsverfahren hierzu.**

57 Bei einem metallischen Mehrschichtenverbundwerkstoff mit hoher elektrischer Leitfähigkeit und hoher Federbiegegrenze, welcher aus mindestens zwei metallurgisch verbundenen Schichten zusammengesetzt ist, von denen die eine aus einem durch spanlose Verformung verfestigten, gut leitenden Werkstoff und die andere aus einem thermisch aushärtbaren Werkstoff hoher Federbiegegrenze besteht, werden die Werkstoffe derart gewählt, daß die Rekristallisationstemperatur der verfestigten, gut leitenden Schicht über der Aushärtungstemperatur der thermisch aushärtbaren Schicht liegt. Beim Verfahren zur Herstellung dieses Mehrschichtenverbundwerkstoffes wird ein gut leitender Werkstoff in Streifen- oder Plattenform (4) wenigstens einseitig mit einem gleichfalls streifen- oder plattenförmigen aushärtbaren Werkstoff hoher Federbiegegrenze (2, 3) durch Preß-Schweißen plattiert. Solche Mehrschichtenverbundwerkstoffe werden insbesondere zur Herstellung von Kontaktfedern verwendet.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Metallischer Mehrschichtenverbundwerkstoff mit hoher elektrischer Leitfähigkeit und hoher Federbiegegrenze, welcher aus mindestens zwei metallurgisch verbundenen Schichten zusammengesetzt ist, von denen die eine aus einem durch spanlose Verformung verfestigten, gut leitenden Werkstoff und die andere aus einem thermisch aushärtbaren Werkstoff hoher Federbiegegrenze besteht, dadurch gekennzeichnet, dass die Rekristallisationstemperatur der verfestigten, gut leitenden Schicht über der Aushärtungstemperatur der thermisch aushärtbaren Schicht liegt.

2. Mehrschichtenverbundwerkstoff nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens drei metallische Schichten vorgesehen sind und dass jeweils eine Schicht aus dem gut leitenden Werkstoff zwischen zwei Schichten aus Werkstoffen hoher Federbiegegrenze liegt.

3. Mehrschichtenverbundwerkstoff nach Patentanspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der gut leitfähige Werkstoff mit erhöhter Rekristallisationstemperatur eine niedrig legierte Kupferlegierung ist, welche Zusätze zur Erhöhung der Rekristallisationstemperatur aufweist.

4. Mehrschichtenverbundwerkstoff nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusätze Silber, Kadmium, Zirkon und Chrom bzw. Mischungen zwischen diesen Zusatzstoffen sind.

5. Mehrschichtenverbundwerkstoff nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die aushärtbaren Werkstoffe hoher Federbiegegrenze aushärtbare Stähle sind.

6. Mehrschichtenverbundwerkstoff nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die aushärtbaren Werkstoffe hoher Federbiegegrenze Nickellegierungen sind.

7. Mehrschichtenverbundwerkstoff nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die aushärtbaren Werkstoffe hoher Federbiegegrenze Kupferlegierungen sind.

8. Mehrschichtenverbundwerkstoff nach Patentanspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass als Nickellegierung NiBe<sub>2</sub> verwendet wird.

9. Mehrschichtenverbundwerkstoff nach Patentanspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Kupferlegierung CuNi<sub>20</sub>Mn<sub>20</sub> verwendet wird.

10. Verfahren zur Herstellung eines Mehrschichtenverbundwerkstoffes nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein gut leitender Werkstoff in Streifen- oder Plattenform wenigstens einseitig mit einem gleichfalls streifen- oder plattenförmigen, aushärtbaren Werkstoff hoher Federbiegegrenze durch Press-Schweißen plattiert wird und dass eine wenigstens einstufige spanlose Verformung des Zwischenproduktes durchgeführt wird.

11. Verfahren nach Patentanspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine mehrstufige spanlose Verformung mit Zwischenglühungen ausgeführt wird.

12. Verfahren nach Patentanspruch 11 zur Herstellung eines Kontaktelementes, dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Aushärtung nach dem Formzuschnitt des Kontaktelementes durchgeführt wird.

Die Erfindung betrifft einen metallischen Mehrschichtenverbundwerkstoff mit hoher elektrischer Leitfähigkeit und hoher Federbiegegrenze, welcher aus mindestens zwei metallurgisch verbundenen Schichten zusammengesetzt ist, von denen die eine aus einem durch spanlose Verformung verfestigten, gut leitenden Werkstoff und die andere aus einem thermisch aushärtbaren Werkstoff hoher Federbiegegrenze besteht. Es wird ferner ein vorteilhaftes Verfahren zur Herstel-

lung eines solchen Mehrschichtenverbundwerkstoffes angegeben.

Die Weiterentwicklung und fortschreitende Miniaturisierung elektromechanischer Bauelemente und die Forderung nach extremer Beanspruchbarkeit verlangt in vielen Fällen Federbauelemente, welche neben einer hohen elektrischen Leitfähigkeit auch eine hohe Federbiegegrenze aufweisen, die sogar bei Temperatureinwirkungen, z. B. Lötvorgang, nur unwesentlich abfallen soll. Derartige Schalt- bzw. Kontaktfedern, welche in Schaltern, Relais, Steckern, Buchsen, Gleitschiebern u. dgl. in vielen Ausführungsformen angewendet werden, haben bisher meist nur hinsichtlich einer geforderten Eigenschaft, d. h. entweder hinsichtlich einer hohen elektrischen Leitfähigkeit oder einer hohen Federbiegegrenze, zufriedenstellende Ergebnisse erzielen können. Da bei homogenen metallischen Werkstoffen eine Erhöhung der Federbiegegrenze stets mit einer Abnahme der elektrischen Leitfähigkeit verbunden ist, musste bisher bei der Auswahl von Werkstoffen für stromführende Federn eine Optimierung zwischen den gewünschten Eigenschaften in der Weise erfolgen, dass gut leitfähige Metalle einer metallurgischen Behandlung unterworfen wurden, die zu einer möglichst geringen Leitfähigkeitserniedrigung führte.

Nach dem bekannten Stande der Technik kann eine Verfestigung eines gut leitfähigen Metalls, z. B. Kupfer, mit entsprechender Leitfähigkeitserniedrigung in folgender Weise ausgeführt werden:

- a) durch mechanische Verfestigung als Folge einer plastischen, spanlosen Verformung,
- b) durch Mischkristallhärtung mit Zusätzen, die nur eine geringe atomare Widerstandserhöhung bewirken,
- c) durch Ausscheidungshärtung.

Die geringste Widerstandserhöhung ist bei der Verfestigung durch mechanische spanlose Verformung erreichbar. Dabei wird allerdings für reine Metalle wie Aluminium, Kupfer, Silber nur eine geringe Erhöhung der Federbiegegrenze erzielt, welche ausserdem schon bei relativ niedrigen Anlass- bzw. Einsatztemperaturen durch Überschreitung der Rekristallisationstemperatur und anschliessende Rekristallisationsvorgänge wieder verloren geht.

Höhere Rekristallisationstemperaturen und Federbiegegrenzen können durch Mischkristallhärtung, beispielsweise bei Kupfer, durch Silber-, Kadmium- oder Eisen-Zusatz realisiert werden. Mit zunehmendem Legierungsgehalt steigt zwar die Federbiegegrenze, jedoch sinkt die elektrische Leitfähigkeit des Metalles oft unter die durch den Verwendungszweck bestimmten Mindestwerte.

Eine Ausscheidungshärtung ist dann möglich, wenn die Legierungsatome, beispielsweise Beryllium, im metallischen Grundmaterial wie Kupfer nur beschränkt löslich sind. Bei diesem Verfahren wird die Tatsache ausgenutzt, dass die ausgeschiedenen Teilchen zwar festigkeitserhöhend wirken, jedoch zum Widerstand des Werkstoffes nur mit ihrem geometrischen Anteil des Gesamtquerschnittes beitragen. Widerstandserhöhende Fremdatome sind hierbei im Gitter nur in relativ geringer Konzentration gelöst. Der bekannteste Werkstoff dieser Gruppe ist das Kupfer/Beryllium mit etwa 2 Gew. % Beryllium in Kupfer. Die Federbiegegrenze dieser Legierung im optimal ausgehärteten Zustand liegt bei etwa 1200 N/mm<sup>2</sup> bei einer elektrischen Leitfähigkeit von etwa 18 m/Ωmm<sup>2</sup>.

Eine andere bekannte Möglichkeit zur Optimierung der Eigenschaften von Kontaktwerkstoffen besteht in der Anwendung von Schichtverbundwerkstoffen. Bei einer bekannten Ausführung ist beispielsweise ein Kupferstreifen beidseitig mit Stahl plattiert, wodurch sich ein Federwerkstoff mit relativ hoher Federbiegegrenze und hoher Leitfähigkeit ergibt. Ein

solcher Schichtverbundwerkstoff zeigt hinsichtlich der Federbiegegrenze und der elektrischen Leitfähigkeit additive Eigenschaften entsprechend den vorhandenen Volumenanteilen der Schichten. Nachteilig erweist sich bei derartigen Schichtverbundwerkstoffen die sehr unterschiedlichen Rekristallisationstemperaturen der beteiligten Komponenten, d. h. des durch Verformung verfestigten gut leitenden Werkstoffes und der Werkstoffe hoher Federbiegegrenze, die vor allem bei der Herstellung und Verarbeitung des Werkstoffes zu Schwierigkeiten führen kann. Während Edelstahl beispielsweise erst oberhalb 1050° C vollständig rekristallisiert, ist bei dieser Temperatur der Schmelzpunkt des Kupfers nahezu erreicht und dessen Rekristallisationstemperatur bereits längst überschritten. Dies bedeutet, dass in dem plattierten Werkstoff z. B. schon eine Entspannungsglühung des Edelstahls das völlige Erweichen des Kupferbestandteiles bewirkt.

Die Erfindung geht von der Aufgabenstellung aus, einen aushärtbaren, metallischen Mehrschichtenverbundwerkstoff mit hoher elektrischer Leitfähigkeit und Federbiegegrenze zu schaffen. Das Kennzeichnende der Erfindung ist darin zu sehen, dass die Rekristallisationstemperatur der verfestigten, gut leitenden Schicht über der Aushärtungstemperatur der thermisch aushärtbaren Schicht liegt. Durch eine solche Auswahl der Werkstoffe wird eine Aushärtung der thermisch aushärtbaren Schicht ohne Festigkeitsverlust der elektrisch gut leitenden Schicht erreicht. Auf dieser Grundlage lassen sich die verschiedensten metallischen Mehrschichtenverbundwerkstoffe herstellen, welche hohe elektrische Leitfähigkeit mit hoher Federbiegegrenze kombinieren. Der erfindungsgemässe Werkstoff besteht demnach zweckmässig aus einer niedrig legierten, hoch leitfähigen Komponente, die wenigstens einseitig mit einem aushärtbaren Werkstoff hoher Federbiegegrenze plattiert ist. Im allgemeinen wird der Mehrschichtenverbundwerkstoff zweckmässig aus mindestens drei metallischen Schichten aufgebaut, wobei jeweils eine Schicht aus dem gut leitenden Werkstoff zwischen zwei Schichten aus Werkstoffen hoher Federbiegegrenze liegt. Bei diesem Aufbau liegt der gut leitende, weichere Werkstoff in der spannungsarmen, neutralen Zone und wird dadurch nur im elastischen Bereich beansprucht. Für bestimmte Anwendungsfälle kann auch eine vielschichtige (z. B. 10schichtige) Ausbildung, gegebenenfalls unter Verwendung verschiedener, gut leitender Werkstoffe und Werkstoffe hoher Federbiegegrenze, zweckmässig sein.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung erscheint es zweckmässig, dass der gut leitfähige Werkstoff mit erhöhter Rekristallisationstemperatur eine niedrig legierte Kupferlegierung ist, welche bekannte Zusätze zur Erhöhung der Rekristallisationstemperatur aufweist. Diese bekannten Zusätze können Silber, Kadmium, Zirkon und Chrom bzw. Mischungen zwischen diesen Zusatzstoffen sein. Gut leitfähige Werkstoffe mit erhöhter Rekristallisationstemperatur sind dabei die niedrig legierten Kupferlegierungen (nach DIN 17 666) CuAg, CuCd, CuZr, CuCr, CuZrCr usw., wobei die Legierungen CuZr, CuCr und CuZrCr zu den aushärtbaren Kupferlegierungen zählen. Die erreichbare Festigkeit bzw. Federbiegegrenze dieser Werkstoffe ist jedoch relativ gering, so dass der Hauptvorteil der Verwendung dieser Legierungen für einen Mehrschichtenverbundwerkstoff in der erforderlichen hohen Rekristallisationstemperatur zu sehen ist, welche eine Kombination mit thermisch aushärtbaren Werkstoffen besonders hoher Federbiegegrenze erlaubt, die ihrerseits eine entsprechend hohe Aushärtungstemperatur voraussetzen.

Die aushärtbaren Werkstoffe hoher Federbiegegrenze können zweckmässig aushärtbare Eisen- oder Nichteisenmetalllegierungen sein. Besonders vorteilhaft können hierfür Legierungen des Nickels mit Beryllium und des Kupfers mit Nickel und Mangan NiBe<sub>2</sub>, CuNi<sub>20</sub>Mn<sub>20</sub> verwendet werden.

Ein zweckmässiges Verfahren zur Herstellung eines solchen Mehrschichtenverbundwerkstoffes kann in der Weise durchgeführt werden, dass ein gut leitender Werkstoff in Streifen- oder Plattenform, wenigstens einseitig mit einem gleichfalls streifenförmigen oder plattenförmigen, aushärtbaren Werkstoff hoher Federbiegegrenze durch Press-Schweissen plattiert wird, wobei z. B. zur Herstellung einer Kontaktfeder eine wenigstens einstufige spanlose Verformung des Zwischenproduktes durchgeführt wird. Vorteilhaft erscheint eine mehrstufige spanlose Verformung mit entsprechenden Zwischenglühungen. Die erforderliche thermische Aushärtung des Werkstoffes bzw. der Werkstoffe hoher Federbiegegrenze erfolgt zweckmässig nach der Endverformung des Mehrschichtenverbundwerkstoffes und gegebenenfalls nach der Herstellung der entsprechenden Kontaktfederzuschnitte bzw. nach der endgültigen Formgebung der Kontaktfeder.

Durch die Anwendung der Merkmale der Erfindung werden federelastische Kontaktelemente geschaffen, welche in einem einfachen Herstellungsverfahren aus Mehrschichtenverbundwerkstoff hergestellt sind, und die ausserdem günstige Eigenschaften hinsichtlich der Federbiegegrenze und der elektrischen Leitfähigkeit aufweisen.

#### Ausführungsbeispiel I

Eine 8 mm dicke Platte aus CuCr (DIN 17 666) wurde beidseitig mit 4 mm dicken Blechen aus Ni-Be durch Press-Schweissen plattiert. Nach einer Lösungsglühung bei 1000° C folgten Walzvorgänge mit entsprechenden Zwischenglühungen, welche schliesslich bis zu einer Materialstärke des Mehrschichtenverbundwerkstoffes von 0,2 mm ausgeführt wurden. Die Endverformung betrug 80%. Nach der Aushärtung (1 h bei 500° C) wies der Werkstoff eine Federbiegegrenze von 1250 N/mm<sup>2</sup> und eine Leitfähigkeit von 21 m/Ωmm<sup>2</sup> auf.

#### Ausführungsbeispiel II

Eine 8 mm dicke Platte aus CuCrZr (DIN 17 666) wurde beidseitig mit 4 mm dicken Blechen aus CuNi<sub>20</sub>Mn<sub>20</sub> plattiert, bei 750° C im Durchlaufofen geglüht und mit entsprechenden Zwischenglühungen bis auf eine Gesamtmaterialstärke von 0,2 mm gewalzt. Die Endverformung betrug 80%. Nach der Aushärtung (2 h, 400° C) zeigte der Verbundwerkstoff eine Federbiegegrenze von 1100 N/mm<sup>2</sup> und eine elektrische Leitfähigkeit von 27 m/Ωmm<sup>2</sup>. Eine längere Aushärtung von 8 h bei 400° C ergab eine Federbiegegrenze von 1000 N/mm<sup>2</sup>, jedoch eine Leitfähigkeit von 33 m/Ωmm<sup>2</sup>. Ein solcher Kontaktwerkstoff erreicht hinsichtlich der Leitfähigkeit nahezu die Werte des nicht aushärtbaren bekannten Schichtverbundwerkstoffes Monel/Cu/Monel, der jedoch nur eine Federbiegegrenze von etwa 750 N/mm<sup>2</sup> aufweist, während die Federbiegegrenze des erfindungsgemässen Werkstoffes bei etwa 1100 N/mm<sup>2</sup> liegt.

In der Zeichnung ist eine gewölbte Kontaktfeder 1 dargestellt, die beispielsweise für Steckbuchsen verwendet werden kann. Die dreischichtige Ausführung zeigt zwei äussere Schichten 2,3 hoher Federbiegegrenze, zwischen denen eine innere Schicht 4 hoher elektrischer Leitfähigkeit im metallischen Verbund eingelagert ist.

