

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

706 865 B1

(51) Int. Cl.: B22C 9/10 (2006.01)
C04B 35/577 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 01394/13

(22) Anmeldedatum: 14.08.2013

(43) Anmeldung veröffentlicht: 28.02.2014

(30) Priorität: 16.08.2012 US 13/586,930

(24) Patent erteilt: 31.08.2017

(45) Patentschrift veröffentlicht: 31.08.2017

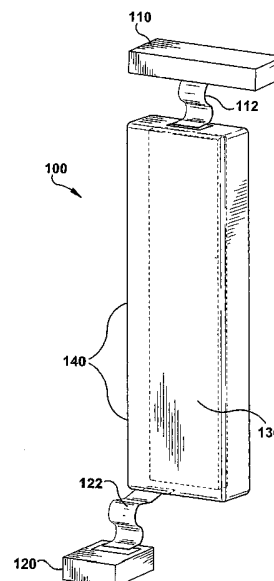
(73) Inhaber:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:
Glenn Curtis Taxacher, Greenville, SC 29615-4614 (US)
Peter de Diego, Greenville, SC 29615-4614 (US)
Paul Edward Gray, Newark, DE 19713-3432 (US)
Phillip Harold Monaghan, Newark, DE 19713-3432 (US)

(74) Vertreter:
General Electric Technology GmbH Global Patent
Operations - Europe, Brown Boveri Strasse 7
5400 Baden (CH)

(54) **Fertigungssystem mit verbrauchbarem Kern zur Herstellung von Verbundkörpern und zugehöriges Verfahren.**

(57) Offenbart sind Fertigungssysteme (100) und Verfahren, die eingerichtet sind, um die Herstellung von Verbundgegenständen (z.B. keramischen Verbundgegenständen), insbesondere einen hohlen Bestandteil aufweisenden Verbundgegenständen, zu erleichtern. Das Fertigungssystem (100) enthält einen verbrauchbaren Kern (130) zum Anordnen innerhalb eines inneren Teils eines Verbundvorprodukts, wobei der verbrauchbare Kern (130) eingerichtet ist, um sich während eines Herstellungsprozesses in ein Infiltrationsmaterial umzuwandeln und das Verbundvorprodukt (140) zu infiltrieren.



Beschreibung

[0001] Diese Erfindung wurde mit Unterstützung der US-Regierung erstellt.

Allgemeiner Stand der Technik

[0002] Die hier offenbarte Erfindung betrifft Fertigungssysteme zur Herstellung von Verbundgegenständen mit verbrauchbaren Kernen sowie zugehörige Verfahren.

[0003] Derzeitige Verfahren zum Fertigen von keramischen Verbundgegenständen (z.B. Schmelzinfiltrationsprozesse) umfassen die Verwendung eines Flüssigphasen-Infiltrationsmaterials (z.B. Silizium, Siliziumlegierungen usw.), welches in ein volumetrisches Material/Verbundvorprodukt eingebracht wird, um einen Verbundgegenstand zu bilden. Während der Fertigung wird dieses Infiltrationsmaterial auf den freiliegenden Oberflächen des Verbundvorprodukts aufgenommen und dringt durch Dochtwirkung in das Verbundvorprodukt ein, um den Verbundgegenstand zu bilden. Bei der Fertigung von Hohlräume aufweisenden Verbundgegenständen sieht der typische Prozess vor, einen entnehmbaren Kern in die inneren Teile des hohlen Verbundvorprodukts einzuführen, um den Hohlraum auszubilden. Anschliessend wird der Kern herausgenommen, wobei innere Oberflächen des Verbundvorprodukts freigelegt werden. Die Entnahme des Kerns muss vor der Schmelzinfiltration stattfinden, um zu verhindern, dass das Infiltrationsmaterial mit dem Kern reagiert, diesen mit dem Verbundgegenstand verbindet und eine Kernentnahme verhindert. Einige Herstellverfahren umfassen entfernbare Kerne, die ausgebildet sind, um in einem separaten, der Bildung des Verbundgegenstands nachfolgenden Prozess geschmolzen oder ausgebrannt zu werden. Einige andere Hersteller konstruieren Verbundgegenstände, die konstruktive Löcher aufweisen, die gross genug sind, um die entnehmbaren Kerne aus dem Innern des Gegenstands herauszuziehen. Diese Verfahren können die Konstruktion oder das Leistungsverhalten des Gegenstands einschränken, zusätzliche Schritte in dem Fertigungsprozess erfordern und/oder Komponenten und Teile des Verbundgegenstands Temperaturextremen aussetzen, die den Gegenstand beschädigen oder zerstören können.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0004] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und ein Fertigungssystem, die geeignet sind, die Fertigung von Verbundgegenständen zu erleichtern.

[0005] Die Erfindung stellt ein Fertigungssystem bereit, welches einen verbrauchbaren Kern zum Anordnen in einem inneren Teil eines Verbundvorprodukts umfasst, wobei sich der verbrauchbare Kern während eines Fertigungsprozesses in ein Infiltrationsmaterial wandeln und in das Verbundvorprodukt eindringen kann.

Besonders vorteilhafte und bevorzugte Ausgestaltungen des erfindungsgemässen Fertigungssystems weisen ein oder mehrere der folgenden Merkmale auf:

Das Fertigungssystem kann eine externe Zuführung umfassen, die mit dem verbrauchbaren Kern über einen Docht verbunden ist, um einen Infiltrationsmaterialfluss zu dem Verbundvorprodukt zu fördern.

Der verbrauchbare Kern ist bevorzugt eingerichtet, sich während des Fertigungsprozesses durch Schmelzinfiltration in das Verbundvorprodukt rückstandsfrei zu verbrauchen, um den inneren Teil des Verbundvorprodukts während des Fertigungsprozesses im Wesentlichen freizumachen.

Der verbrauchbare Kern kann einen Gusswerkstoff aufweisen.

Der verbrauchbare Kern kann zumindest eines der Elemente Silizium und/oder Bor aufweisen.

Das Fertigungssystem kann weiterhin einen in der Nähe des Verbundvorprodukts angeordneten externen Block zur Zuführung von Infiltrationsmaterial zu dem Verbundvorprodukt umfassen.

[0006] Das Fertigungssystem kann gemäss einer weiteren Ausführungsform ferner aufweisen: ein Verbundvorprodukt, wobei innerhalb eines inneren Teils des Verbundvorprodukts der verbrauchbare Kern angeordnet ist, der eingerichtet ist, um sich während eines Fertigungsprozesses in ein Infiltrationsmaterial zu wandeln und in das Verbundvorprodukt einzudringen; und eine externe Zuführung, die mit dem verbrauchbaren Kern über einen Docht verbunden ist, wobei die externe Zuführung eingerichtet ist, um einen Infiltrationsmaterialfluss zu dem Verbundvorprodukt zu fördern.

Besonders vorteilhafte und bevorzugte Ausgestaltungen des Fertigungssystems gemäss der letztgenannten Ausführungsform umfassen ferner ein oder mehrere der folgenden Merkmale:

Das Fertigungssystem kann weiterhin einen im Wesentlichen in der Nähe des Verbundvorprodukts angeordneten externen Block zur Zuführung von zusätzlichem Infiltrationsmaterial zu dem Verbundvorprodukt umfassen, um dieses damit zu infiltrieren.

Bevorzugt umschliesst das Verbundvorprodukt den verbrauchbaren Kern vollständig.

Das Fertigungssystem kann weiterhin einen über einen Ablauf mit dem verbrauchbaren Kern verbundenen Sammelbehälter umfassen, wobei der Sammelbehälter eingerichtet ist, um einen Infiltrationsmaterialfluss von dem verbrauchbaren Kern aufzunehmen.

Der verbrauchbare Kern kann aus Sinterpulvern ausgebildet sein und kann mindestens eines der Elemente Silizium und/oder Bor aufweisen.

Der Docht umfasst bevorzugt gewebte Kohlefasern.

Das Verbundvorprodukt ist bevorzugt porös und karbonisiert.

[0007] Die Erfindung stellt zudem ein Verfahren zur Herstellung von Verbundgegenständen bereit, welches umfasst: Einsetzen eines verbrauchbaren Kerns in ein Verbundvorprodukt; Verbinden einer externen Zuführung mit dem Fertigungssystem für Verbundgegenstände, um zusätzliches Infiltrationsmaterial zuzuführen, Bilden eines Fertigungssystems für Verbundgegenstände; Einstellen mindestens einer Umgebungsbedingung an dem Fertigungssystem für Verbundgegenstände, um das Verbundvorprodukt über den verbrauchbaren Kern mit einem Verstärkungsmaterial zu infiltrieren; Verbrauchen des verbrauchbaren Kerns; und Nachstellen der Umgebungsbedingung.

Besonders vorteilhafte und bevorzugte Ausgestaltungen des erfindungsgemässen Verfahrens umfassen die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemässen Fertigungssystem erwähnten Ausführungsformen und umfassen insbesondere ein oder mehrere der folgenden Merkmale:

Das Verfahren kann weiterhin ein Verbinden eines Sammelbehälters mit dem verbrauchbaren Kern über einen Ablauf umfassen, wobei der Ablauf eingerichtet ist, um überschüssiges Infiltrationsmaterial von dem verbrauchbaren Kern aufzunehmen.

Das Verbrauchen des verbrauchbaren Kerns kann ein Übergehen (Internalisieren) des verbrauchbaren Kerns in das Verbundvorprodukt umfassen.

Das Einstellen der mindestens einen Umgebungsbedingung umfasst ein Erhöhen einer Temperatur der Umgebung und ein Erhöhen eines Drucks der Umgebung.

Der verbrauchbare Kern kann mindestens eines der folgenden Elemente umfassen: Silizium, Bor und/oder ein feuerfestes Material.

Das Verfahren kann ferner das Anordnen eines Satzes von externen Blöcken im Wesentlichen in der Nähe des Verbundvorprodukts umfassen, wobei die externen Blöcke dazu eingerichtet sind, einen Infiltrationsmaterialfluss zu dem Verbundvorprodukt zu fördern.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0008] Diese und andere Merkmale dieser Erfindung werden durch die nachfolgende ausführliche Beschreibung der Erfindung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen besser verstanden, die verschiedene Ausführungsbeispiele der Erfindung darstellen, wobei:

- Fig. 1 zeigt eine dreidimensionale perspektivische Ansicht eines Teils einer Fertigungssystems für Verbundgegenstände gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.
- Fig. 2 zeigt eine dreidimensionale perspektivische Ansicht eines Verbundgegenstands gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.
- Fig. 3 zeigt eine dreidimensionale perspektivische Ansicht eines Teils eines Fertigungssystems für Verbundgegenstände gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.
- Fig. 4 zeigt ein Verfahrensablaufdiagramm, das einen Prozess gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung darstellt.

[0009] Es ist anzumerken, dass die Zeichnungen der Offenbarung nicht notwendigerweise massstäblich sind. Die Zeichnungen sollen lediglich typische Aspekte der Offenbarung darstellen und sind daher nicht als den Umfang der Offenbarung einschränkend zu sehen. Es versteht sich, dass Elemente mit gleichen Bezugszeichen in den Zeichnungen im Wesentlichen gleich sind. Weiterhin können in mit Bezug auf die Zeichnungen veranschaulichten und beschriebenen Ausführungsformen gleiche Bezugszeichen die gleichen Elemente darstellen. Auf eine überflüssige Erklärung dieser Elemente wurde aus Gründen der Klarheit verzichtet. Schliesslich versteht sich, dass die Komponenten in den Zeichnungen und deren zugehörige Beschreibungen auf jede hier beschriebene Ausführungsform anwendbar sind.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0010] Wie hierin angegeben, stellt die Erfindung Fertigungssysteme und Verfahren bereit, die dazu eingerichtet sind, die Fertigung von Verbundgegenständen, insbesondere hohle Bestandteile aufweisende Verbundgegenstände, zu erleichtern. Diese Verfahren und Systeme verwenden einen verbrauchbaren Kern, der eingerichtet ist, um in hohle Bestandteile eines Verbundvorprodukts zu passen, wobei der verbrauchbare Kern ein Infiltrationsmaterial auf die inneren Oberflächen des Verbundvorprodukts aufträgt und der Kern selbst während des Fertigigungsprozesses verbraucht wird.

[0011] Im Stand der Technik der Fertigung von Verbundgegenständen werden oftmals Kerne eingesetzt, um während der Herstellung eines Verbundvorprodukts innere Oberflächen zu formen. In diesen Systemen muss nach dem Formen des Verbundgegenstands der entfernbare Kern aus dem Innern des Verbundgegenstands herausgezogen werden. Einige Systeme verwenden entfernbare Kerne, die aus dem Verbundgegenstand durch Beaufschlagung durch eine Wärmequelle ausgeschmolzen oder ausgebrannt werden können; einige andere Systeme erfordern es, dass der Verbundgegenstand selbst eine konstruktive Öffnung aufweist, die gross genug ist, um das Herausziehen des entfernbaren Kerns zu bewerkstelligen. Diese Verfahren können jedoch die Konstruktion oder Leistung des Gegenstands einschränken, zusätzliche

Schritte im Herstellprozess erfordern und/oder Komponenten und Teile des Verbundgegenstands Temperaturextremen aussetzen, die den Gegenstand beschädigen oder zerstören können.

[0012] Die vorliegende Erfindung stellt Fertigungssysteme und Verfahren bereit, die den Einsatz eines verbrauchbaren Kerns in Fertigungsprozessen für Verbundgegenstände umfassen. Der verbrauchbare Kern umfasst Vorprodukt-Infiltrationsmaterialien und ist dazu eingerichtet, ein Infiltrationsmaterial auf die inneren Oberflächen eines ein hohles Merkmal aufweisenden Verbundvorprodukts aufzutragen. Während der Fertigung wird dieser verbrauchbare Kern in das Verbundvorprodukt aufgenommen (z.B. durch Absorption und Kapillarwirkung), verbraucht sich in dem Verbundvorprodukt von innen her und wird dadurch zu einem Teil des Verbundgegenstands selbst, während es gleichzeitig das Innere des hohlen Bestandteils freimacht. Dieser verbrauchbare Kern vereinfacht den Fertigungsprozess und beseitigt die Notwendigkeit von Ausbrennungen, Ausschmelzungen, Auflösungsprozessen, nachträgliches Zusammenfügen, konstruktiven Öffnungen oder anderen Kernentfernungsverfahren, da es die Löcher der Verbundgegenstände bildet.

[0013] Mit Blick auf die Figuren sind Ausführungsbeispiele von verbrauchbaren Kernen umfassenden Fertigungsverfahren und -systemen für Verbundgegenstände gezeigt, bei denen die verbrauchbaren Kerne die Fertigungsprozesse vereinfachen können und die Qualität und die Designflexibilität von Verbundgegenständen erhöhen. Die Komponenten in den Figuren können jeweils über herkömmliche Mittel verbunden werden, z.B. über eine übliche Leitung oder andere in den Fig. 1–4 angezeigte Mittel. Insbesondere ist in Bezug auf Fig. 1 eine dreidimensionale perspektivische Ansicht eines Fertigungssystems 100 für Verbundgegenstände gezeigt, das einen verbrauchbaren Kern 130 innerhalb eines Verbundvorprodukts 140 (gestrichelt gezeigt) gemäss Ausführungsformen der Erfindung enthält. Das Verbundvorprodukt 140 kann ein poröses karbonisiertes Verbundvorprodukt sein, das nach Absorption eines Infiltrationsmaterials (z.B. Silizium mit geringen Zusätzen von sekundären Elementen, wie etwa Bor) einen Verbundartikel 200 (in Fig. 2 gezeigt) bilden kann. Der verbrauchbare Kern 130 ist innerhalb des Verbundvorprodukts 140 positioniert und kann über einen Docht 112 (z.B. ein durchlässiges Band zum Weiterleiten einer geschmolzenen Mischung) mit einem externen Zuführblock 110 verbunden sein. Der Zuführblock 110 kann zusätzliche Anteile von Infiltrationsmaterial an den verbrauchbaren Kern 130 leiten und kann einen Siliziumblock umfassen, der aus festen, gepressten und/oder gesinterten Partikeln gebildet ist. Der verbrauchbare Kern 130 kann ferner mit einem Ablauf 122 (z.B. ein durchlässiges Band zum Weiterleiten einer geschmolzenen Mischung) verbunden sein, der einen Sammelbehälter 120 aufweisen kann. Während der Bildung eines Verbundgegenstands (z.B. eines Schmelzinfiltrationsprozesses) kann das Fertigungssystem 100 für Verbundgegenstände einem Zyklus von Umgebungsbedingungen mit Wärme- und Druckschwankungen ausgesetzt sein. Dieser Zyklus bewirkt, dass das Infiltrationsmaterial (z.B. Silizium) von dem Zuführblock 110 zu dem verbrauchbaren Kern 130 übergeht, was bewirkt, dass der verbrauchbare Kern 130 in das Verbundvorprodukt absorbiert wird. Überschüssige Anteile des Infiltrationsmaterials können über den Ablauf 122 in den Sammelbehälter 120 fließen. Material von dem verbrauchbaren Kern 130 kann durch Kapillarwirkung in das Verbundvorprodukt 140 aufgenommen werden.

[0014] Das Verbundvorprodukt 140 kann den verbrauchbaren Kern 130 vollständig aufnehmen (z.B. einschliessen). Der verbrauchbare Kern 130 kann aus Metallen, Silizium oder beliebigen derzeit bekannten oder noch zu entwickelnden Werkstoffen gepresst, gegossen oder bearbeitet sein. Eine Vorformung kann den verbrauchbaren Kern 130 so gestalten, dass die Konturen eines hohlen Merkmals des Verbundvorprodukts 140 ergänzt werden. Eine Zusammensetzung des verbrauchbaren Kerns 130 kann reines Silizium oder Silizium zugleich Legierungswerkstoffe umfassen. Der verbrauchbare Kern 130 kann Silizium und Bor umfassen. Der verbrauchbare Kern 130 kann gesinterte Partikel enthalten und ungefähr 95% Silizium und ungefähr 5% Bor umfassen. Der verbrauchbare Kern 130 kann eine Zusammensetzung von ungefähr 20% Bor (B), 20% Kohlenstoff (C) oder 20% feuerfestem Material (z.B. Ta, Zr, Nb usw.) und eine Restmenge Silizium aufweisen. Der verbrauchbare Kern 130 kann vor der Internalisierung in dem Verbundvorprodukt 140 auf eine festgelegte Grösse und Form gegossen werden. Es versteht sich, dass, obwohl der verbrauchbare Kern 130 hierin mit Bezug auf bestimmte beispielhafte Zusammensetzungen und chemische Eigenschaften beschrieben wird, diese Zusammensetzungen und chemischen Eigenschaften lediglich erläuternd sind, und dass beliebige gesinterte Stoffe, feste gegossene Stoffe und derzeit bekannte oder später noch zu entwickelnde Zusammensetzungen in dem verbrauchbaren Kern 130 enthalten sein können.

[0015] Während der Fertigung kann sich der verbrauchbare Kern 130 in dem Verbundvorprodukt selbst verbrauchen und dabei den Verbundgegenstand 200 bilden. Der verbrauchbare Kern 130 kann vollständig verzehrt werden (z.B. in dem Verbundgegenstand 200 aufgenommen werden). Der verbrauchbare Kern 130 und der Zuführblock 110 können im Wesentlichen denselben Werkstoff aufweisen. Der Zuführblock 110 kann reines Silizium, Bor, Silizium zugleich Legierungswerkstoffe oder beliebige andere derzeit bekannte oder später noch zu entwickelnde Werkstoffe enthalten.

[0016] Der Docht 112 und der Ablauf 122 können ähnliche Werkstoffe und Zusammensetzungen aufweisen, wobei beide dazu eingerichtet sind, eine geschmolzene Mischung (z.B. geschmolzenes Silizium, Bor) zu fördern. Der Docht 112 und der Ablauf 122 können austauschbar sein. Der Docht 112 und der Ablauf 122 können inerte Materialien aufweisen, die gewoben oder geflochten werden, um den Docht 112 und den Ablauf 122 zu bilden. Der Docht 112 und der Ablauf 122 können gewobene oder geflochtene Kohlefasern enthalten.

[0017] Mit Blick auf Fig. 2 ist eine dreidimensionale perspektivische Ansicht von Teilen eines Verbundgegenstands 200 gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung gezeigt. In diesem Ausführungsbeispiel kann der Verbundgegenstand 200 einen Verbundkörper 240 aufweisen, der ein inneres/hohles Merkmal 230 (gestrichelt gezeigt) definiert. Der Verbundkörper 240 kann eine im Wesentlichen gleichmässige Werkstoffzusammensetzung aufweisen, die den Verbundgegenstand

200 bildet. Das innere/hohle Merkmal 230 kann im Wesentlichen frei vom verbrauchbaren Kern 130 (in Fig. 1 gezeigt) sein, welcher das innere/hohle Merkmal 230 freimacht, da er sich während des Schmelzinfiltrationsprozesses rückstandsfrei verbraucht. Der Verbundgegenstand 240 kann eine obere Oberfläche 250 und eine untere Oberfläche 270 aufweisen, die das innere/hohle Merkmal 230 abdichten.

[0018] Mit Blick auf Fig. 3 ist eine dreidimensionale perspektivische Ansicht eines Fertigungssystems 300 für Verbundgegenstände mit einem innerhalb eines Verbundvorprodukts 340 (gestrichelt gezeichnet) eingesetzten verbrauchbaren Kern 330 gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung gezeigt. In diesem Ausführungsbeispiel sind ein Satz von externen Blöcken 380 und 382 um das Verbundvorprodukt 340 angeordnet und dazu eingerichtet, ein Infiltrationsmaterial auf äussere Oberflächen des Verbundvorprodukts 340 aufzutragen. Die zusätzlichen Infiltrationsmaterialblöcke 380 und 382 können eine ähnliche Zusammensetzung wie der verbrauchbare Kern 330 aufweisen. Die Verwendung und/oder die Einbeziehung zusätzlicher Infiltrationsmaterialblöcke 380 und 382 kann vom Volumen des Infiltrationsmaterials abhängen, das benötigt wird, um die Kapillare innerhalb des Verbundvorprodukts 340 vollständig zu füllen. Das Verbundvorprodukt 340 ist mit einem ersten externen Zuführblock 310 über einen Docht 312 und mit einem zweiten externen Zuführblock 314 über einen Docht 316 verbunden. Während des Fertigungsprozesses (z.B. eines Schmelzinfiltrationsprozesses) kann das Fertigungssystem 300 für Verbundgegenstände mit einer hohen Temperatur beaufschlagt werden, wodurch bewirkt wird, dass das Infiltrationsmaterial (z.B. eine Matrix) über den verbrauchbaren Kern 330, externen Zuführblock 310, den externen Zuführblock 314, den externen Zuführblock 380 und/oder externen Zuführblock 382 in das Verbundvorprodukt 340 (z.B. volumetrisches Material) eingebracht wird. Wie aus Fig. 3 ersichtlich ist, können der verbrauchbare Kern 330 und das Verbundvorprodukt 340 so ausgebildet werden, dass jede beliebige Form eines Verbundgegenstands hergestellt werden kann, einschliesslich komplexer Geometrien, Schaufelblätter, Turbinenschaufeln usw. Das Infiltrationsmaterial kann in das Verbundvorprodukt bedarfsgerecht und beliebig über irgendeinen/irgendwelche von dem externen Block 380, dem externen Block 382, dem externen Zuführblock 310, dem externen Zuführblock 314 und dem verbrauchbaren Kern 330 eingebracht werden, um sicherzustellen, dass das Infiltrationsmaterial alle Fasern des Verbundvorprodukts 340 umgibt und alle Zwischenräume in einem keramischen Verbundwerkstoff füllt.

[0019] Mit Blick auf Fig. 4 ist ein erläuterndes Verfahrensablaufdiagramm gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung gezeigt: Im einleitenden Prozess P1 (gestrichelt gezeichnet) wird der verbrauchbare Kern 130 innerhalb des Verbundvorprodukts 140 angeordnet. Der verbrauchbare Kern 130 kann innerhalb des Verbundvorprodukts 140 aufgenommen (internalisiert) werden, wobei er durch das Verbundvorprodukt vollständig umschlossen wird. Dies kann durch Techniker und/oder Maschinen gemäss einem geplanten oder einem durch einen Benutzer ausgelösten Fertigungsprozess durchgeführt werden. Beispielsweise kann der verbrauchbare Kern 130 beim Zusammenbau des Verbundvorprodukts 140 in das Verbundvorprodukt 140 eingefügt werden, während die übrigen Teile des Verbundvorprodukts 140 nach dem Einfügen gebildet werden, um den verbrauchbaren Kern 130 darin im Wesentlichen dichtend einzuschliessen. Im Anschluss an den Prozess P1 wird im Prozess P2 ein externer Zuführblock 110 mit dem verbrauchbaren Kern 130 über einen Docht 112 verbunden. Im Anschluss an den Prozess P2 wird im Prozess P3 der verbrauchbare Kern 130 über einen Ablauf 122 mit einem Sammelbehälter 120 verbunden, wodurch ein Fertigungssystem 100 für Verbundgegenstände gebildet wird. Im Anschluss an den Prozess P3 wird im Prozess P4 das Fertigungssystem 100 für Verbundgegenstände einer Reihe von Einstellungen von Umgebungsbedingungen (z.B. einem Schmelzinfiltrationsprozess, einer erhöhten Temperatur, einem erhöhten Druck usw.) unterworfen, was bewirkt, dass sich der verbrauchbare Kern 130 in ein Infiltrationsmaterial wandelt und beginnt, Teile des Verbundvorprodukts 140 zu infiltrieren. Im Anschluss an den Prozess P4 wird im Prozess P5 der verbrauchbare Kern 130 während des Schmelzinfiltrationsprozesses verbraucht und dabei in das Verbundvorprodukt 140 eingebunden, um das innere/hohle Merkmal 230 freizumachen und den Verbundgegenstand 200 zu bilden. Im Anschluss an den Prozess P5 werden im Prozess P6 die Umweltbedingungen um das Fertigungssystem 100 für Verbundgegenstände auf die Umgebung nacheingestellt, und der Docht 112 und der Ablauf von dem werden vom Verbundgegenstand 200 getrennt.

[0020] Das Datenflussdiagramm und die Blockdiagramme in den Figuren stellen die Architektur, Funktionalität und Betriebsweise von Systemen, Verfahren und Computerprogrammprodukten gemäss verschiedenen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung dar. Diesbezüglich kann jeder Block in dem Flussdiagramm oder den Blockdiagrammen ein Modul, Segment oder einen Teil eines Codes darstellen, das/der eine oder mehrere durchführbare Anweisungen zum Ausführen der vorgegebenen logischen Funktion(en) umfasst. Es sollte angemerkt werden, dass in einigen alternativen Ausführungen die in dem Block angegebenen Funktionen in anderer Reihenfolge als in den Figuren angegeben, auftreten können. Beispielsweise können zwei aufeinanderfolgend gezeigte Blöcke tatsächlich im Wesentlichen gleichzeitig ausgeführt werden, oder die Blöcke können manchmal in umgekehrter Reihenfolge ausgeführt werden, abhängig von der damit verbundenen Funktionalität. Es wird ebenfalls angemerkt, dass jeder Block der Blockdiagramme und/oder der Flussdiagramm-Darstellung und Kombinationen von Blöcken in den Blockdiagrammen und/oder der Flussdiagramm-Darstellung durch spezielle Hardware-basierte Systeme, die die vorgegebenen Funktionen oder Tätigkeiten durchführen, oder durch Kombinationen von spezieller Hardware und speziellen Computeranweisungen realisiert werden können.

[0021] Die verbrauchbaren Kerne, Systeme und Verfahren der vorliegenden Offenbarung sind nicht auf ein bestimmtes Verbundmaterial, einen bestimmten Verbundgegenstand, Prozess oder ein anderes System beschränkt und können mit anderen Fertigungsprozessen und/oder Systemen eingesetzt werden. Die verbrauchbaren Kerne und Systeme der vorliegenden Erfindung können ausserdem zusammen mit anderen Systemen eingesetzt werden, die hier nicht beschrieben

sind und die von den hier beschriebenen Vorteilen des Selbstverbrauchs, der Endbehandlung und Fertigung profitieren können.

[0022] Diese schriftliche Beschreibung verwendet Beispiele, um die Erfindung einschliesslich der besten Ausführungsform zu offenbaren, und ebenfalls um einem Fachmann zu ermöglichen, die Erfindung auszuführen, auch zu dem Zwecke, beliebige Vorrichtungen oder Systeme herzustellen und beliebige darin aufgenommene Verfahren auszuführen. Der patentfähige Schutzzumfang der Erfindung wird durch die Ansprüche definiert.

[0023] Offenbart sind Fertigungssysteme und Verfahren, die eingerichtet sind, um die Herstellung von Verbundgegenständen (z.B. keramischen Verbundgegenständen), insbesondere einen hohlen Bestandteil aufweisenden Verbundgegenständen, zu erleichtern. Das Fertigungssystem enthält einen verbrauchbaren Kern zum Anordnen innerhalb eines inneren Teils eines Verbundvorprodukts, wobei der verbrauchbare Kern eingerichtet ist, um sich während eines Herstellungsprozesses in ein Infiltrationsmaterial umzuwandeln und das Verbundvorprodukt zu infiltrieren.

Bezugszeichenliste

[0024]

100, 300	Fertigungssystem für Verbundgegenstände
110	Externer Zuführblock
112, 312, 316	Docht
120	Sammelbehälter
122	Ablauf
130, 330	Verbrauchbarer Kern
140, 340	Verbundvorprodukt
200	Verbundgegenstand
230	Inneres/hohles Merkmal
240	Verbundkörper
250	Obere Oberfläche
270	Untere Oberfläche
310	Erster externer Zuführblock
314	Zweiter externer Zuführblock
380, 382	Satz von externen Blöcken

Patentansprüche

1. Fertigungssystem (100, 200, 300) zur Herstellung von Verbundgegenständen, das aufweist:
einen verbrauchbaren Kern (130, 230, 330) zum Anordnen innerhalb eines inneren Teils eines Verbundvorprodukts (140, 240, 340), wobei der verbrauchbare Kern (130, 230, 330) eingerichtet ist, um sich während eines Fertigungsprozesses in ein Infiltrationsmaterial umzuwandeln und das Verbundvorprodukt (140, 240, 340) zu infiltrieren.
2. Fertigungssystem (100, 200, 300) nach Anspruch 1, das ferner eine externe Zuführung (110, 310, 314) aufweist, die über einen Docht (112, 312, 316) mit dem verbrauchbaren Kern (130, 230, 330) verbunden ist, um einen Infiltrationsmaterialfluss zu dem Verbundvorprodukt (140, 240, 340) zu fördern.
3. Fertigungssystem (100, 200, 300) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der verbrauchbare Kern (130, 230, 330) eingerichtet ist, sich während des Fertigungsprozesses durch Schmelzinfiltration in das Verbundvorprodukt (140, 240, 340) rückstandsfrei zu verbrauchen, um den inneren Teil des Verbundvorprodukts (140, 240, 340) im Wesentlichen freizumachen.
4. Fertigungssystem (100, 200, 300) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der verbrauchbare Kern (130, 230, 330) einen Gusswerkstoff umfasst oder aus Sinterpulvern ausgebildet ist.
5. Fertigungssystem (100, 200, 300) nach Anspruch 1, das ferner aufweist:
ein Verbundvorprodukt (140, 240, 340), wobei der verbrauchbare Kern (130, 230, 330) innerhalb eines inneren Teils des Verbundvorprodukts (140, 240, 340) angeordnet ist;

und

eine externe Zuführung (110, 310, 314), die über einen Docht (112, 312, 316) mit dem verbrauchbaren Kern (130, 230, 330) verbunden ist, wobei die externe Zuführung (110, 310, 314) eingerichtet ist, um einen Infiltrationsmaterialfluss zu dem Verbundvorprodukt (140, 240, 340) zu fördern.

6. Fertigungssystem (100, 200, 300) nach Anspruch 5, das ferner einen externen Block (380, 382) aufweist, der im Wesentlichen in der Nähe des Verbundvorprodukts (140, 240, 340) angeordnet und eingerichtet ist, um zusätzliches Infiltrationsmaterial zuzuführen, um das Verbundvorprodukt (140, 240, 340) damit zu infiltrieren.
7. Fertigungssystem (100, 200, 300) nach Anspruch 5 oder 6, wobei das Verbundvorprodukt (140, 240, 340) den verbrauchbaren Kern (130, 230, 330) vollständig umschliesst.
8. Fertigungssystem (100, 200, 300) nach einem der Ansprüche 5 bis 7, das ferner einen Sammelbehälter (120, 320) aufweist, der über einen Ablauf (122, 322) mit dem verbrauchbaren Kern (130, 230, 330) verbunden ist, wobei der Sammelbehälter (120, 320) eingerichtet ist, um einen Infiltrationsmaterialfluss von dem verbrauchbaren Kern 130, 230, 330) aufzunehmen.
9. Fertigungssystem (100, 200, 300) nach einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei das Verbundvorprodukt (140, 240, 340) porös und karbonisiert ist.
10. Verfahren zur Herstellung von Verbundgegenständen, das aufweist:
Einfügen eines verbrauchbaren Kerns (130, 230, 330) in ein Verbundvorprodukt (140, 240, 340);
Verbinden einer externen Zuführung (110, 310, 314) über einen Docht (112, 312, 316) mit dem verbrauchbaren Kern (130, 230, 330), um ein Fertigungssystem (100, 200, 300) für Verbundgegenstände zu bilden;
Einstellen mindestens einer Umgebungsbedingung an dem Fertigungssystem (100, 200, 300) für Verbundgegenstände, um das Verbundvorprodukt (140, 240, 340) mit einem Infiltrationsmaterial von dem verbrauchbaren Kern (130, 230, 330) zu infiltrieren;
Verbrauchen des verbrauchbaren Kerns (130, 230, 330); und
Nachstellen der Umgebungsbedingung.

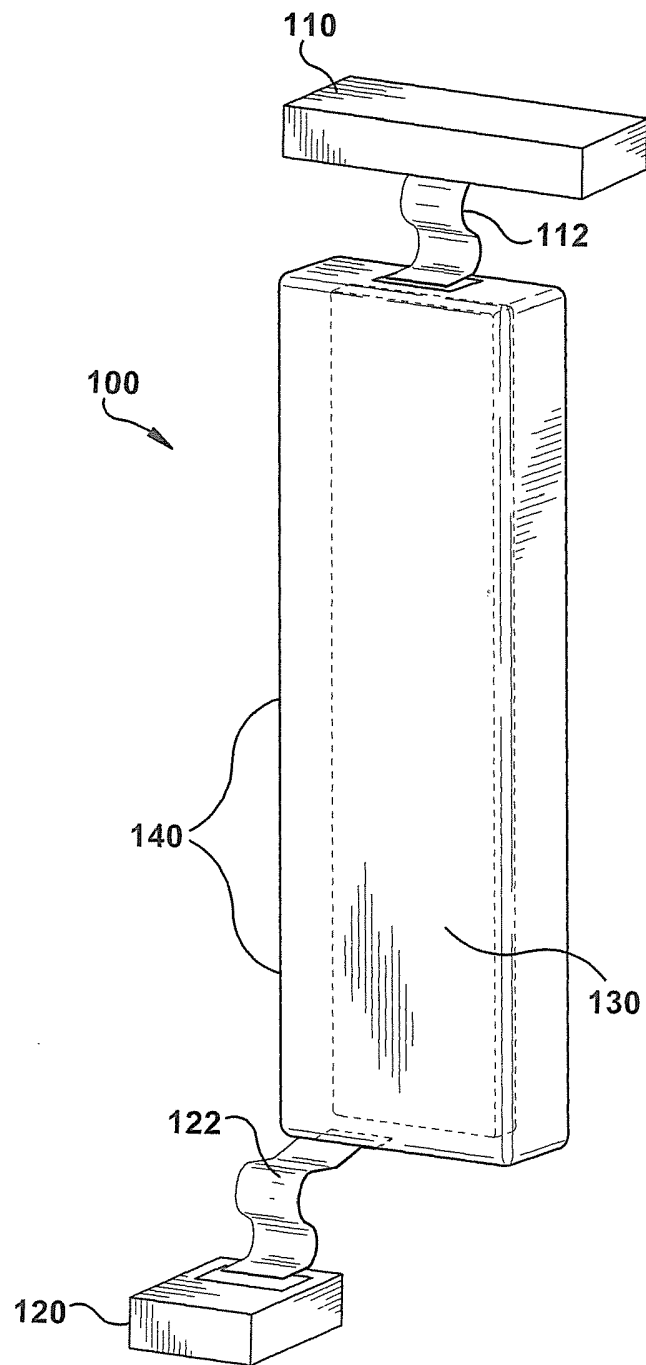


Fig.1

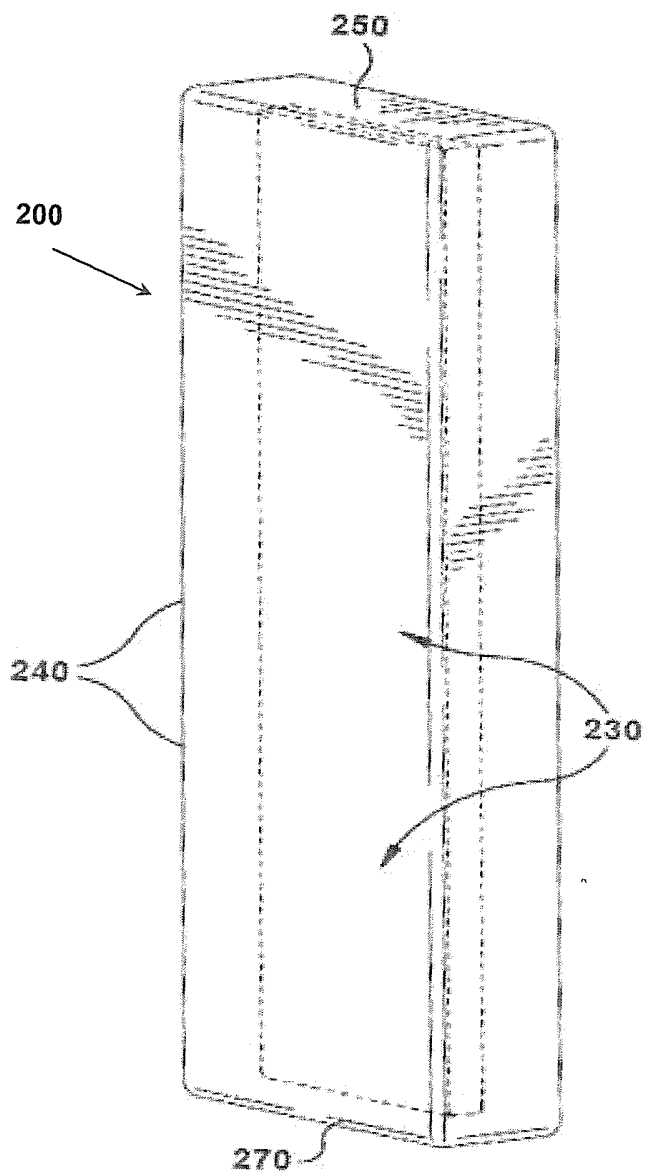


Fig.2

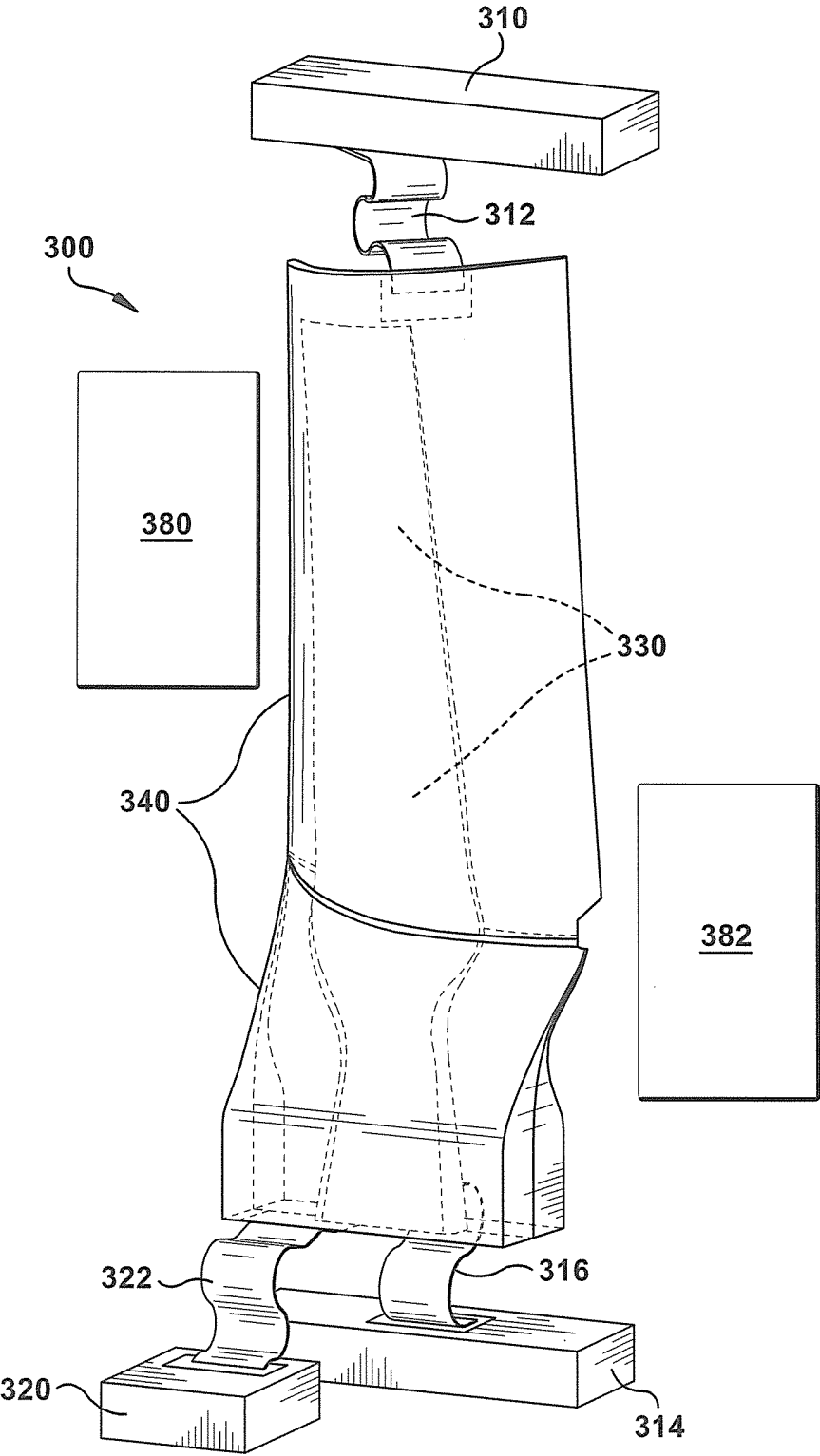


Fig.3

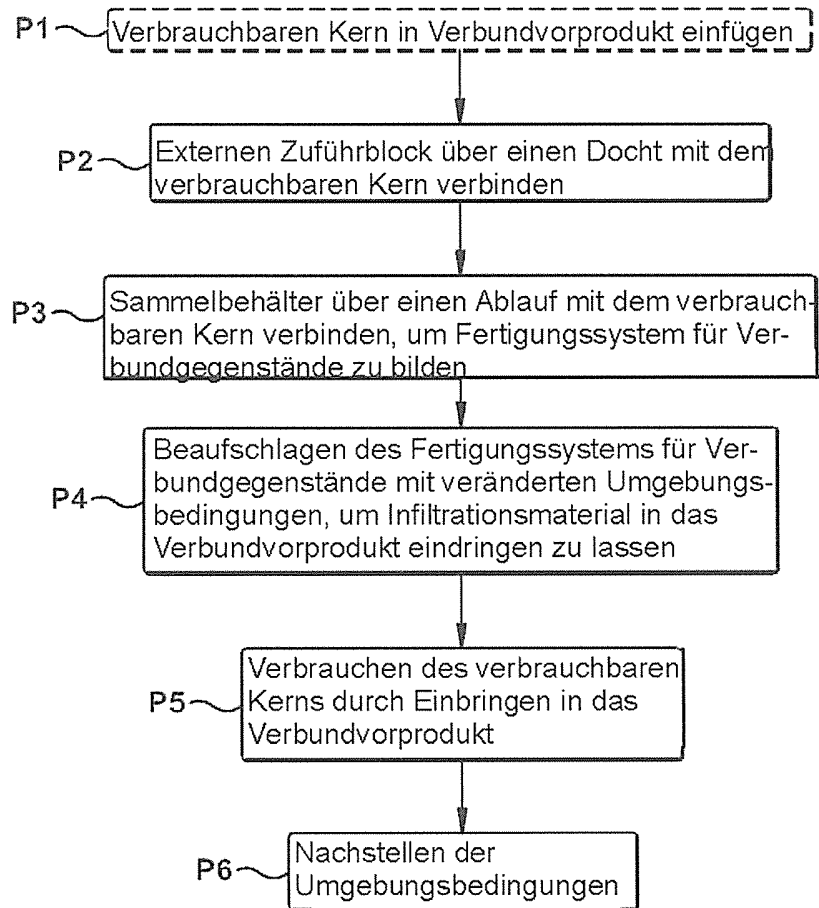


Fig.4