



Europäisches Patentamt
 European Patent Office
 Office européen des brevets



(11) **EP 1 592 284 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.11.2005 Patentblatt 2005/44

(51) Int Cl.7: **H05B 6/02**

(21) Anmeldenummer: **04010372.3**

(22) Anmeldetag: **30.04.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
 HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL HR LT LV MK

(71) Anmelder: **SGL CARBON AG**
65203 Wiesbaden (DE)

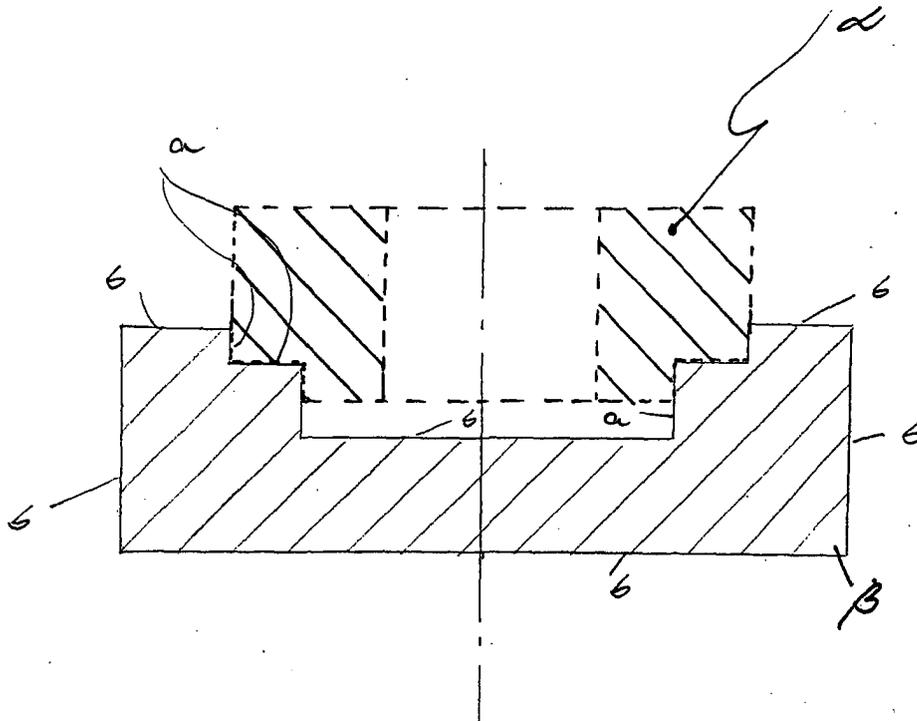
(72) Erfinder: **Benitsch, Bodo**
86647 Buttenwiesen (DE)

(54) **Werkstückträger für die induktive Erwärmung von Werkstücken**

(57) Die Erfindung betrifft einen Werkstückträger für die induktive Erwärmung von Werkstücken, der zumindest an den Auflageflächen, die von den Werkstücken berührt werden, keramische Materialien enthält. Die keramischen Materialien zeichnen sich durch große Form-

beständigkeit, geringe thermische und elektrische Leitfähigkeit sowie hohe Temperaturschockbeständigkeit aus. Ein geeignetes keramisches Material wird durch Infiltrierung eines porösen Kohlenstoffgerüsts mit Silicium erhalten.

Figur 1



EP 1 592 284 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Werkstückträger für die induktive Erwärmung von Werkstücken, der zumindest an den Bereichen seiner Oberfläche, die von den Werkstücken berührt werden, keramische Materialien enthält.

[0002] Ein wichtiges Anwendungsgebiet der Erwärmung mittels elektromagnetischer Induktion ist die Härtung von Werkstücken aus Stahl oder Guss. Das Oberflächenhärten von Werkstücken aus Stahl oder Guss erfolgt bei Temperaturen unterhalb der Erweichungstemperatur. Typischerweise werden Härtungen bei Temperaturen von 850 bis 1000 °C ausgeführt.

[0003] Beim induktiven Härten umschließt eine i.a. von hochfrequentem Wechselstrom durchflossene Spule (Induktor) das zu härtende Werkstück. Nach dem Induktionsgesetz baut sich um jeden von einem Wechselstrom durchflossenen Leiter ein magnetisches Wechselfeld auf. Dadurch werden in einem leitfähigen Werkstück, das sich innerhalb dieses Feldes befindet, Wirbelströme induziert. Die induzierten Wirbelströme, die durch den Skineneffekt in die äußeren Werkstückschichten gedrängt werden, erwärmen diese Bereiche wegen des elektrischen Widerstands sehr schnell. Die Härtetiefe wird maßgeblich von der Frequenz f des Wechselstroms bestimmt. Die Dicke δ der Schicht, in der etwa 85% der erzeugten Wärme wirksam ist, beträgt:

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{f \mu}}$$

(ρ = spezifischer elektrischer Widerstand, μ = magnetische Permeabilität ($\mu_r \cdot \mu_0$))

[0004] Die geringste - bei hohen Frequenzen - erreichbare Härtetiefe beträgt ca. 0,1 mm. Bei kleineren Frequenzen ist die stromdurchflossene Schicht dicker, das heißt, das Werkstück wird tiefer vom Strom durchflossen und durchgewärmt. Dieser Effekt wird ausgenutzt, um durch Auswahl der Frequenz die gewünschte Einwärtiefe einstellen.

[0005] Der besondere Vorteil der induktiven Erwärmung besteht darin, dass die Wärme im Werkstück selbst erzeugt wird, ohne dass eine äußere Wärmequelle erforderlich ist. Die Erwärmung mittels Induktion ist sehr gut regelbar und daher gut reproduzierbar.

[0006] Weitere verbreitete Anwendungsgebiete der induktiven Erwärmung von Werkstücken aus Metall sind das Schmelzen von Stählen und Buntmetallen mit Temperaturen bis zu 1500 °C; die Erwärmung für das Schmieden auf 1250 °C, das Weichglühen und Normalisieren nach dem Kaltverformen mit Temperaturen von 750 bis 950 °C, Weich- und Hartlöten mit Temperaturen bis 1100 °C, sowie das Anlassen von Stahl bei 200 bis 300 °C. Daneben bestehen Sonderanwendungsgebiete beispielsweise im Erwärmen zum Verkleben, zum Sintern oder für andere Bearbeitungsprozesse.

[0007] Vorteile des Induktionshärtens gegenüber konventionellen Härtungsverfahren sind die definierte Wärmezufuhr und die gleichmäßige Aufheizung der Härtebereiche. Es ist möglich, dass Werkstück partiell zu härten.

[0008] Die Wärme wird nicht wie beim Flammhärten von außen auf das Werkstück übertragen, sondern entsteht in seinem Inneren. Daher lassen sich hohe Aufheizgeschwindigkeiten erreichen. Dank der kurzen Erwärmzeiten beim induktiven Härten sind die Taktzeiten kurz, die Zunderbildung ist gering, und die Bildung von Grobkorn im Härtegut wird weitgehend vermieden. Die kurze Erwärmzeit verringert die Verzugs- und Rissgefahr.

[0009] Der im Werkstück induzierte Strom hängt sehr stark von der Position des Werkstücks relativ zur Induktionsspule ab. Um reproduzierbare Härtungsergebnisse bei der Serienfertigung von Werkstücken zu erreichen, muss jedes Werkstück für den Härtungsprozess in der gleichen Position relativ zur Induktionsspule platziert werden. Unterschiedliche Werkstückgeometrien bedingen unterschiedliche, auf die jeweilige Werkstückgeometrie abgestimmte Induktoren und Werkstückträger.

[0010] Das Material des für die induktive Härtung verwendeten Werkstückträgers sollte nicht oder nur sehr wenig elektrisch leitend sein, damit möglichst kein Strom im Werkstückträger induziert wird, denn dadurch geht Energie verloren.

[0011] Der Werkstückträger sollte sich durch den Kontakt mit dem Werkstück möglichst wenig selbst erwärmen, so dass dem Werkstück wenig Wärme entzogen wird.

[0012] Üblicherweise wird der Härteprozess mit einem Abschreckvorgang abgeschlossen, um die Abkühlung zu beschleunigen und die spezifischen Eigenschaften des zu härtenden Werkstücks zu optimieren. Befindet sich das Werkstück zu diesem Zeitpunkt noch auf dem Werkstückträger, so muss auch dieser eine Thermoschockbeständigkeit von mindestens 1200 K/s aufweisen. Gleichzeitig ist eine hohe Resistenz gegen chemische und/oder oxidative Angriffe gefordert, um in der Wahl des Abschreckmediums frei zu sein. Weiterhin sind Materialien zu wählen, die unter dem Einfluss von Flüssigkeiten wie etwa der Abschreckemulsion nicht absorbierend wirken und/oder quellen.

[0013] Weil die das Werkstück aufnehmenden Bereiche des Werkstückträgers in der Regel individuelle, auf das jeweilige Werkstück abgestimmte Geometrien aufweisen und die dafür nötigen hohen Investitionen nur bei einer hohen Stückzahl an gehärteten Werkstücken rentabel sind, ist eine lange Standzeit des Werkstückträgers erforderlich. Voraussetzungen dafür sind wiederum geringer Verschleiß und eine hohe Formstabilität (Geometrietreue) des Werkstückträgers.

[0014] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Werkstückträger für die induktive Erwärmung, insbesondere für die induktive Härtung von Werkstücken, aus einem Material bereit zu stellen, das

die vorgenannten Anforderungen erfüllt und die Herstellung von Werkstückträgern mit komplexen Geometrien erlaubt.

[0015] Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass zumindest der Bereich des Werkstückträgers, den das zu erwärmende Werkstück berührt, keramische Werkstoffe enthält, so dass der Werkstückträger im Berührungsbereich eine harte und verschleißfeste Oberfläche besitzt.

[0016] Weitere Details, Vorteile und Ausführungsvarianten der Erfindung sind aus der folgenden ausführlichen Beschreibung und den Figuren ersichtlich.

[0017] Die Figuren zeigen

Figur 1 einen erfindungsgemäßen Werkstückträger, dessen Oberfläche in den für die Auflage des Werkstücks vorgesehenen Bereichen eine Beschichtung aus einem keramischen Werkstoff aufweist

Figur 2 einen erfindungsgemäßen Werkstückträger, in dessen Oberfläche Einlagen aus einem keramischen Werkstoff eingesetzt sind, welche eine Auflage für das zu härtende Werkstück bilden

[0018] Ein erfindungsgemäßer Werkstückträger entsprechend Figur 1 lässt sich herstellen, indem die Oberfläche eines Werkstückträgers β aus einem herkömmlichen Material, beispielsweise aus einem mit Glasfasern verstärkten hochtemperaturbeständigen Duroplast, in dem Bereich a, der für die Auflage des zu härtenden Werkstücks α vorgesehen ist, mit einem keramischen Material beschichtet wird. Die nicht vom Werkstück α berührte Oberfläche b des Werkstückträgers ist unbeschichtet. Jedoch kann auch die gesamte Oberfläche des Werkstücks beschichtet werden, z.B. in solchen Fällen, in denen eine komplette Beschichtung verfahrenstechnisch einfacher herzustellen ist als eine gezielte, auf bestimmte Teile der Oberfläche beschränkte Beschichtung. Verfahren zur Herstellung keramischer Beschichtungen, beispielsweise Plasmaspritzen oder chemische Dampfphasenabscheidung (CVD) sind dem Fachmann bekannt.

[0019] Eine alternative Variante des erfindungsgemäßen Werkstückträgers ist in Figur 2 dargestellt. In dem für die Auflage der zu härtenden Werkstücke vorgesehenen Oberflächenbereich eines Werkstückträger-Grundkörpers δ aus einem herkömmlichen hochtemperaturbeständigen Material, beispielsweise mit Glasfasern verstärkten hochtemperaturbeständigen Duroplast, ist mindestens eine Aussparung vorgesehen, in welche eine passgenau geformte Einlage (Inlay) γ aus einem keramischen Material eingesetzt wird. Die nach außen weisenden Oberflächen der Einlagen sind entsprechend den Erfordernissen der Geometrien der zu härtenden Werkstücke gestaltet, weisen beispielsweise Rillen, Nute oder anders geformte Vertiefungen zur Aufnahme des Werkstücks auf (in Figur 2 nicht dargestellt). Das Inlay oder die Inlays übernehmen die Trägerfunktio-

on für das Werkstück, d.h. das Werkstück wird von dem Inlay oder den Inlays gehalten, so dass nur die Oberflächen des oder der Inlays vom Werkstück berührt werden, aber nicht die Oberfläche des Grundkörpers.

[0020] Die Inlays können herausnehmbar sein, so dass der Werkstückträger auf verschiedene Werkstückgeometrien angepasst werden kann, indem jeweils für das zu härtende Werkstück passenden Inlays eingesetzt werden. Alternativ können die Inlays durch Verkleben, Einpressen o.ä. fest mit dem Werkstückträger verbunden werden.

[0021] Die in Figur 1 und 2 dargestellten Geometrien der Werkstückträger und Werkstücke sind nur beispielhaft zu verstehen, denn die Erfindung ist nicht auf bestimmte Geometrien von Werkstückträger und Werkstück begrenzt.

[0022] Selbstverständlich ist es im Rahmen der vorliegenden Erfindung auch möglich, den gesamten Werkstückträger einstückig aus einem keramischen Werkstoff zu bilden.

[0023] Der spezifische elektrische Widerstand des in den erfindungsgemäßen Werkstückträgern eingesetzten keramischen Materials beträgt mindestens $50 \mu\Omega \cdot m$, bevorzugt mehr als $100 \mu\Omega \cdot m$ und besonders bevorzugt mehr als $150 \mu\Omega \cdot m$.

[0024] Im folgenden werden die Zusammensetzungen geeigneter keramischer Materialien für die erfindungsgemäßen Werkstückträger angegeben. Im Fall von beschichteten Werkstückträgern (Figur 1) betreffen die folgenden Angaben nur die Zusammensetzung der Beschichtung in den vom Werkstück berührten Oberflächenbereichen a. Im Fall von Werkstückträgern mit Inlays (Figur 2) gelten die Zusammensetzungen nur für die Inlays γ .

[0025] Geeignete keramische Werkstoffe sind Keramiken aus der Gruppe der oxidischen Keramiken (Al_2O_3 , ZrO_2 , MgO), der nitridischen Keramiken (Si_3N_4 , AlN, SIALON) und der carbidischen Keramiken (SiC, TiC, WC, B_4C). Der Werkstoff muss nicht zu 100 % keramisch sein, sein keramischer Anteil muss aber mindestens 10 Massen-% betragen.

[0026] Beispielsweise können carbidkeramische Verbundwerkstoffe eingesetzt werden, welche neben dem Carbid oder den Carbiden selbst auch Phasen enthalten, in welchen die Carbidbestandteile elementar (d.h. nicht im Carbid gebundenen) vorliegen. Der keramische Werkstoff enthält also neben Carbid Phasen aus elementarem Kohlenstoff oder/und metallische Phasen aus dem das Carbid bildenden Metall oder den die Carbide bildenden Metallen wie Silicium, Titan, Wolfram. Der massebezogene Anteil des Carbids in diesem Werkstoff beträgt mindestens 10 %. Der sich auf 100 % ergänzende Restgehalt des Materials enthält maximal 50 % Kohlenstoff sowie maximal 80 % an schmelzbaren Elementen (dem carbidbildenden Metall oder den carbidbildenden Metallen in elementarer Form).

[0027] Ein Material, das die vorgenannten Anforderungen hinsichtlich Formstabilität, geringer elektrischer

und thermischer Leitfähigkeit, chemischer Resistenz und Thermoschockbeständigkeit besonders gut erfüllt, ist ein keramischer Verbundwerkstoff aus mindestens 35 Massen-% Siliciumcarbid mit Anteilen elementaren Kohlenstoffs (1 - 35 Massen-%) und elementaren Siliciums (1 - 60 Massen-%). Ausgangsbasis für die Herstellung dieses hochkeramisierten Materials ist ein poröses Kohlenstoffgerüst. Dieses wird mit flüssigem Silicium infiltriert, so dass ein vornehmlich Siliciumcarbid, Silicium und Kohlenstoff enthaltender Verbundwerkstoff entsteht. Alternativ kann die Silicierung über die Gasphase erfolgen:

[0028] Siliciumcarbid und Kohlenstoff enthaltende Verbundwerkstoffe sind auch erhältlich durch Zugabe von Silicium enthaltenden Polymeren, bei deren Pyrolyse Siliciumcarbid gebildet wird, z.B. Silanen oder Siloxanen, zu dem porösen Kohlenstoffgerüst, und anschließende Pyrolyse. Werkstoffe nach der zuletzt beschriebenen Variante können durch einen Flüssigsilicierungsvorgang unmittelbar im Anschluss an die Pyrolyse oder in einem separaten Schritt mit Silicium nachverdichtet werden.

[0029] Das poröse Kohlenstoffgerüst des Ausgangsmaterials liegt entweder bereits in carbonisierter Form vor, beispielsweise als carbonisiertes Filz oder Vlies, oder es wird durch Pyrolyse (Carbonisierung) eines Vorkörpers aus einem carbonisierbaren festen Material, d. h. einer mit hoher Ausbeute in Kohlenstoff umwandelbaren Kohlenstoffquelle, beispielsweise Holz, Holzwerkstoffe, Holzspäne, Holzmehle, Zellulose, Zellstoff, oder Wolle oder textile Strukturen aus Zellulose oder Wolle, hergestellt.

[0030] Das poröse Kohlenstoffgerüst bzw. der pyrolysierbare Vorkörper, aus dem das poröse Kohlenstoffgerüst hergestellt wird, kann zwecks Verdichtung einmal oder mehrfach mit ein carbonisierbaren Bindern imprägniert werden, der anschließend carbonisiert wird. Carbonisierbare, d.h. mit einer hohen Kohlenstoffausbeute pyrolysierbare Binder sind u.a. Phenolharze, Melaminharze, Lignin und Pech. Darüber hinaus können Binder verwendet werden, die gleichzeitig als Siliciumcarbidquelle wirken, beispielsweise ein Silan oder Siloxan, bei dessen Pyrolyse neben Kohlenstoff Siliciumcarbid entsteht, oder Mischungen verschiedener Binder oder verschiedene Binder in verschiedenen Imprägnationsschritten.

[0031] Alternativ ist das Ausgangsmaterial für das poröse Kohlenstoffgerüst ein Gemisch aus Kohlenstoff, beispielsweise in Form von Fasern oder gemahlenem Material, oder einer oder mehreren festen Kohlenstoffquellen, die sich mit hoher Kohlenstoffausbeute pyrolysieren (carbonisieren) lässt, z.B. Holzmehl, Holzspäne, Zellstoff oder Zellulosefasern, und einem carbonisierbaren Binder. Aus diesem Gemisch wird beispielsweise durch Verpressen oder eine andere Methode der Formgebung ein Grünkörper hergestellt, bei dessen Pyrolyse ein poröses Kohlenstoffgerüst erhalten wird.

[0032] Dem Gemisch können Additive zugesetzt wer-

den, um die Eigenschaften des Verbundwerkstoffs noch besser an die zu erfüllenden Anforderungen anzupassen, z.B. die thermische und elektrische Leitfähigkeit zu vermindern und die Festigkeit zu erhöhen. Dazu sind beispielsweise Additive in Form von Pulvern oder Fasern mit einer Länge kleiner 10 mm aus keramischen Materialien, z.B. Siliciumcarbid- oder Aluminiumoxid-Fasern geeignet.

[0033] Durch einen Zusatz von Kohlenstoffanteil zu dem Gemisch aus festen pyrolysierbaren Kohlenstoffquellen (z.B. Holzspänen, Holzmehl, Zellulosefasern, Zellstoff) und carbonisierbaren Bindern, aus dem der Grünkörper hergestellt wird, lässt sich der Schrumpf bei der Pyrolyse merklich vermindern. Dieser Kohlenstoffanteil wird erhalten, indem dem Gemisch Kohlenstoff zugesetzt wird in Form von Kohlenstoff- oder Graphitpulver, Ruß, Kohlenstoff-Kurzfasern (mit einer Länge unter 10 mm) oder Kohlenstoff-Nanotubes.

[0034] Über die Kohlenstoffmenge des Ausgangsmaterials lässt sich der Grad der Konvertierung zu Siliciumcarbid beeinflussen. Für die erfindungsgemäße Verwendung wird die Zusammensetzung des keramischen Verbundwerkstoffs derart eingestellt, dass die nicht zu Siliciumcarbid umgewandelten Kohlenstoffbestandteile weitestgehend durch Silicium und/oder Siliciumcarbid gekapselt sind, so dass keine zusammenhängenden Leitungspfade existieren. Insbesondere in den Bereichen des Werkstückträgers, welche direkt von dem zu härtenden Werkstück berührt werden, muss der Gehalt des Verbundwerkstoffs an nicht zu Carbid umgewandelten Kohlenstoff sehr gering sein und vorzugsweise bei Null liegen, um u.a. ein Aufkohlen des Werkstücks zu vermeiden. Es wird also ein hoher Konvertierungsgrad des Kohlenstoffs zu Siliciumcarbid benötigt. Dies ist erreichbar beispielsweise durch eine relativ lange Verweildauer der Silicierungstemperatur über der Schmelztemperatur des Siliciums (typischerweise mehr als 60 Minuten).

[0035] Infolge der Kapselung des nicht zu Carbid umgewandelten Restkohlenstoffs weist das Material den anforderungsgemäßen hohen elektrischen Widerstand auf. Es wurden spezifische Widerstände um $170 \mu\Omega \cdot m$ ermittelt, also innerhalb des besonders bevorzugten Bereichs von mehr als $150 \mu\Omega \cdot m$.

[0036] Überraschenderweise wirkt sich diese Kapselung des Kohlenstoffs gleichzeitig positiv auf das Thermoschockverhalten der beschriebenen Werkstoffe aus. Diese ist größer als 1200 K/s und erfüllt damit die eingangs genannten Anforderungen. Die Resistenz gegen oxidative Einwirkungen wird durch die Kapselung des Kohlenstoffs ebenfalls positiv beeinflusst. Die erfindungsgemäßen Werkstückträger konnten bis zu 10.000 Härtingszyklen bei ca. 1.000 °C von jeweils 3 bis 5 Minuten Dauer ausgesetzt werden, ohne dass eine merkliche Massenabnahme bzw. oxidativer Angriff der Oberfläche festzustellen war.

[0037] Der keramische Körper aus dem Siliciumcarbid, Silicium und Kohlenstoff enthaltenden Verbund-

werkstoff dient entweder selbst als Werkstückträger, oder als Einsatz für die Werkstückaufnahme in einem Werkstückträger aus einem herkömmlichen Material entsprechend Figur 2.

[0038] Um den Bearbeitungsaufwand bei der Formgebung des keramischen Materials zu verringern, wird vorzugsweise ein bereits endkonturnaher Grün- oder Vorkörper hergestellt. Dies geschieht, je nach Beschaffenheit des Ausgangsmaterials, beispielsweise mittels Spritzgießen, Pressen (z.B. in einem passend geformten Gesenk), Stanzen, Schneiden, Drehen oder anderer geläufiger Verfahren. Bei der Auslegung des Grünkörpers ist zu berücksichtigen, dass es insbesondere bei der Pyrolyse zu einem gewissen Materialschwund kommt. Daher müssen die Grünkörper ggf. ein den Schwund kompensierendes Übermaß aufweisen. Jedoch lässt sich, wie bereits erwähnt, der Schwund vermindern, indem dem zu pyrolysierenden Ausgangsmaterial Kohlenstoff zugesetzt wird.

[0039] Soweit noch eine Endkonturierung des keramischen Körpers entsprechend der Geometrie der aufzunehmenden Werkstücke nötig ist, erfolgt diese mittels üblicher Verfahren wie Bohren, Schleifen, Erodieren u. ä. Es wird jedoch aus wirtschaftlichen Gründen angestrebt, den keramischen Körper oder die keramischen Teilbereiche des Werkstückträgers mit einer solchen Oberflächen- und Geometriegüte herzustellen, dass er im keramischen Zustand nicht oder nur wenig bearbeitet werden muss, beispielsweise sich die Nachbearbeitung auf das Herstellen von Bohrungen beschränkt. Maßnahmen zur Herstellung von keramischen Körpern mit hoher Oberflächengüte, die keine Nachbearbeitung verlangen, sind dem Fachmann bekannt. In diesem Zusammenhang ist beispielsweise die Verwendung sehr feinkörniger Ausgangsmaterialien vorteilhaft.

Ausführungsbeispiele

Beispiel 1:

[0040] Ein plattenförmiger poröser Kohlenstoffkörper mit einer Dichte von 0,5 - 0,8 g/cm³ wird hergestellt aus übereinander gestapelten und verdichteten carbonisierten Filzmatten. Dieser Vorkörper wurde mit flüssigem Silicium unter Vakuum in Berührung gebracht. Dabei wandelten sich die Kohlenstoffbestandteile zum überwiegenden Teil in Siliciumcarbid um. Die Restporosität wird weitestgehend durch elementares Silicium gefüllt.

[0041] Nach der Silicierung erfolgte die Endformgebung zu einem Werkstückträger für die Aufnahme von Kurbelwellen während des Härteprozesses. Dazu wurden aus einer Oberfläche des plattenförmigen Körpers langgestreckte Vertiefungen mit u-förmigem Querschnitt mittels Elektroerosionsverfahren mit einer Toleranz von weniger als +0,1 mm herausgearbeitet. Durch diesen Bearbeitungsvorgang wurde die geforderte Oberflächengüte ohne zusätzliche Oberflächenbehandlung erreicht.

Beispiel 2:

[0042] Der in Beispiel 1 verwendete carbonisierte Filz wurde gemahlen. Das Mahlgut wurde mit einem pyrolysierbaren Bindemittel versetzt, zu einem runden scheibenförmigen Rohling verpresst, ausgehärtet, pyrolysiert, formgebend bearbeitet und siliciert. Bei der Formgebung wurde eine Oberfläche des Rohlings so ausgearbeitet, dass sie einen erhöhten umlaufenden Rand aufweist. Der so erhaltene keramische Formkörper dient als Werkstückträger bei der induktiven Oberflächenhärtung von Laufflächen für Kugellager. Der erhöhte umlaufende Rand wirkt als Fixierungskante für die zu härtenden Werkstücke.

Beispiel 3:

[0043] Eine Platte aus Buchenholz wurde pyrolysiert, in die Form eines Werkstückträgers für die Aufnahme von Zahnrädern gebracht und anschließend über die Flüssigphase siliciert. Wegen der zu erwartenden Schrumpfung von ungefähr 40 % des Ausgangsvolumens beim Silicieren erfolgte die Formgebung der pyrolysierten Holzplatte mit einem entsprechenden Übermaß.

[0044] Der silicierte Formkörper wurde zur genauen Einstellung der gewünschten Maße nachbearbeitet.

Beispiel 4:

[0045] Gemahlene, pulverförmige Holzmehl wurde mit Phenolharz versetzt und unter Einwirkung von Druck (12 N/mm²) und Temperatur (bis maximal 130 °C) in einer Gesenk-Form zu einem sogenannten Holzwerkstoff ausgehärtet. Das verwendete Gesenk bildete die Kontur eines Formteils mit einer langgestreckten Vertiefung mit U-förmigem Querschnitt auf einer Oberfläche.

[0046] Der so erhaltene Grünkörper wurde pyrolysiert und durch Silicierung zu einem an Siliciumcarbid reichen keramischen Körper umgewandelt. Dieser dient zur Fixierung von Gewindestangen bei der induktiven Härtung.

Beispiel 5:

[0047] Aus einem durch Infiltration von Holzmehlen mit einem bei der Pyrolyse Siliciumcarbid bildenden Polymer erhaltenen Rohmaterial wurden durch Formpressen offene poröse Grünkörper erzeugt, die bei der anschließenden Pyrolyse und Silicierung in hochkeramisierte SiSiC-Körper (Dichte 2,0 - 3,15 g/cm³, spezifischer Widerstand 172 µΩ * m) umgewandelt wurden.

[0048] Die Grünkörper hatten die Gestalt von Werkstückträgern mit Fixierungskanten für aufzunehmende Werkstücke. Die so erhaltenen Keramikkörper dienen als Werkstückträger bei der induktiven Härtung von Getriebekomponenten.

Beispiel 6:

[0049] Zu mit einem pyrolisierbaren Bindemittel infiltriertem Holzmehl wurde als Additiv Kohlenstoffpulver mit einem Teilchendurchmesser von 5-30 µm beige-

5

mischt. Daraus wurde ein Grünkörper in Form einer Lochplatte hergestellt. Dieser wurde pyrolysiert und siliciert.

[0051] Der so erhaltene Keramikkörper wurde als

15

Beispiel 7:

[0052] Ein Gemisch aus Zellstoff und Zellulose mit Lignin als Bindemittel wurde zu einem endkonturnahen Grünkörper in Form einer Platte mit Fixierungskanten für Werkstücke verpresst. Dieser Körper wies nach der Pyrolyse ein sehr feinporiges Gefüge auf. Nach der Infiltration von flüssigem Silicium entstand ein SiSiC-Werkstoff mit einem massebezogenen Anteil an elementarem, nicht im Carbid gebundenem Silicium von über 30 %.

20

25

[0053] Die so erhaltenen Formteile dienen als Arretierhilfen für Werkstücke in Induktionshärteanlagen.

30

Beispiel 8: Werkstückträger mit Inlays

[0054] Es wurde ein Werkstückträger-Grundkörper aus einem hochtemperaturbeständigen Kunststoff, der als Füllstoff Al₂O₃ enthielt, hergestellt. Eine Oberfläche dieses Grundkörpers wurde mit Bohrungen versehen, in welche zylindrische Formteile (Stifte) aus Al₂O₃ eingepresst wurden. Die nach außen weisenden Oberflächen dieser Keramikstifte dienen als Auflage für die zu härtenden Werkstücke.

35

40

[0055] Die zylinderförmigen keramischen Formteile wurden hergestellt, indem eine schlickerförmige Zubereitung des Ausgangsmaterials in entsprechende Formen gegossen und gesintert wurde.

45

Beispiel 9: Werkstückträger mit keramischer Beschichtung der vom Werkstück berührten Oberflächen.

50

[0056] Ein Werkstückträger mit einer langgestreckten Vertiefung mit u-förmigem Querschnitt zur Aufnahme von zu härtenden Gewindestangen wurde aus einem hochtemperaturbeständigen Kunststoff gefertigt. Die Wandung der Vertiefung, welche beim Härten vom Werkstück berührt wird, wurde anschließend im Plasmaspritz-Verfahren mit Siliciumcarbid beschichtet.

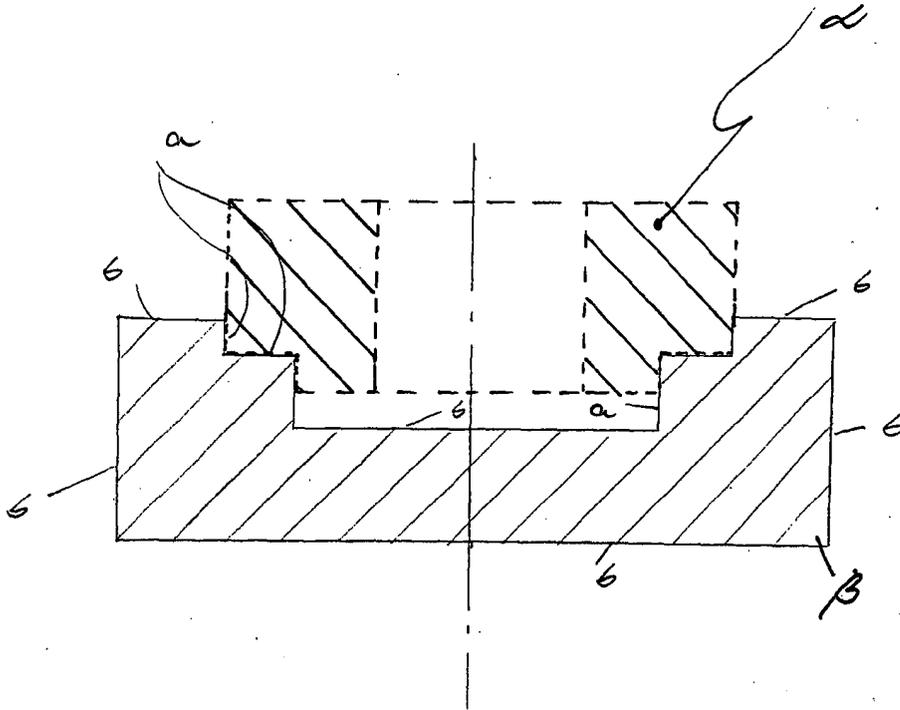
55

Patentansprüche

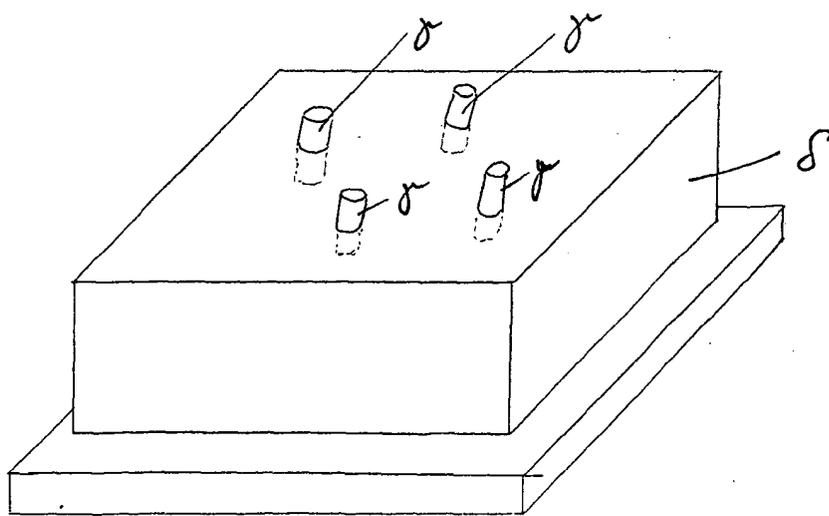
1. Werkstückträger für die induktive Erwärmung von Werkstücken, **dadurch gekennzeichnet, dass** er zumindest an den vom Werkstück berührten Oberflächenbereichen keramisches Material enthält.
2. Werkstückträger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vom Werkstück berührten Oberflächenbereiche mit keramischem Material beschichtet sind.
3. Werkstückträger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** er aus einem Grundkörper aus einem hochtemperaturbeständigen Material besteht, in dessen Oberfläche mindestens ein Inlay aus keramischem Material eingelassen ist, welches die Trägerfunktion des Werkstücks übernimmt.
4. Werkstückträger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der gesamte Werkstückträger aus keramischem Material besteht.
5. Werkstückträger nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Widerstand des keramischen Materials mindestens 50 µΩ * m beträgt.
6. Werkstückträger nach einem der vorigen Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Widerstand des keramischen Materials mindestens 100 µΩ * m beträgt.
7. Werkstückträger nach einem der vorigen Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Widerstand des keramischen Materials mindestens 150 µΩ * m beträgt.
8. Werkstückträger nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das keramische Material ein Material aus der Gruppe der oxidischen oder der nitridischen Keramiken ist.
9. Werkstückträger nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das keramische Material ein Material aus der Gruppe der carbidischen Keramiken ist.
10. Werkstückträger nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der keramische Werkstoff neben Carbidphasen Phasen aus elementarem Kohlenstoff oder/und metallische Phasen aus dem das Carbid bildenden Metall bzw. den die Carbide bildenden Metallen enthält.
11. Werkstückträger nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der massebezogene Anteil des Carbid in diesem Werkstoff mindestens 10 %

- beträgt und der sich auf 100 % ergänzende Restgehalt des Materials zu maximal 50 % aus elementarem Kohlenstoff besteht sowie zu maximal 80 % aus dem oder den carbidbildenden Metallen in elementarer Form.
- 5
12. Werkstückträger nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das keramische Material ein Verbundwerkstoff aus Siliciumcarbid, elementarem Silicium und elementarem Kohlenstoff ist.
- 10
13. Werkstückträger nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der keramische Verbundwerkstoff massebezogene Anteile von mindestens 35 % Siliciumcarbid, 1 bis 60% Silicium und 1 bis 35% Kohlenstoff aufweist.
- 15
14. Werkstückträger nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Teil des in elementarer Form vorliegende und/oder Carbide bildende Kohlenstoff das Produkt der Pyrolyse von Holz, Holzwerkstoffen, Holzspänen, Holzmehl, Zellulose, Zellstoff, oder Wolle ist
- 20
15. Verfahren zur Herstellung des keramischen Materials für einen Werkstückträger nach einem der Ansprüche 12 bis 14 umfassend die Schritte:
- 25
- Herstellen eines porösen Kohlenstoffgerüsts
 - Infiltrieren dieses porösen Gerüsts mit Silicium.
- 30
16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das poröse Kohlenstoffgerüst ein carbonisierter Filz oder Vlies ist.
- 35
17. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das poröse Kohlenstoffgerüst durch Pyrolyse eines Vorkörpers aus einem carbonisierbaren Material hergestellt wird.
- 40
18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** das poröse Kohlenstoffgerüst durch Pyrolyse eines Vorkörpers aus Holz, Holzwerkstoffen, Holzspänen, Holzmehlen, Zellulose, Zellstoff, oder Wolle hergestellt wird.
- 45
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** das poröse Kohlenstoffgerüst oder der pyrolysierbare Vorkörper mit mindestens einem carbonisierbaren Binder imprägniert ist, der anschließend carbonisiert wird.
- 50
20. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das poröse Kohlenstoffgerüst durch Pyrolyse eines Grünkörpers aus einem Gemisch aus mindestens einem festen carbonisierbaren Material und mindestens einem carbonisierbaren Binder hergestellt wird.
- 55
21. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das poröse Kohlenstoffgerüst durch Pyrolyse eines Grünkörpers aus einem Gemisch aus Holzspänen, Holzmehl, Zellstoff oder/und Zellulosefasern und mindestens einem carbonisierbaren Binder hergestellt wird.
22. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das poröse Kohlenstoffgerüst durch Pyrolyse eines Grünkörpers aus einem Gemisch aus Kohlenstoff und einem carbonisierbaren Binder hergestellt wird.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** der carbonisierte Binder ein Phenolharz, ein Melaminharz, Lignin, Pech, zu SiC pyrolysierbare Polymere oder ein Gemisch aus mehrerer dieser Substanzen ist.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Grün- oder Vorkörper durch Spritzgießen, Pressen, Schneiden, Drehen oder Stanzen endkontumah hergestellt wird.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Gemisch, aus dem der Grünkörper geformt wird, mindestens eines der folgenden Additive zugesetzt wird: Keramikpulver, Keramikfasern, Kohlenstoffpulver, Kohlenstoffkurzfasern, Kohlenstoff-Nanotubes, Graphitpulver, Ruß.
26. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Konvertierung zu Siliciumcarbid durch Infiltrierung mit Silicium aus der flüssigen Phase oder aus der Gasphase oder durch bei der Pyrolyse SiC bildende Polymere oder einer Kombination aus diesen erfolgt.
27. Verwendung eines Werkstückträgers nach einem der Ansprüche 1 bis 14 für das induktive Erwärmen von Werkstücken.
28. Verwendung eines Werkstückträgers nach einem der Ansprüche 1 bis 14 für das induktive Härten von Werkstücken, wobei sich der Werkstückträger während des Härtevorgangs zumindest teilweise innerhalb des induzierten Feldes befindet.

Figur 1



Figur 2





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2003, Nr. 08, 6. August 2003 (2003-08-06) -& JP 2003 124085 A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD), 25. April 2003 (2003-04-25) * Zusammenfassung; Abbildung * -----	1,8	H05B6/02	
X	US 4 960 967 A (BUFFENOIR MARC ET AL) 2. Oktober 1990 (1990-10-02) * Spalte 3, Zeile 36 - Zeile 44; Abbildung 1 * -----	1,2		
X	DATABASE WPI Section Ch, Week 198243 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class J09, AN 1982-90998E XP002296704 -& JP 57 057490 A (KYOTO CERAMIC CO LTD) 6. April 1982 (1982-04-06) * das ganze Dokument * -----	1		
X	US 2 482 364 A (PFLEGER KENNETH W) 20. September 1949 (1949-09-20) * Anspruch 17 * -----	1		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
X	US 5 994 681 A (LLOYD ROBERT) 30. November 1999 (1999-11-30) * Spalte 18, Zeile 21 - Spalte 19, Zeile 14; Abbildung 4 * -----	1		H05B
A	US 3 182 168 A (CORNELL FRANK J) 4. Mai 1965 (1965-05-04) * Spalte 5, Zeile 3 - Zeile 9; Abbildung 1 * -----	1-28		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt				
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 16. September 2004	Prüfer Gea Haupt, M	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur				

1
EPC FORM 1 503 03 82 (PO4C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 04 01 0372

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

16-09-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2003124085 A	25-04-2003	KEINE	
US 4960967 A	02-10-1990	FR 2630612 A1	27-10-1989
		AT 115354 T	15-12-1994
		AU 615283 B2	26-09-1991
		AU 3272389 A	02-11-1989
		BR 8901951 A	05-12-1989
		CA 1313236 C	26-01-1993
		DE 68919743 D1	19-01-1995
		DE 68919743 T2	27-04-1995
		EP 0340057 A1	02-11-1989
		ES 2065403 T3	16-02-1995
		GR 3015004 T3	31-05-1995
		JP 1313882 A	19-12-1989
		JP 2807734 B2	08-10-1998
		KR 142908 B1	01-10-1998
		ZA 8903056 A	27-12-1989
JP 57057490 A	06-04-1982	KEINE	
US 2482364 A	20-09-1949	KEINE	
US 5994681 A	30-11-1999	AU 694985 B2	06-08-1998
		AU 1942495 A	03-10-1995
		WO 9525416 A1	21-09-1995
		CA 2185438 A1	21-09-1995
		CA 2447502 A1	21-09-1995
		NZ 282347 A	28-01-1999
		ZA 9502176 A	27-12-1995
US 3182168 A	04-05-1965	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82