



(10) **DE 10 2023 134 317 A1** 2024.06.13

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2023 134 317.3**

(22) Anmeldetag: **07.12.2023**

(43) Offenlegungstag: **13.06.2024**

(51) Int Cl.: **B22F 3/12 (2006.01)**

**B22F 3/00 (2021.01)**

(30) Unionspriorität:  
**A 50944/2022**      **12.12.2022**      **AT**

(71) Anmelder:  
**Miba Sinter Austria GmbH, Laakirchen, AT**

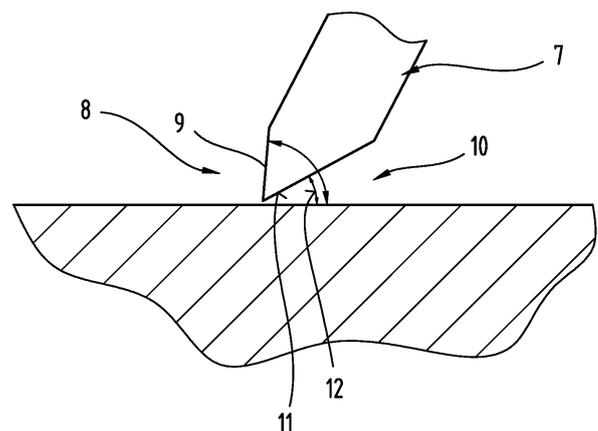
(74) Vertreter:  
**ABP Burger Rechtsanwaltsgesellschaft mbH,  
80331 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Frühwirth, Anna, Roitham, AT; de Oliveira, Laura  
Galvao Barbosa, Indaiatuba, BR; Hellein, Robert,  
Ungenach, AT; Schauer, Markus, Gunskirchen, AT**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Herstellen eines Bauteils mit weichmagnetischen Eigenschaften**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Bauteils (1) mit weichmagnetischen Eigenschaften aus Partikeln (2) aus einem SMC-Pulver umfassend die Schritte: Pressen eines SMC-Pulvers zu einem Grünling, Wärmebehandeln des Grünlings; wobei eine spanende Bearbeitung nach dem Pulverpressen und vor dem Wärmebehandeln des Grünlings im Grünzustand durchgeführt wird.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Bauteils mit weichmagnetischen Eigenschaften aus Partikeln aus einem SMC-Pulver umfassend die Schritte: Pressen eines SMC-Pulvers zu einem Grünling, Wärmebehandeln des Grünlings, gegebenenfalls Nachbearbeiten des wärmebehandelten Grünlings.

**[0002]** Die Erfindung betrifft auch ein Bauteil mit weichmagnetischen Eigenschaften umfassend einen Bauteilkörper zumindest teilweise bestehend aus einem gepressten und wärmebehandelten SMC-Pulver.

**[0003]** SMC-Pulver (Soft Magnetic Composites) sind seit langem bekannt. Es handelt sich um Pulver mit Partikeln aus weichmagnetischem Material, deren Oberfläche mit einer elektrisch isolierenden Schicht überzogen ist. Diese Pulver werden durch Pressen zu weichmagnetischen Bauteilen konsolidiert. Aufgrund der zunehmenden Bedeutung der Elektromobilität werden SMC-Pulver mittlerweile zur Herstellung von Elektromotorkomponenten eingesetzt, da damit zum Unterschied von herkömmlichen laminierten Blechen ein dreidimensionaler wechselnder magnetischer Fluss verlustarm möglich ist. Damit wird es möglich Fahrzeuge zu bauen, die bei gleicher Leistung leichter sind oder die bei gleichem Gewicht des Antriebes wie bislang eine höhere Leistung zur Verfügung stellen. Neben der Elektromobilität gibt es auch weitere elektromagnetische Anwendungsgebiete für diese Pulver.

**[0004]** SMC-Pulver haben auch in die Patentliteratur Eingang gefunden. Beispielsweise beschreibt die AT 511 919 A1 ein Sinterbauteil mit weichmagnetischen Eigenschaften umfassend metallische Partikel sowie zumindest ein Metalloxid, wobei das Metalloxid aus zumindest einem Teil der metallischen Partikel gebildet ist und eine Oxidschicht auf zumindest einem Teil der Oberfläche dieser Partikel bildet.

**[0005]** Aus der AT 521 006 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines Sinterbauteils mit weichmagnetischen Eigenschaften bekannt, umfassend die Schritte: Einfüllen des SMC-Pulvers in eine Pulverpresse, Pressen des SMC-Pulvers zum Bauteil, Entfernen des Bauteils aus der Pulverpresse, gegebenenfalls Nachbearbeiten des Bauteils, wobei das Pressen des SMC-Pulvers zum Bauteil bei einer Temperatur zwischen 300 °C und 650 °C durchgeführt wird.

**[0006]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, die Herstellung eines Bauteils mit weichmagnetischen Eigenschaften zu verbessern und ein entsprechendes Bauteil mit weichmagnetischen Eigenschaften bereitzustellen.

**[0007]** Die Aufgabe der Erfindung wird bei dem eingangs genannten Verfahren dadurch gelöst, dass eine im Zuge der Herstellung des Bauteils vorzunehmende spanende Bearbeitung nach dem Pulverpressen und vor dem Wärmebehandeln des Grünlings im Grünzustand durchgeführt wird.

**[0008]** Weiter wird die Aufgabe der Erfindung bei dem einleitend genannten Bauteil gelöst, indem der Bauteilkörper eine spanend bearbeitete Oberfläche aufweist, die eine Oberflächenrauigkeit mit arithmetischen Mittenrauwert Ra nach DIN EN ISO 4287:2010 zwischen 0,1 µm und 10 µm aufweist.

**[0009]** Von Vorteil ist dabei, dass aufgrund des geringeren Zusammenhalts der Partikel im Grünling die Partikel beim spanenden Bearbeiten zur Gänze ausbrechen. Durch das Ausbrechen von ganzen Partikeln entsteht zwar eine entsprechend raue Oberfläche, allerdings hat dies im Vergleich zum spanenden Bearbeiten des wärmebehandelten Bauteils den Vorteil, dass die elektrische Isolationsschicht der Partikel nicht aufbricht und damit das Eisen während des Bearbeitens auf der Oberfläche nicht verschmiert wird. In der Folge werden Wirbelstromverluste aufgrund von verschmiertem Eisen vermieden bzw. zumindest deutlich reduziert. Als Nebeneffekt kann mit der Bearbeitung im Grünzustand auch erreicht werden, dass Bauteilgeometrien, die presstechnisch nicht darstellbar sind, einfacher hergestellt werden können.

**[0010]** Zur Vereinfachung des Herauslösens von ganzen Partikeln aus der Oberfläche des Grünlings kann nach einer Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass die Partikel des SMC-Pulvers mit einer mittleren Partikelgröße nach ISO 4497:2020 zwischen 60 µm und 500 µm eingesetzt werden.

**[0011]** Ebenfalls zur Vereinfachung des Herauslösens von ganzen Partikeln kann nach einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass Partikel aus dem SMC-Pulver eingesetzt werden, die zumindest teilweise eine Isolationsschicht mit einer Schichtdicke von mindestens 2 nm und maximal 20 µm aufweisen. Durch eine entsprechend dicke Isolationsschicht kann deren Zerstörung beim spanenden Bearbeiten sicherer vermieden werden.

**[0012]** Zur Erhöhung der Schichtdicke der elektrischen Isolationsschicht und um Schäden aus dem Pressvorgang auszuheilen kann nach einer Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass das Bauteil aus dem SMC-Pulver nach dem Pressen zusätzlich oxidiert wird.

**[0013]** Gemäß einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Grünling für die spanende Bearbeitung auf eine Tempera-

tur zwischen 30 °C und 300 °C erwärmt wird. Es kann damit erreicht werden, dass beim spanenden Bearbeiten geringere mechanische Spannungen in den Grünling eingebracht werden.

**[0014]** Nach einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung kann zur besseren Vermeidung des Aufbrechens der elektrischen Isolationsschicht der Partikel beim spanenden Bearbeiten vorgesehen sein, dass die spanende Bearbeitung mit einem Schneidwerkzeug mit einer Schneide durchgeführt wird, wobei die Schneide während des spanenden Bearbeitens in einem Winkel zwischen 75 ° und 105 ° zur zu bearbeitenden Oberfläche des Grünlings geführt wird.

**[0015]** Obwohl für die elektromagnetischen Eigenschaften des Bauteils eine möglichst hohe Dichte von Vorteil ist, kann nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass der Grünling mit einer Dichte von maximal 95 % der Voldichte des Materials, aus dem der Grünling besteht, hergestellt wird. Es kann damit das Herauslösen von Partikeln aus dem Partikelverbund des Grünlings vereinfacht werden.

**[0016]** Zur Vergleichmäßigung der spanend bearbeiteten Oberfläche des Bauteils kann nach einer Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass die spanend bearbeitete Oberfläche eine gemittelte Rautiefe Rz nach DIN EN ISO 4287:2010 zwischen 1 µm und 50 µm aufweist.

**[0017]** Ein Bauteil mit hinsichtlich der Wirbelstromverluste verbesserten Eigenschaften kann mit einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung erreicht werden, wonach das SMC-Pulver Eisen aufweist, wobei der an der spanend bearbeiteten Oberfläche des Bauteilkörpers des Bauteils gemessene Anteil an Eisen maximal 90 m% beträgt. Es kann also mit der Erfindung ein im Vergleich zu nach dem Wärmebehandeln bearbeiteten Bauteilen, die einen Eisenanteil an der Oberfläche zwischen 95 m% und 97 m% aufweisen, deutlich geringerer Anteil an Eisen an der Oberfläche erreicht werden.

**[0018]** Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

**[0019]** Es zeigt in vereinfachter, schematischer Darstellung:

**Fig. 1** einen Querschnitt durch ein Bauteil;

**Fig. 2** eine Bearbeitung des Bauteils mit einem Schneidwerkzeug.

**[0020]** Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. glei-

chen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

**[0021]** **Fig. 1** zeigt einen Querschnitt durch einen Bauteil 1.

**[0022]** Das Bauteil 1 nach **Fig. 1** dient nur der Verdeutlichung der Erfindung. Dessen Form hat also keinerlei einschränkenden Charakter für die Erfindung.

**[0023]** Das Bauteil 1 umfasst oder besteht aus Partikel 2 aus zumindest einem SMC-Werkstoff (SMC = Soft Magnetic Composite). Die Partikel 2 bilden durch eine Verformung bei der Kosolidierung einen kompakten Körper, der eine entsprechende Stabilität aufweist. Durch die Verwendung von einem SMC-Werkstoff, also einem weichmagnetischen Werkstoff, hat das Bauteil 1 weichmagnetische Eigenschaften.

**[0024]** Unter dem Begriff „weichmagnetische Werkstoffe“ werden, entsprechend dem technischen Sprachgebrauch, Werkstoffe mit niedriger Remanenz verstanden.

**[0025]** Die Partikel 2 des SMC-Pulvers bzw. SMC-Werkstoffes weisen einen Kern 3 auf, der von einer elektrischen Isolationsschicht 4 oder mehreren elektrischen Isolationsschichten 4 umgeben ist, bzw. besteht aus dem Kern 3 und der zumindest einen elektrischen Isolationsschicht 4, wie dies in **Fig. 1** anhand eines Partikels 2 angedeutet ist. Gegebenenfalls kann außen auf der Isolierschicht noch eine Binderschicht aufgebracht sein, mit der die einzelnen Partikel 2 miteinander verbunden werden können.

**[0026]** Der Kern 3 kann ein Reineisenpulver aufweisen bzw. daraus bestehen. Es sind aber auch andere magnetisierbare Werkstoffe bzw. Legierungen als Kern 3 einsetzbar, wie z.B. Eisenlegierungen mit Si und/oder Ni und/oder P.

**[0027]** Dieser Kern 2 ist insbesondere vollständig von der zumindest einen elektrischen Isolationsschicht 4 umgeben. Die zumindest eine elektrischen Isolationsschicht 4 kann organischer, z.B. ein Silikonlack, oder metall-organischer oder anorganischer Natur sein, z.B. eine Oxidschicht, eine Silikatschicht, eine Phosphatschicht, eine Metallschicht. Im Fall von mehreren elektrischen Isolationsschichten 4 können diese auch aus unterschiedlichen Werkstoffen beste-

hen, beispielsweise ausgewählt aus den genannten Werkstoffen.

**[0028]** Die gegebenenfalls vorhandene Bindeerschicht kann eine Polymerschicht sein, z.B. PTFE, Wachs, etc.

**[0029]** Prinzipiell ist dieser Aufbau von SMC-Pulvern an sich aus dem Stand der Technik bekannt, sodass sich weitere Ausführungen dazu erübrigen.

**[0030]** Zur Herstellung des Bauteils 1 wird das SMC-Pulver, d.h. werden die Partikel 2 aus dem SMC-Werkstoff, gegebenenfalls vorgemischt, falls eine Pulvermischung eingesetzt wird. Die weitere Herstellung erfolgt auf pulvermetallurgischem Weg. Dazu werden die Partikel 2 aus dem SMC-Werkstoff zu einem Grünling gepresst. Das Pressen kann beispielsweise in einer Matrize oder durch Strangpressen oder mittels Spritzguss erfolgen. Die Grünlinge werden zum Bauteil 1 ein- oder mehrstufig bei einer Temperatur zwischen 450 °C und 650 °C wärmebehandelt. Nach dem Wärmebehandeln kann gegebenenfalls eine Nachbearbeitung des Bauteils 1 erfolgen.

**[0031]** Da die pulvermetallurgische Herstellung von derartigen Bauteilen 1 an sich aus dem Stand der Technik bekannt ist, sei zu Einzelheiten dieses Verfahrens zur Vermeidung von Wiederholungen auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen, beispielsweise auf die eingangs genannte AT 511 919 A1.

**[0032]** Vorzugsweise erfolgt nach dem Wärmebehandeln des Grünlings keine spanende Bearbeitung des Bauteils 1. Spanende Bearbeitungen werden - vorzugsweise ausschließlich - am Grünling nach dem Pulverpressen und vor dem Wärmebehandeln des Grünlings vorgenommen. Die spanende(n) Bearbeitung(en) kann/können sein: Drehen, Bohren, Senken, Reiben, Fräsen, Hobeln, Räumen, Feilen, Raspeln, Schaben, Honen, etc.

**[0033]** Mit dem spanenden Bearbeiten einer Oberfläche des Grünlings werden Partikel 2 aus dem Pressverbund herausgelöst, sodass in einer Oberfläche 5 des Bauteils 1 Vertiefungen 6 vorhanden sind, in denen sich die herausgelösten Partikel 2 befinden haben. Die Oberfläche 5 des Bauteils 1 weist eine Oberflächenrauigkeit mit arithmetischen Mittenrauwert Ra nach DIN EN ISO 4287:2010 zwischen 0,1 µm und 10 µm, insbesondere zwischen 0,5 µm und 8 µm, auf. Gemäß einer Ausführungsvariante kann die Oberfläche 5 eine gemittelte Rautiefe Rz nach DIN EN ISO 4287:2010 zwischen 1 µm und 50 µm aufweisen.

**[0034]** Die Rauigkeit der Oberfläche 5 des Bauteils 1 kann über die Partikelgröße bzw. die Partikelgrößenverteilung vordefiniert werden.

**[0035]** Die spanende Bearbeitung kann nur eine Oberfläche oder mehrere bzw. alle Oberflächen des Grünlings betreffen, sodass also nur eine Oberfläche 5 oder mehrere bzw. alle Oberflächen 5 des Bauteils 1 entsprechend ausgebildet ist/sind.

**[0036]** Weiter kann die spanende Bearbeitung des Grünlings nur dem Verringern von Toleranzen des Bauteils 1 dienen. Es ist aber alternativ oder zusätzlich auch möglich, dass die spanende Bearbeitung eine Formgebung an sich ist, indem in den Grünling Vertiefungen, Hinterschneidungen, Nuten, etc., eingebracht werden. Es sind somit auch Ausgestaltungen von Bauteilen 1 möglich, die presstechnisch nicht herstellbar sind.

**[0037]** Nach einer anderen Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass das SMC-Pulver Eisen aufweist, wobei der an der spanend bearbeiteten Oberfläche 5 des Bauteilkörpers des Bauteils 1 gemessene Anteil an Eisen maximal 90 m% (Masseprozent), insbesondere maximal 85 m%, beträgt. Der Anteil an Eisen wurde mit einem EDX (Rasterelektronenmikroskop) bestimmt. Der Eisenanteil gibt daher den Anteil an gebundenen (d.h. von einer Isolationschicht 4 umgebenen) und freiem Eisen wieder. Falls die Isolationschicht 4 ebenfalls Eisen enthält, z.B. aus Eisenphosphat besteht, ist auch dieser Anteil von dem angegebenen Maximalwert umfasst. Den Rest auf 100 m% bilden die sonstigen Bestandteile des Bauteils, wie insbesondere die Bestandteile der Isolationschicht 4.

**[0038]** Prinzipiell können Partikel 2 des SMC-Pulvers mit einer Partikelgröße bis zu 800 µm eingesetzt werden. Vorzugsweise werden aber nach einer Ausführungsvariante Partikel 2 des SMC-Pulvers verwendet, die eine mittlere Partikelgröße nach ISO 4497:2020 von 60 µm bis 500 µm, insbesondere zwischen 200 µm und 400 µm, aufweisen. Es kann auch ein zumindest teilweise agglomeriertes SMC-Pulver eingesetzt werden. Die Agglomeratgröße kann zwischen 60 µm und 600 µm betragen.

**[0039]** Es ist weiter möglich, dass ein SMC-Pulver eingesetzt wird, dass aus Partikeln 2 mit mehreren Partikelgrößenfraktionen besteht. Beispielsweise kann ein SMC-Pulver eingesetzt werden, das Partikel 2 einer ersten Partikelfraktion mit Partikelgrößen zwischen 10 µm und 300 µm und Partikel 2 einer zweiten Partikelfraktion mit Partikelgrößen zwischen 200 µm und 450 µm aufweist. Der Anteil der ersten Fraktion am gesamten SMC-Pulver kann zwischen 40 Gew.-% und 60 Gew.-% und der Anteil der zweiten Fraktion am gesamten SMC-Pulver kann zwischen 60 Gew.-% und 40 Gew.-% betragen. Es ist

damit einerseits eine bessere Formfüllung erreichbar. Andererseits kann damit auch eine gleichmäßigere Oberfläche 5 im Bauteilerreicht werden. Andererseits kann damit auch die Entwachsung vereinfacht werden.

**[0040]** Die elektrische Isolationsschicht 4 kann bzw. die elektrischen Isolationsschichten 4 können zumindest teilweise, insbesondere zur Gänze, eine Schichtdicke von mindestens 2 nm und maximal 50 nm  $\mu\text{m}$  aufweisen, insbesondere von mindestens 2 nm und maximal 30 nm. Eine mittlere Schichtdicke (arithmetisches Mittel aus zumindest zehn Einzelwerten) der elektrischen Isolationsschicht(en) 4 kann zwischen 2 nm und 20  $\mu\text{m}$  aufweisen.

**[0041]** Gegebenenfalls kann das Bauteil 1 bzw. können die Partikel 2 aus dem SMC-Pulver nach dem Pressen zusätzlich oxidiert werden.

**[0042]** Unter Oxidation wird im Sinne der Erfindung insbesondere die Bildung eines Oxids aus einem Metall oder Halbmetall verstanden.

**[0043]** Die Oxidation der Partikel 2 kann mit Luft oder Wasserdampf bei einer Temperatur zwischen 100 °C und 700 °C ein- oder mehrmalig durchgeführt werden.

**[0044]** Das Pressen der Partikel 2 zum Grünling kann an sich nach bekannten Verfahren durchgeführt werden. Dabei kann der Grünling mit einer Dichte von 94 % bis 98 % der Volldichte des Materials, aus dem der Grünling besteht, hergestellt werden. Nach einer Ausführungsvariante des Verfahrens kann aber vorgesehen sein, dass der Grünling nur mit einer Dichte von maximal 95 %, insbesondere maximal 93 %, der Volldichte des Materials, aus dem der Grünling besteht, hergestellt wird.

**[0045]** Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass der Grünling für die spanende Bearbeitung auf eine Temperatur zwischen 30 °C und 300 °C erwärmt wird. Die Erwärmung kann beispielsweise in einem (Durchlauf)Ofen erfolgen. Ebenso ist es möglich, dass das Formgebungswerkzeug bereits mit einer höheren Temperatur betrieben wird, also beispielsweise die Matrize auf einer höheren Temperatur gehalten wird, sodass der Grünling bereits mit der genannten Temperatur aus dem Formgebungswerkzeug für die spanende Bearbeitung entnommen werden kann.

**[0046]** In Fig. 2 ist eine Ausführungsvariante der spanenden Bearbeitung einer Oberfläche des Grünlings dargestellt. Die spanende Bearbeitung erfolgt dabei mit einem Schneidwerkzeug 7 mit einer Schneide 8. Die Schneide 8, insbesondere eine Spanfläche 9 des Schneidwerkzeugs 7, wird während des spanenden Bearbeitens in einem Winkel

10 zwischen 75 ° und 105 °, insbesondere zwischen 85 ° und 95 °, zur zu bearbeitenden Oberfläche des Grünlings geführt wird. Eine Freifläche 11 des Schneidwerkzeugs 7 kann in einem Winkel 12 zwischen 87 ° und 93 ° zur zu bearbeitenden Oberfläche des Grünlings geführt werden. Nebenfreiflächen können in einem Winkel zwischen 10 ° und 25 ° und zwischen 15 ° und 25 ° zur zu bearbeitenden Oberfläche des Grünlings geführt werden.

**[0047]** Das Bauteil 1 kann beispielsweise für Automotive-Anwendungen vorgesehen sein. Andere Anwendungen können sein: Bauteile für Aktivkomponenten für Axialflussmotoren, ein Rotor, ein Stator, induktive Elemente, etc.

**[0048]** Die Ausführungsbeispiele zeigen bzw. beschreiben mögliche Ausführungsvarianten, wobei auch Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind.

**[0049]** Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Bauteils 1 bzw. des Schneidwerkzeugs 7 diese nicht notwendigerweise maßstäblich dargestellt sind.

#### Bezugszeichenliste

1	Bauteil
2	Partikel
3	Kern
4	Isolationsschicht
5	Oberfläche
6	Vertiefung
7	Schneidwerkzeug
8	Schneide
9	Spanfläche
10	Winkel
11	Freifläche
12	Winkel

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- AT 511919 A1 [0004, 0031]
- AT 521006 A1 [0005]

**Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- DIN EN ISO 4287:2010 [0016, 0033]

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Herstellen eines Bauteils (1) mit weichmagnetischen Eigenschaften aus Partikeln (2) aus einem SMC-Pulver umfassend die Schritte:

- Pressen eines SMC-Pulvers zu einem Grünling,
- Wärmebehandeln des Grünlings;
- gegebenenfalls Nachbearbeiten des wärmebehandelten Grünlings, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine spanende Bearbeitung nach dem Pulverpressen und vor dem Wärmebehandeln des Grünlings im Grünzustand durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikel (2) des SMC-Pulvers mit einer mittleren Partikelgröße zwischen 60 µm und 500 µm eingesetzt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass Partikel (2) aus dem SMC-Pulver eingesetzt werden, die zumindest teilweise eine Isolationsschicht (4) mit einer Schichtdicke von mindestens 2 nm und maximal 20 µm aufweisen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bauteil (1) bzw. die Partikel (2) aus dem SMC-Pulver nach dem Pressen zusätzlich oxidiert werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Grünling für die spanende Bearbeitung auf eine Temperatur zwischen 30 °C und 300 °C erwärmt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die spanende Bearbeitung mit einem Schneidwerkzeug (7) mit einer Schneide (8) durchgeführt wird, wobei die Schneide (8) während des spanenden Bearbeitens in einem Winkel zwischen 75 ° und 105 ° zur zu bearbeitenden Oberfläche des Grünlings geführt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Grünling mit einer Dichte von maximal 95 % der Volldichte des Materials, aus dem der Grünling besteht, hergestellt wird.

8. Bauteil (1) mit weichmagnetischen Eigenschaften umfassend einen Bauteilkörper zumindest teilweise bestehend aus einem gepressten und wärmebehandelten SMC-Pulver, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Bauteilkörper eine spanend bearbeitete Oberfläche (5) aufweist, die eine Oberflächenrauigkeit mit arithmetischen Mittenrauwert Ra nach DIN EN ISO 4287:2010 zwischen 0,1 µm und 10 µm aufweist.

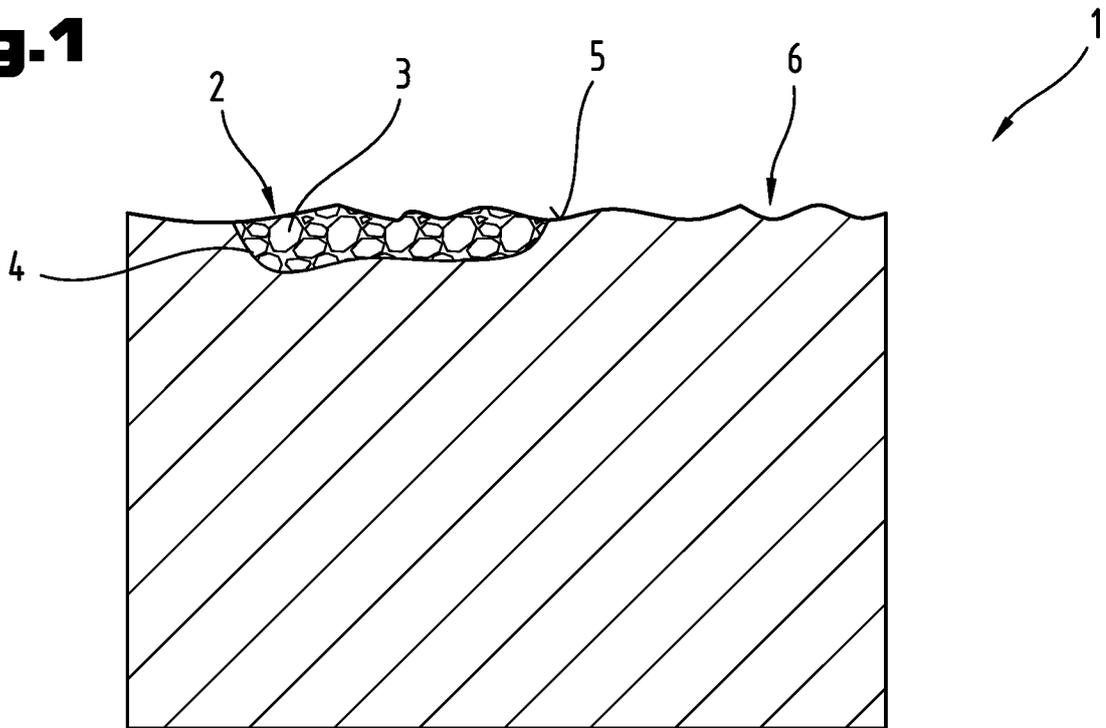
9. Bauteil (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine spanend bearbeitete Oberfläche (5) eine gemittelte Rautiefe Rz nach DIN EN ISO 4287:2010 zwischen 1 µm und 50 µm aufweist.

10. Bauteil (1) nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das SMC-Pulver Eisen aufweist, wobei der an der spanend bearbeiteten Oberfläche (5) des Bauteilkörpers gemessene Anteil an Eisen maximal 90 m% beträgt.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

**Fig.1**



**Fig.2**

