

# PATENTOVÝ SPIS

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2001-1699**  
(22) Přihlášeno: **11.11.1999**  
(30) Právo přednosti: **16.11.1998 DE 19981/19852699**  
**28.10.1999 DE 19991/19951963**  
(40) Zveřejněno: **16.10.2002**  
**(Věstník č. 10/2002)**  
(47) Uděleno: **11.03.2009**  
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **22.04.2009**  
**(Věstník č. 16/2009)**  
(86) PCT číslo: **PCT/DE1999/003588**  
(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 2000/029631**

(11) Číslo dokumentu:

## 300 322

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. CL:  
**C22C 33/02** (2006.01)  
**B22F 1/00** (2006.01)  
**H01F 1/22** (2006.01)  
**B22F 3/02** (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:

DE 19745283 A; US 5368630; US 5443787; DE 3135661 A; CS 1990-5949 A3.

(73) Majitel patentu:

BT MAGNET-TECHNOLOGIE GMBH, Herne, DE  
FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR  
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG  
E. V., München, DE

(72) Původce:

Schneider Rudolf, Froendenberg, DE  
Vetl Georg, Bremen, DE

(74) Zástupce:

JUDr. Jan Matějka, Národní 32, Praha, 11000

(54) Název vynálezu:

**Způsob výroby magneticky měkkých  
slinovaných součástí**

(57) Anotace:

Je navržen způsob výroby magneticky měkkých slinovaných součástí, při němž je slisováním získán tvar syrového tělesa a syrové těleso je následně slinováno. Jako výchozí látka ke slisování syrového tělesa je použita směs z práškové směsi s podílem jemného prášku nejméně 5 až 30 % hmotn. vztaheno na veškerou výchozí látku, s průměrnou velikostí zrna 5 až 40 µm, a z termoplastického pojiva. Směs je při teplotě, ležící nad teplotou měknutí pojiva, slisována na syrové těleso. Následně je získané syrové těleso slinováno.

CZ 300322 B6

## Způsob výroby magneticky měkkých slinovaných součástí

### Oblast techniky

Vynález se týká způsobu výroby magneticky měkkých slinovaných součástí, při němž se umele prášková směs, potom se přidá termoplastické pojivo, lisováním se vytvoří tvar syrového tělesa a syrové těleso je následně slinováno.

### Dosavadní stav techniky

Magneticky měkké součásti vyžadují vedle magnetických vlastností (vysoká magnetická permeabilita a nepatrná koercitivní síla) podle případu použití také komplexní geometrii. Takovéto součásti mohou být vyráběny práškovou metalurgií.

V DE US 197 45 2 83 A1 je již způsob výroby slinovaných součástí, jakož i způsob zhutnění tečením za tepla, popsán. U tohoto způsobu je výchozí prášek smíchán s pojivem nebo směsí pojiva a směs je v nástroji při zvýšené teplotě, která leží nad teplotou měknutí pojiva, slisována na syrové těleso. Následně je syrové těleso slinováno. Takovýmto způsobem lze vyrobit součásti s kompletní geometrií.

### Podstata vynálezu

V souladu s předmětem tohoto vynálezu byl navržen způsob výroby magneticky měkkých slinovaných součástí, při němž se umele prášková směs, potom se přidá termoplastické pojivo, lisováním se vytvoří tvar syrového tělesa a syrové těleso je následně slinováno, jeho podstata spočívá v tom, že jako výchozí látka pro práškovou směs se použije prášek  $\text{Fe}_{13}\text{Cr}$ ,  $\text{Fe}_{17}\text{Co}$  nebo  $\text{Fe}_{48}\text{Co}_2\text{V}$  nebo směs těchto prášků, že prášková směs obsahuje podíl jemného prášku 5 až 30 % hmotn., vztaženo na veškerou výchozí látku, s průměrnou velikostí zrna 5 až 40  $\mu\text{m}$ , a že směs je slisována do syrového tělesa při teplotě, která leží nad teplotou měknutí termoplastického pojiva.

K práškové směsi je s výhodou přidáno pojivo s podílem 1,5 až 4 % hmotn. a jako výchozí látka je použita prášková směs prášku  $\text{Fe}_{13}\text{Cr}$ ,  $\text{Fe}_{17}\text{Co}$  nebo  $\text{Fe}_{48}\text{Co}_2\text{V}$  nebo směs těchto prášků.

Prášková směs a pojivo mohou být smíchány při zvýšené teplotě, při níž pojivo změkne a/nebo se roztaví.

Podle výhodného provedení vynálezu je při lisování syrového tělesa použit tlak 400 až 800 MPa a lisování syrového tělesa se provádí při teplotě 60 až 100 °C.

Podle dalšího výhodného provedení tohoto vynálezu je jako pojivo použita směs polymeru a vosku, přičemž podíl vosku je větší než podíl polymeru.

Jako pojivo může být použita polymerová směs s rozdílným viskozitním poměrem jednotlivých polymerů.

Způsob podle vynálezu je výhodný v tom, že s menšími náklady je dosaženo podstatně vyšší tvarové komplexnosti vyráběné magneticky měkké slinované součásti, než jak je tomu možné u dosavadního axiálního lisovacího způsobu.

Další výhoda spočívá v tom, že součásti s vysokou tvarovou komplexností nevyžadují žádné další mechanické opracování. Mimoto vykazují součásti vyrobené způsobem podle vynálezu lepší magnetické vlastnosti než součásti, které byly zhotoveny obvyklými lisovacími způsoby. Způsob

podle vynálezu umožňuje mimoto ve srovnání se vstřikovým zpracováním kovových prášků (MIM-proces) menší podíl jemného prášku, čímž je způsob cenově příznivější.

U způsobu podle vynálezu jsou využity termoplastické vlastnosti přechodného pojiva, které je přidáno k výchozím práškům. Přitom je ohřátím a změkčením, popřípadě ztekucením pojiva natolik zlepšena viskozita výchozího práškového materiálu, že může být provedena doprava materiálu do formy vytvořené v nástroji napříč ke směru lisování s vyloučením příčných trhlin.

Opatřeními uvedenými v závislých nárocích je možno dosáhnout výhodných dalších provedení a zlepšení způsobu podle vynálezu.

Přídavkem malého množství termoplastického pojiva je dosaženo větší hustoty v práškovém útvaru. Mimoto jsou takto ovlivněny vlastnosti výchozí práškové směsi tak, že vykazuje požadovaný viskozitní poměr. Přitom je podíl pojiva zvolen tak, že použitý lisovací tlak při ohřátí a nejméně změkčení pojiva může přivést směs z výchozí prášku a pojiva k tečení, ale je zároveň zabráněno tomu, aby v důsledku podílu pojiva byla při ohřátí na slinovací teplotu překročena mez tečení syrového tělesa.

K běžnému standardnímu prášku, který je použit jako výchozí materiál, je přidán podíl jemného prášku. Tyto výchozí prášky jsou pak smíchány s pojivem. Přitom může být pojivo jako směs polymeru a vosku smícháno se směsí výchozího prášku při teplotě, při níž polymer již měkne a vosk se roztaví. Rovněž je myslitelné použití dvou různých polymerů s rozdílnými viskozitními poměry.

Tímto způsobem jsou jemné práškové částice pomocí pojiva spojeny s hrubými práškovými částicemi a hrubé částice prášku jsou obklopeny spojenou vrstvou s jemnými práškovými částicemi. S takto upraveným práškem se dobře manipuluje, je sypký a lze ho použít jako sdružený prášek. Tento sdružený prášek může být předehřát na teplotu, při níž je pojivo opět změkčeno, a potom umístěn do vyhřívaného nástroje, v němž se vytvoří tvar vyráběné součásti.

Přidaným podílem jemného prášku se zvýší slinovací aktivita a tím také slinovací hustota výsledně slinuté magneticky měkké slinované součásti.

U předkládaného způsobu podle vynálezu je přírůstek hustoty rozdělen na tvarování při zhutnění lisováním a smršťování při slinování. Naproti tomu je u známých lisovacích způsobů volný výchozí prášek nejprve sbalen a zhutnění probíhá hlavně při tvarovacím procesu při lisování. U vstřikovacího zpracování kovových prášků je přírůstek hustoty dosaženo při slinování a tvarování probíhá téměř bez zhutnění.

#### Přehled obrázků na výkresech

Vynález je dále blíže vysvětlen s pomocí příkladů provedení s přihlédnutím k výkresům na nichž značí:

obr. 1 schéma způsobu výroby magneticky měkkých slinovaných součástí;

obr. 2 znázornění hysterezních smyček magneticky měkkých slinovaných součástí z prášku  $\text{Fe}_{13}\text{Cr}$ ,  $\text{Fe}_{17}\text{Co}$  a  $\text{Fe}_{48}\text{Co}_2\text{V}$ ;

obr. 3 znázornění zjištěné magnetizační křivky slinované součásti  $\text{Fe}_{13}\text{Cr}$ , a

obr. 4 znázornění zjištěné magnetizační křivky slinované součásti  $\text{Fe}_{48}\text{Co}_2\text{V}$ .

### Příklady provedení vynálezu

K výrobě magneticky měkké slinované součásti jsou nejdříve podle obr. 1 použity tři výchozí složky A, B a C. Jako výchozí složka A je použito 60 až 93,5 % hmotn. standardního prášku  $\text{Fe}_{13}\text{Cr}$  s průměrnou velikostí zrna 40 až 150  $\mu\text{m}$  a jako výchozí složka B je použito 5 až 30 % hmotn. nejjemnějšího prášku  $\text{Fe}_{13}\text{Cr}$  s průměrnou velikostí zrna 5 až 40  $\mu\text{m}$ . Jako výchozí složka C je použito 1,5 až 4 % hmotn. pojiva. Jako pojivo slouží směs 70 % hmotn. vosku a 30 % hmotn. polyethylénu (PE).

Ukázalo se jako účelné použít jako pojivo také směs polymerů s rozdílnými viskozitními poměry jednotlivých polymerů.

V prvním způsobovém kroku jsou výchozí složky A, B a C smíchány ve vyhřívaném hnětacím stroji na homogenní viskózní výchozí práškovou směs. Získaná směs je potom ve druhém způsobovém kroku za použití běžného lisu s lisovacím tlakem 400 až 800 MPa a při teplotě 60 až 100 °C slisována na syrové těleso požadovaného tvaru. Při této teplotě je pojivo nejprve změkčeno a výchozí prášková směs je nejméně jedním razníkem v nástroji zhuštěna. Tím se stane výchozí prášková směs kompaktní.

Pokud se stane směs působením lisovacího tlaku natolik kompaktní, že pojivo tvoří průchozí fázi, dochází k viskóznímu tečení s radiální schopností tečení 3  $\mu\text{m}$ . Toto viskózní tečení zaručuje, že také duté prostory v nástroji, které jsou vytvořeny napříč ke směru lisování razidla, jsou vyplněny směsí výchozího prášku. Takto mohou být vyplněna i různá podříznutí s vyhovující hustotou. Surové těleso je následně otevřením nástroje uvolněno.

Získané syrové těleso je potom podle dalšího způsobového kroku 3 podrobeno vysokoteplotnímu slinování při teplotách 1250 až 1350 °C, a to například v ochranné atmosféře. Při slinování se pojivo beze zbytku odpaří.

Magneticky měkké slinované součásti zhotovené podle uvedeného způsobu z prášku  $\text{Fe}_{13}\text{Cr}$ ,  $\text{Fe}_{17}\text{Co}$  a  $\text{Fe}_{48}\text{Co}_2\text{V}$  se vyznačují magnetickými vlastnostmi uvedenými v následujících tabulkách 1 a 2 a hysterezními smyčkami a magnetizačními křivkami znázorněnými na obr. 2, 3 a 4.

Tabulka 1

|                        | $\text{Fe}_{13}\text{Cr}$ | $\text{Fe}_{17}\text{Co}$ | $\text{Fe}_{48}\text{Co}_2\text{V}$ |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Vyplnění prostoru      | 97 %                      | 92 %                      | 92 %                                |
| Indukce $B_{90}$       | 1,34 T                    | 1,38 T                    | 1,61 T                              |
| Koercitivní síla $H_c$ | 0,10 kA/m                 | 0,22 kA/m                 | 0,15 kA/m                           |
| Permeabilita $\mu_m$   | 1700                      | 2500                      | 3500                                |

Tabulka 2

|                                 | Fe <sub>13</sub> Cr | Fe <sub>48</sub> Co <sub>2</sub> V |
|---------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| Vyplnění prostoru               | 99,7 %              | 94,8 %                             |
| Indukce nasycení B <sub>s</sub> | 1,4394 T            | 1,89 T                             |
| Koercitivní síla H <sub>c</sub> | 0,056 kA/m          | 0,125 kA/m                         |
| Remanence Br                    | 0,487 T             | 1,072 T                            |
| Permeabilita μm                 | 3171                | 4047                               |

5

Výsledků v tabulce 1 bylo dosaženo za použití výchozích složek A a B s hodnotami velikosti zrna v horní oblasti rozmezí. Jako složka A byl použit výchozí prášek s d<sub>50</sub> 100 μm a jako složka B výchozí prášek s d<sub>50</sub> 35 μm.

10

Výsledků v tabulce 2 bylo dosaženo za použití stejných výchozích složek A a B, avšak s hodnotami velikosti zrna ve střední a spodní oblasti rozmezí. Jako složka A byl použit výchozí prášek s d<sub>50</sub> 70 μm a jako složka B výchozí prášek s d<sub>50</sub> 10 μm. Za použití těchto velikostí zrna bylo překvapivě dosaženo zřetelného zlepšení vyplnění prostoru ale zároveň také magnetických parametrů vyráběných magneticky měkkých slinovaných součástí.

15

Na obr. 2 jsou znázorněny hysterezní smyčky magneticky měkkých slinovaných součástí z prášků Fe<sub>13</sub>Cr, Fe<sub>17</sub>Co a Fe<sub>48</sub>Co<sub>2</sub>V podle tabulky 1. Hysterezní křivky vyznačují magnetickou indukci B v závislosti na intenzitě pole H. Průběh magnetizačních křivek dává na vědomí, že všechny tři materiály vykazují při relativně vysoké permeabilitě nepatrnou koercitivní sílu.

20

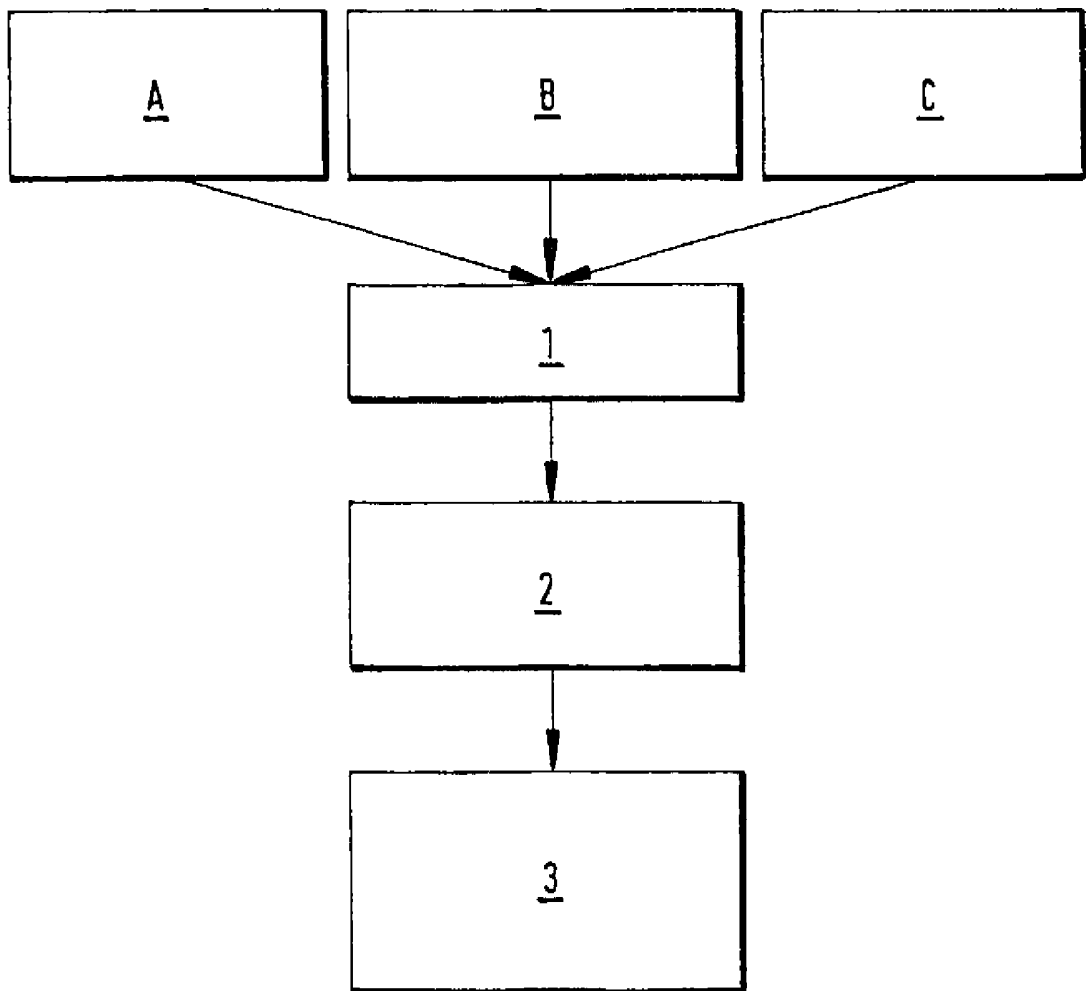
Obr. 3 a 4 přinášejí stavové veličiny magnetické polarizace v závislosti na magnetické intenzitě pole H podle magnetizačních křivek pro magneticky měkké slinované součásti z prášků Fe<sub>13</sub>Cr a Fe<sub>48</sub>Co<sub>2</sub>V, uvedené v tabulce 2. Přitom byla u slinované součásti Fe<sub>13</sub>Cr naměřena remanence 0,487 T a polarizace nasycení, popřípadě indukce nasycení 1,439 T při maximální intenzitě pole 10,24 kA/m. Hodnoty pro slinovanou součást Fe<sub>48</sub>Co<sub>2</sub>V udávají remanenci 1,072 T a polarizaci nasycení, popřípadě indukci nasycení 1,89 T při maximální intenzitě pole 10,31 kA/m.

25

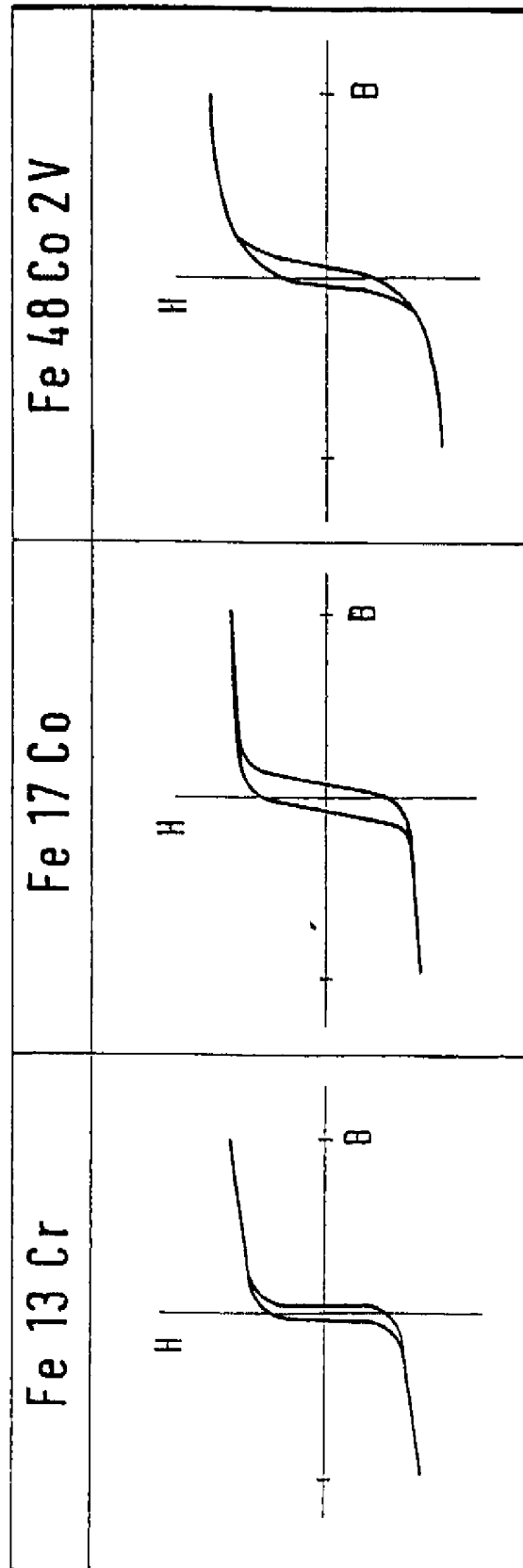
30

## PATENTOVÉ NÁROKY

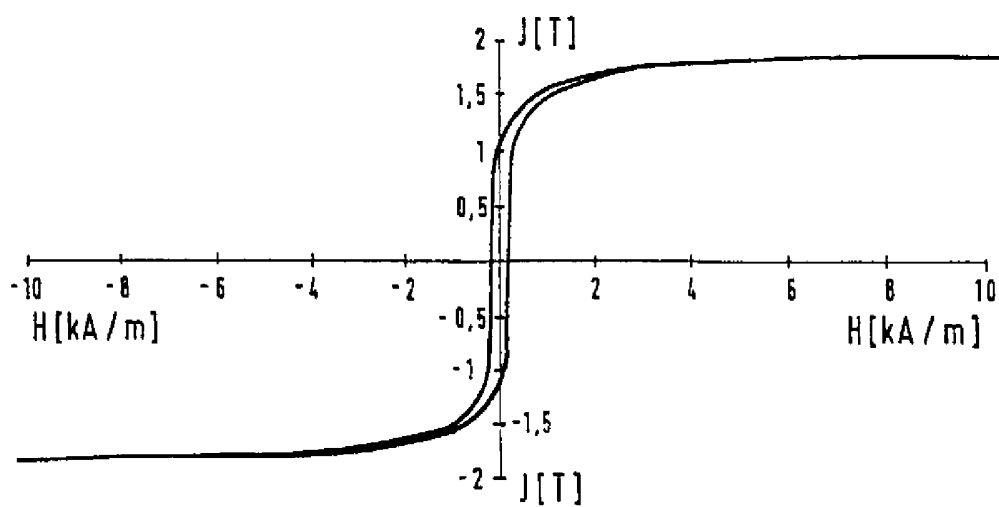
- 5 1. Způsob výroby magneticky měkkých slinovaných součástí, při němž se umele prášková směs, potom se přidá termoplastické pojivo, lisováním se vytvoří tvar syrového tělesa a syrové těleso je následně slinováno, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že jako výchozí látka pro práškovou směs se použije prášek  $\text{Fe}_{13}\text{Cr}$ ,  $\text{Fe}_{17}\text{Co}$  nebo  $\text{Fe}_{48}\text{Co}_2\text{V}$ , nebo směs těchto prášků, že prášková směs obsahuje podíl jemného prášku 5 až 30 % hmotn., vztaženo na veškerou výchozí látku,
- 10 s průměrnou velikostí zrna 5 až 40  $\mu\text{m}$ , a že směs je slisována do syrového tělesa při teplotě, která leží nad teplotou měknutí termoplastického pojiva.
2. Způsob podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že k práškové směsi je přidáno pojivo s podílem 1,5 až 4 % hmotn.
- 15 3. Způsob podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že jako výchozí látka je použita prášková směs prášku  $\text{Fe}_{13}\text{Cr}$ ,  $\text{Fe}_{17}\text{Co}$  nebo  $\text{Fe}_{48}\text{Co}_2\text{V}$  nebo směs těchto prášků.
4. Způsob podle jednoho z nároků 1 až 3, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že prášková směs a pojivo jsou smíchány při zvýšené teplotě, při níž pojivo změkne a/nebo se roztaví.
- 20 5. Způsob podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že při lisování syrového tělesa je použit tlak 400 až 800 MPa.
6. Způsob podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že lisování syrového tělesa se provádí při teplotě 60 až 100 °C.
7. Způsob podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že jako pojivo je použita směs polymeru a vosku.
- 30 8. Způsob podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že podíl vosku je větší než podíl polymeru.
9. Způsob podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že jako pojivo je použita polymerní směs s rozdílným viskozitním poměrem jednotlivých polymerů.
- 35



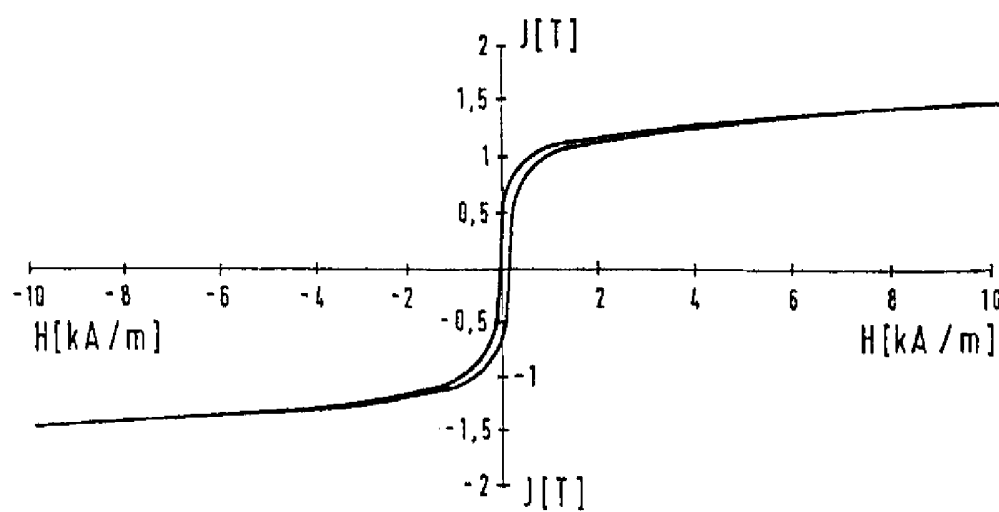
OBR. 1



OBR. 2



OBR. 3



OBR. 4