



(12)发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 90102636.0

[51] Int.Cl⁵

H01F 7/02

(43) 公开日 1991年11月20日

[22] 申请日 90.5.7

[71] 申请人 帝国化学工业公司

地址 英国英格兰

共同申请人 精工爱普生株式会社

[72] 发明人 井熊勇 阪田昌明

秋冈博晴 下田达也

[74] 专利代理机构 中国专利代理有限公司

代理人 姜建成 罗宏

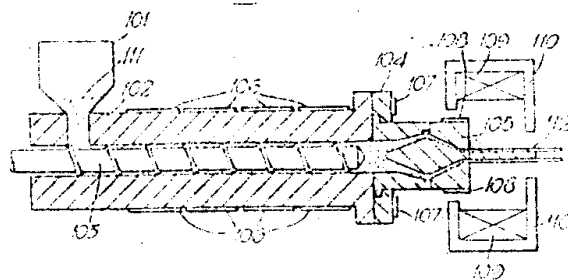
H01F 41/02

说明书页数: 47 附图页数: 6

[54] 发明名称 树脂粘合型磁体及其生产方法

[57] 摘要

本发明涉及树脂粘合型磁体及生产方法,特别是圆筒形或薄板形磁体及生产方法。包含磁粉和有机树脂的树脂粘合型磁体及其生产方法,其中该磁体成型为外径(D)、内径(d)和长度(L)之间满足关系式 $2DL/d^2 > 1$ 的圆筒形单一型磁体,它还在直径方向具有径向异向性。此外,本发明是树脂粘合型磁体及其生产方法。该方法用磁场中的模具使所述磁体挤出成型,其中磁粉的平均粒度 γ 满足 $\gamma < 0.1t$ ($t < 1$ 毫米),其中 t 是包含所述磁粉和树脂的各向异性树脂粘合型磁体成型件的厚度。



< 43 >

权 利 要 求 书

1. 一种包含磁粉和有机树脂的树脂粘成型磁体, 其中它被成型为外径(D)、内径(d)和长度(L)之间满足关系式

$$2DL/d^2 \geq 1$$

的圆筒形单一型磁体, 同时, 它在直径方向具有径向异向性。

2. 一种包含磁粉、有机树脂和添加剂的树脂粘成型磁体, 其中它被成型为外径(D)、内径(d)和长度(L)之间满足关系式

$$2DL/d^2 \geq 1$$

的圆筒形单一型磁体, 同时, 它在直径方向具有径向异向性。

3. 一种树脂粘成型磁体的生产方法, 其中成型原料包含磁粉和有机树脂, 它在硬化时通过加有磁场的模具经挤出而成型为外径(D)、内径(d)和长度(L)之间满足关系式

$$2DL/d^2 \geq 1$$

的圆筒形单一型磁体, 同时, 它在直径方向具有径向异向性。

4. 一种树脂粘成型磁体的生产方法, 其中成型原料包含磁粉、有机树脂和添加剂, 它在硬化时通过加有磁场的模具经挤出而成型为外径(D)、内径(d)和长度(L)之间满足关系式

$$2DL/d^2 \geq 1$$

的圆筒形单一型磁体, 同时, 它在直径方向具有径向异向性。

5. 一种将包含磁粉和有机树脂的成型原料进行挤出成型的树脂粘成型磁体的生产方法, 其中用于成型的模具构造为, 芯轴区的前端伸出到外模具一个端面的前方, 磁路在所述芯轴区、外模具和安装在所述模具外周的电磁线圈之间形成, 原料靠电磁线圈在模具内施加磁场而被成型为圆筒形, 被挤出的成型件在芯轴的前端进行去磁。

6. 一种将包含磁粉、有机树脂和添加剂的成型原料进行挤出成型的树脂粘合型磁体的生产方法，其中用于成型的模具构造为：芯轴区的前端伸出到外模具一个端面的前方，磁路在所述芯轴区、外模具和安装在所述模具外周的电磁线圈之间形成，原料靠电磁线圈在模具内施加磁场而被成型为圆筒状。被挤出的成型件在芯轴的前端进行去磁。

7. 一种将包含磁粉和有机树脂的成型原料进行挤出成型的树脂粘合型磁体的生产方法，其中电磁线圈安装在模具的外周，原料靠在模具中施加磁场而被成型为圆筒形，在上述电磁线圈的前方还安装一空心线圈，以便在所述电磁线圈中产生一个去磁磁场，再使挤压出的成型件去磁。

8. 一种将包含磁粉、有机树脂和添加剂的成型原料进行挤出成型的树脂粘合型磁体的生产方法，其中电磁线圈安装在模具的外周，原料靠在模具中施加磁场而被成型为圆筒形，在上述电磁线圈的前方还安装一空心线圈，以便在所述电磁线圈中产生一个去磁磁场，再使挤压出的成型件去磁。

9. 一种树脂粘合型磁体的生产方法，它包括：使磁粉和有机树脂的熔融混合物中的磁粉在模具前端加有磁场的区域定向，将其成型为圆筒形，经冷却固化而挤出，其中当磁体被切割时，通过使磁体和热丝接触使树脂熔化而被切割。

10. 一种树脂粘合型磁体的生产方法，它包括：使磁粉、有机树脂和添加剂的熔融混合物中的磁粉在模具前端加有磁场的区域定向，将其成型为圆筒形，经冷却固化而挤出，其中当磁体被切割时，通过使磁体和热丝接触使树脂熔化而被切割。

11. 权利要求(9)或(10)的树脂粘合型磁体的生产方法，其特

征在于，树脂粘合型磁体是未经定向而挤出成型为圆筒形的各向同性磁体。

12. 一种用注入成型或挤出成型法将磁粉和热固性树脂成型为圆筒形树脂粘合型磁体的生产方法，其中为了使磁粉和热固性树脂的熔融混合物通过加热而硬化，硬化时圆筒形磁体的外周用模筒固定，内周用充气膨胀的弹性材料固定。

13. 一种用注入成型或挤出成型法将磁粉、热固性树脂和添加剂成型为圆筒形树脂粘合型磁体的生产方法，其中为了使磁粉、热固性树脂和添加剂的熔融混合物通过加热而硬化，硬化时圆筒形磁体的外周用模筒固定，内周用充气膨胀的弹性材料固定。

14. 权利要求(12)或(13)的树脂粘合型磁体的生产方法，其中所述弹性材料是硅橡胶。

15. 一种包含磁粉和有机树脂的树脂粘合型磁体的生产方法，其中稀土磁粉先在强于磁粉矫顽磁力的磁场中进行预磁化，然后捏合磁粉和有机树脂的混合物，再在磁场中将捏合后的混合物挤出成型。

16. 一种包含磁粉、有机树脂和添加剂的树脂粘合型磁体的生产方法，其中稀土磁粉先在强于磁粉的矫顽磁力的磁场中进行预磁化，然后捏合磁粉、有机树脂和添加剂的混合物，再在磁场中将捏合后的混合物挤出成型。

17. 一种用挤出成型法将包含磁粉和有机树脂的成型原料用模具在磁场中成型为树脂粘合型磁体的生产方法，其中在成型时对模具施加一个轻微的振动。

18. 一种用挤出成型法将包含磁粉、有机树脂和添加剂的成型原料用模具在磁场中成型为树脂粘合型磁体的生产方法，其中在成型时

对模具施加一个轻微的振动。

19. 一种包含磁粉和有机树脂的树脂粘成型磁体，其中所述磁粉的平均粒度 r 满足

$$r \leq 0.1t \quad (t \leq 1 \text{ 毫米})$$

其中 t 为包含所述磁粉和树脂的各向异性树脂粘成型磁体成型件的厚度。

20. 一种包含磁粉、有机树脂和添加剂的树脂粘成型磁体，其中所述磁粉的平均粒度 r 满足

$$r \leq 0.1t \quad (t \leq 1 \text{ 毫米})$$

其中 t 为包含所述磁粉、树脂和添加剂的各向异性树脂粘成型磁体成型件的厚度。

21. 一种包含磁粉和有机树脂的树脂粘成型磁体的生产方法，其中所述磁粉的平均粒度 r 满足

$$r \leq 0.1t \quad (t \leq 1 \text{ 毫米})$$

其中 t 为包含所述磁粉和树脂的各向异性树脂粘成型磁体成型件的厚度，磁体用磁场中的模具挤出成型而生产。

22. 一种包含磁粉、有机树脂和添加剂的树脂粘成型磁体的生产方法，其中所述磁粉的平均粒度 r 满足

$$r \leq 0.1t \quad (t \leq 1 \text{ 毫米})$$

其中 t 为包含所述磁粉、树脂和添加剂的各向异性树脂粘成型磁体成型件的厚度，磁体用磁场中的模具挤出成型而生产。

23. 一种用注入成型法或挤出成型法将磁粉和有机树脂的混合物成型为树脂粘成型磁体的生产方法，其中将上述磁粉和有机树脂的混合物加热，使其粘度 η 满足

$$\eta \leq 300 \times 10^3 \text{ 泊 (剪切速度} \approx 1000 \text{ 秒}^{-1}\text{)}$$

再将其放入捏合机中制成一种复合体。

24. 一种用注入成型法或挤出成型法将磁粉、有机树脂和添加剂的混合物成型为树脂粘成型磁体的生产方法，其中将上述磁粉、有机树脂和添加剂的混合物加热，使其粘度 η 满足

$$\eta \leq 300 \times 10^3 \text{ 泊 (剪切速度} \approx 1000 \text{ 秒}^{-1}\text{)}$$

25. 如权利要求 (23) 或 (24) 所述的树脂粘成型磁体的生产方法，其中所述磁粉的表面涂 (或镀) 有金属膜或陶瓷。

26. 一种树脂粘成型磁体的生产方法，其中将包含磁粉和有机树脂的成型原料通过模具而挤出成型为圆筒形磁体，然后从所述圆筒形磁体周边的一点或几点沿与成型件中心轴平行的方向切开，再把切开的成型件展平做成薄板形。

27. 一种树脂粘成型磁体的生产方法，其中将包含磁粉、有机树脂和添加剂的成型原料通过模具而挤出成型为圆筒形磁体，然后从所述圆筒形磁体周边的一点或几点沿与成型件中心轴平行的方向切开，再把切开的成型件展平做成薄板形。

28. 权利要求 (26) 或 (27) 所述的树脂粘成型磁体的生产方法，其中所述挤出成型的圆筒形磁体的外径 (D) 和内径 (d) 满足关系式

$$0.75 \leq d/D < 1.$$

29. 一种树脂粘成型磁体的生产方法，其中将包含磁粉和有机树脂的成型原料通过加有磁场的模具而挤出成型为具有沿直径方向的径向异向性的圆筒形磁体。然后由所述圆筒形磁体周边的一点或几点沿与成型件中心轴平行的方向切开，并将切开的成型件展开成薄板形。

30. 一种树脂粘成型磁体的生产方法，其中将包含磁粉、有机树

脂和添加剂的成型原料通过加有磁场的模具而挤出成型为具有沿直径方向的径向异向性的圆筒形磁体，然后由所述圆筒形磁体周边的一点或几点沿与成型件中心轴平行的方向切开，并将切开的成型件展开成薄板形。

31. 权利要求(29)或(30)所述的树脂粘成型磁体的生产方法，其中所述挤出成型的圆筒形磁体的外径(D)和内径(d)满足关系式

$$0.85 \leq d/D < 1.$$

32. 权利要求(1)、(2)、(19)和(20)所述的树脂粘成型磁体，其中所述磁粉选自铁氧系磁体；含稀土金属和以钴和铁为主的过渡金属的磁体；或含稀土金属、以铁为主的过渡金属和硼的磁体的磁粉。

33. 权利要求3-10、12、13、15-18、21-24、26、27、29和30所述的树脂粘成型磁体的生产方法，其中所述磁粉选自铁氧系磁体；含稀土金属和以钴和铁为主的过渡金属的磁体；或含稀土金属、以铁为主的过渡金属和硼的磁体的磁粉。

34. 权利要求1、2、19和20所述的树脂粘成型磁体，其中所述有机树脂是热塑性或热固性树脂。

35. 权利要求3-10、12、13、15-18、21-24、26、27、29和30所述的树脂粘成型磁体的生产方法，其中所述有机树脂是热塑性或热固性树脂。

36. 权利要求34所述的树脂粘成型磁体，其中所述热塑性树脂选自聚酰胺、聚丙烯、聚碳酸酯、聚苯硫、氯化聚乙烯、乙烯醋酸乙烯共聚物弹性体和合成橡胶中的一种或几种。

37. 权利要求35所述的树脂粘成型磁体的生产方法，其中所述热塑性树脂选自聚酰胺、聚丙烯、聚苯硫、氯化聚乙烯、乙烯醋酸乙

烯共聚物弹性体和合成橡胶中的一种或几种。

38. 权利要求34所述的树脂粘合型磁体，其中所述热固性树脂是乙烯系不饱和聚酯树脂或环氧树脂。

39. 权利要求35所述的树脂粘合型磁体的生产方法，其中所述热固性树脂是乙烯系不饱和聚酯树脂或环氧树脂。

40. 权利要求2或20所述的树脂粘合型磁体，其中所述添加剂选自硬脂酸锌、硬脂酸钙、蜡和过氧化物中的一种或几种。

41. 权利要求4、6、8、10、13、16、18、22、24、27和30所述的树脂粘合型磁体的生产方法，其中所述添加剂选自硬脂酸锌、硬脂酸钙、蜡和过氧化物中的一种或几种。

树脂粘合型磁体及其生产方法

本发明涉及用于电子仪器等的微型电机、编码器、线性驱动装置等的某种树脂粘合型磁体及其生产方法，特别是圆筒形或薄板形的树脂粘合型磁体及其应用挤出成型法的生产方法。

树脂粘合型磁体通常可用三种方法生产：(1)注入成型法；(2)冲压成型法；(3)挤出成型法。

在这些成型方法中，注入成型法是通过把含有磁粉和热塑性树脂的磁体组合物装填到模具中并把模具加热到能达到足够的流动性的温度而做成预定的形状。

冲压成型法是一种将某种含有磁粉和热固性树脂的磁体组合物装填入冲压机的模具后通过冲压而成型的方法。

挤出成型法是把磁粉和树脂的混合物加热熔融而形成的流化态磁性组合物用螺杆、撞锤或者柱塞充入模具，并在其中凝聚。

在这些成型方法中，注入成型法和冲压成型法能够通过成型步骤向模具施加磁场而使得成型的磁体具有各向异性。可是，由于注入成型法不能在模槽里装填磁体组合物，也不能取出成型件，冲压成型法的成型件的长度是由成型冲床的冲程而决定的，所以，对于近来需要量日益增加的长度较长的磁体的成型，注入成型法和冲压成型法都有缺陷，即成型件的长度受到限制。特别是在成型径向各向异性的圆筒形磁体时，成型件的长度受到限制，只有其外径（以后称为 D ）、内径（以后称为 d ）和长度（以后称为 L ）满足下列式子的磁体才能

被成型;

$$2DL/d^2 < 1$$

(参考文献: 正昭滨野, 第九届高性能塑料磁体注入成型技术及其应用开发会议摘要文集, 塑料工业技术委员会, 1986)

所以, 对于满足

$$2DL/d^2 \geq 1$$

的圆筒形磁体, 只有两类磁体可得到, 一类是具有各向同性的或者性能很差的单一成型磁体, 另一类是通过粘接几个具有径向异性的磁体而制成的磁体。

可是, 上述的圆筒形树脂粘合型磁体及其生产方法有下列问题。

(1) 为了利用各向同性磁体或具有接近各向同性磁体性能的磁体制得高性能的电机或驱动装置, 所用的磁体的体积必须很大, 这就不能满足这些仪器的小型化和重量轻的要求。

(2) 在粘接几个具有径向异性的磁体的情况下, 存在下述问题。

[1] 粘接力弱, 不足以防止脱落。同时, 重复的加热和冷却循环也会造成破坏粘合的危险。它的可靠性很差, 如粘接强度的变化等。

[2] 由于在生产过程中要有粘接步骤, 生产成本就要上升。而且, 所粘接的磁体在完工前必须经切削等工序以保证成型件的尺寸精度, 因而又增加了生产成本。

[3] 在成型件经切削工序而最后完成的情形下, 这最后一步有可能降低磁体的性能。

(3) 至于注入成型法和冲压成型法, 在成型过程中都需要有一个向模具中装填磁体组合物、成型和从模具中取出磁体成品的固定循环过程。由于它基本上是间歇式生产体系, 生产率要受到限制, 所以

要降低生产成本是很困难的。

(4) 常规的挤出成型法是在成型步骤不加磁场的一种主要方法。可是用这种成型方法只能得到各向同性的磁体。

由于挤出成型法从原料供应到获得成型件可以连续操作从而具有很高的生产率，同时，又能容易地模塑出长磁体，所以，该方法变得很普及。特别是，为了改善一直被认为是很差的磁性质，已有许多改善磁体性能的研究，尤其是在磁场中的挤出成型方法的研究。

关于在成型步骤施加磁场的方法，对于柱形磁体，R. E. 约翰逊有一篇报导（“生产粘合型稀土—钴磁体的进展”，第五届稀土—钴磁体及其应用国际会议，1981），对于圆筒形磁体，在日本专利公开昭和58-219705和日本专利公开昭和61-121307中都阐述了一些方法。

这两种方法都是在磁体组合物通过模具时，将一磁场加到挤出机的模具中，通过将磁性粉末容易磁化的轴定向到磁场的方向而形成磁体。可是，例如在日本专利公开昭和61-121307中所描述的一种方法中，在模具中磁化定向的圆筒形磁体被安装在模具外面的冷却装置冷却后，仅在一个方向形成异向性，并不能得到在直径方向上具有径向异向性的成型件。而且，当成型件由模具中挤压出来时，它的温度仍然很高，因而会产生磁粉定向的无序而使得磁体的性能恶化。结果，即使采用了这种方法，也得不到具有径向异向性的高磁性能的圆筒形磁体。

而且，在上述的生产方法中，还存在下列问题：

(1) 常规的磁场中挤出成型方法只是在模具上安装了一个电磁线圈，并没有考虑所生产出的成型件的退磁。如果成型件中有残磁，

在后续工艺过程中就很难处理，比如，在切削步骤，要粘附到切削刀具或其他磁性材料上。而且，当对磁体实施预定的磁化作用时，残留的磁性就会对磁化作用的平衡造成不利影响。

(2) 日本专利公开昭和60-2 17 617公开了成型方法的一个实例，它考虑了挤出成型件的退磁问题。可是，在这种情况下，退磁线圈是安装在模具的前端，这使得模具非常大，成型能力也很差。特别是由于原料复合体在模具中的通路很长，成型速度也就很低，成型本身也困难。

(3) 当一个具有径向异向性的圆筒形磁体被成型时，因形成磁路而充磁的定向区的长度是由成型件的内径决定的，然而，因为要使稀土磁粉定向，通常需要一个相当强的磁场，所以为了在定向区充上足够的磁场，定向区的长度就不得不相对地短一些。结果，要成型出一个具有很小的内径而又有很高的磁体性能的圆筒形磁体基本上是不可能的。

(4) 当成型一个柱形或薄片形磁体时，在一定程度上定向区的长度可以做得比较长。可是，由于模具的机械强度，极片间的缝隙不能做得太窄，所以也就不能使定向区施加的磁场强度增加太多。成型件的磁性能因此而下降。

在上述的挤出成型方法中，当使用热塑性树脂时，成型是在定向后通过在模具前端使熔融混合物冷却固化而进行的。当使用热固性树脂时，有两种成型方法，一种是定向后在模具前端通过冷却固化而成型，如同热塑性树脂的情形；另一种是在定向后通过加热而硬化成型。

在使用热固性树脂并冷却固化的方法中，成型后必须加热树脂以使树脂硬化。无论如何，不管用哪一种方法成型，成型的磁体都是连

续地被挤压出来的，同时，必须将成型的磁体切割成预定的长度。传统的方法是利用机械切割方法，即闸刀式剪切机系统或旋转式锯齿系统。

但传统的切割方法有下列问题，

在采用诸如同刀式剪切机系统或旋转式锯齿系统的机械切割方法时，被切割的磁体要受力和受振动。当切割未硬化的用热固性树脂冷却固化成型的树脂粘合型磁体和挤出成型的薄磁体时，由于被切割的磁体很脆弱，在切割过程中会产生裂缝、破损和/或变形。

特别是，在为了改善磁体的性能而增加磁性粉末在树脂粘合型磁体中的体积比例时，树脂的体积比例减少了，上述问题就更容易发生，这是因为树脂和磁粉的粘接力减弱了。而且，用机械切割方法不可避免要产生切割粉尘。对稀土磁体，特别是对稀土—钴型磁体，对切割粉尘的处理极为重要，因为钴对人体有害，因而需要回收切割粉尘的装置。

而且，在使用热固性树脂的传统成型方法中，经常使用冲压成型，而注入成型和挤出成型用得并不多。后两种成型方法通常用热塑性树脂。

相应地，只有几种方法可用来硬化用注入成型法和挤出成型法加热成型的未硬化的磁体，该挤出成型法由于在将圆筒形磁体的外径固定到某一模筒上后再转动模筒，产生的离心力保证了磁体的圆筒形状。

上述的传统工艺的问题归纳如下。

首先，它是用热塑性树脂用注入成型法和挤出成型法成型磁体。为了使用热塑性树脂成型的磁体即使在 150°C 左右的温度也可使用，它的成型温度必须在 200°C 或更高些。所以，和树脂混合的磁粉也要

经受这样高的温度。

当稀土磁体特别是稀土—铁—硼型磁体作为磁粉使用时，由于磁粉易氧化而在 200°C 以上的高温下被氧化，磁体的磁性能就要恶化。而且，和热固性树脂比较，热塑性树脂有耐热和耐溶剂的问题。

其次，要提到用热固性树脂在成型后进行加热硬化的方法。使用热固性树脂的成型方法要求树脂在一定温度范围内具有热塑性。不管该温度范围比热固温度低还是高，为了使之硬化，一旦被成型就必须保证其形状。

为了达到这一点，传统工艺有一些办法。可是在传统的生产圆筒形树脂粘成型磁体的方法中，因为内径没有固定，在硬化期间，固定外径的模筒和样品一起转动以保证其形状，因而需要用于该目的的模筒。而且，用这种方法难以进行大批量磁体的硬化处理，同时还有一些问题，如对挤出成型法成型的长度较长的磁体也很难进行硬化处理等。

而且，在过去，关于树脂粘成型磁体中的磁粉的粒度，考虑到了磁粉变细时的氧化作用，但并没有从磁体成型件的厚度角度来考虑磁粉的粒度。

同时，为了成型厚度为1毫米的磁体，就需要预先用冲压成型或注入成型法模塑出厚度大于1毫米的磁体，然后再通过切削加工而达到所希望的厚度。

但是，磁粉的粒度对各向异性树脂粘成型磁体成型件的厚度有很大影响，即如果磁粉的平均粒度不变，当成型件的厚度变小时，一个磁性颗粒的定向就会对该磁体的定向程度产生更大的影响。例如，当成型一个厚度为0.5毫米的各向异性磁体时，如果磁粉的平均粒度为

50微米，一个磁颗粒对定向的影响为10%左右。如果成型制品的厚度变为0.5毫米或更大，这种影响就会减弱，但若厚度变小，影响就要变大。所以对磁体的平均粒度，产生了与磁体成型制品的厚度有关的问题。

此外，用传统方法成型厚度为1毫米或更薄些的磁体会带来生产成本较高等问题，因为需要进一步加工。

而且，稀土磁体，尤其是稀土-铁-硼型磁体很容易被氧化，所以还有一个在使用过程中生锈的问题。

为了解决这个问题，过去曾研究过在成型的磁体表面涂树脂或在磁粉上镀金属、涂陶瓷或涂树脂等方法。

但上述的磁体防锈传统技术有下列问题

前一种在成型磁体表面涂树脂的方法不能防止成型期间磁粉的氧化。换句话说，当进行注入成型和挤出成型操作时，在磁粉和树脂捏合或成型期间，磁粉要经受高温，因而在该步骤磁粉会被氧化，使成型无法进行，而且磁体特性恶化。此外，在成型后如果涂膜上有小针孔存在，其内部的磁体就有从该处被氧化的问题。

考虑到这些问题，后一种在磁粉上镀金属或涂陶瓷、树脂等的方法可能是解决上述问题的一种方法。

可是这后一种方法仍有问题。磁粉的平均粒度是几十个微米，如果在其上涂一层膜，膜的厚度必须是1微米或更薄些，所以就有这样的问题：涂（或镀）膜必须非常坚韧，粘接力强，否则必须建立一个使涂（镀）膜不会脱落的生产方法。

过去，薄板形树脂粘合型磁体主要是用滚压成型法、挤出成型法和注入成型法生产的。

各种成型方法都使用经过捏合的磁粉和热塑性树脂的混合物。当采用滚压成型法时，上述磁体原材料用热轧辊轧成薄板。

可是，上述的薄板形树脂粘成型磁体的生产方法有下列问题，

(1) 在采用滚压成型法时，如果使用稀土磁粉，就只能得到各向同性的成型件，因为在成型时无法施加磁场，所以，磁体的磁性能很差。

另外，由于受轧辊热容的限制，不可能利用熔点很高的树脂作为粘合剂，因此成型件的耐热性很差。

而且，对于这种成型，要求成型件具有一定的柔软性，所以原料中的磁粉含量就不能太高，这就使得成型件的磁性能很差。

(2) 用挤出成型法成型薄板形磁体时，成型件很可能厚度不均，因为模具出口的中心和边缘点之间的挤出速度有差别。所以，为了制造出均匀的成型件，模具中的通路设计就复杂化了，模具也就变得很昂贵。

此外，当成型在磁场中进行时，极片间的缝隙不能做得太小，因为要考虑到模具的机械强度，所以成型时施加的磁场就不能很强，成型件的磁性能也就恶化了。

(3) 用注入成型法成型薄板型磁体时，难以成型厚度为1毫米或更小的薄板形磁体。这是因为含有大量磁粉的成型原料流动性较差，如果厚度很小，就没有足够的成型原料填入模具的空腔中，结果成型效果很差。

此外，在成型各向异性磁体时，如果厚度很薄，就只能进行基本上各向同性的成型，因为磁体表面存在表层效应（有一高树脂比例层）。

况且，成型大面积磁体需要庞大的成型机，从成型成本角度考虑，这是不利的。

所以，本发明就是要解决上面讨论的问题，其目的是提供一种具有高磁性能的树脂粘成型磁体，特别是具有径向异向性的长圆筒形树脂粘成型磁体，并提供一种高生产率的生产方法。

另一目的是提供一种用简单的切割方法而不会出现裂缝、断裂和变形的磁体生产方法。

此外，本发明的目的还在于提供一种简化生产过程、降低生产成本的生产方法，这是通过建立磁粉和磁体厚度之间的关系而改善成型磁体的磁性能，并使用高度抗氧化和抗风化的挤出成型法来成型磁体来实现的。

此外，本发明的目的是提供高生产率地生产高性能薄板形树脂粘成型稀土磁体的生产方法。

图1是用于本发明实例中的一种挤出成型机示意图。

图2是用于本发明实例中的在磁场中挤出成型圆筒形树脂粘成型磁体的一种模具结构示意图。

图3是用于本发明实例中的一种挤出成型机示意图。

图4是用于本发明实例中的一种脉冲磁化装置示意图。

图5说明在成型前磁化和不磁化磁粉时成型用磁场和成型件的残余磁通密度之间的关系图。

图6为用于本发明实例中在磁场中挤出成型薄板型树脂粘成型磁体的一种模具结构示意图。

图7是表明成型前的磁化磁场和成型件残留磁通密度之间的关系示意图。

图8为用于本发明实例中的一种挤出成型机示意图。

图9为用于本发明实例中的在磁场中挤出成型圆筒形树脂粘成型磁体的一种模具结构示意图。

图10是用于本发明实例16和17的挤出成型机示意图。

图11为实例16中将挤出成型的圆筒形树脂粘成型磁体切割和加工成薄板的实例示意图。

图12是用于本发明实例17的用来成型薄板形磁体的模压装置示意图。

本发明是如下所述的一种树脂粘成型磁体及其生产方法：

(1) 一种含有磁粉和有机树脂的树脂粘成型磁体，其中它被成型为外径(D)、内径(d)和长度(L)之间满足关系式

$$2DL/d^2 \geq 1$$

的圆筒形单一型磁体，同时，它在直径方向具有径向异向性。

(2) 上述发明的树脂粘成型磁体的组成包含磁粉、有机树脂和添加剂。

(3) 一种树脂粘成型磁体的生产方法，其中成型原料包含磁粉和有机树脂，它在硬化时通过加有磁场的模具经挤出而成型为外径(D)、内径(d)和长度(L)之间满足关系式

$$2DL/d^2 \geq 1$$

的圆筒形单一型磁体，同时，它在直径方向具有径向异向性。

(4) 上述发明的生产方法中的树脂粘成型磁体的组成包含磁粉、有机树脂和添加剂。

(5) 一种将含有磁粉和有机树脂的成型原料进行挤出成型的树脂粘成型磁体的生产方法，其中用于成型的模具结构为：芯轴区的前

端伸出到外模具一个端面的前方，磁路在所述的芯轴区、外模具和安装在所述模具外周的电磁线圈之间形成，原料靠电磁线圈在模具内施加磁场而被成型为圆筒状，被挤出的成型件在芯轴的前端进行去磁。

(6) 上述发明的磁体的组成包含磁粉、有机树脂和添加剂。

(7) 一种用挤出成型法使包含磁粉和有机树脂的成型原料成型的树脂粘合型磁体的生产方法，其中，电磁线圈安装在模具的外周，原料靠在模具中施加磁场而被成型为圆筒形，在上述电磁线圈的前端还安装有一空心电磁线圈，以便在所述电磁线圈中产生一个去磁磁场，使挤压出的成型品去磁。

(8) 上述发明的磁体的组成包含磁粉、有机树脂和添加剂。

(9) 一种树脂粘合型磁体的生产方法，它包括：使磁粉和树脂的熔融混合物中的磁粉在模具前端加有磁场的区域定向，将其成型为圆筒形，经冷却固化而挤出，其中当磁体被切割时，树脂通过使磁体和热丝接触熔融而被切割。

(10) 一种树脂粘合型磁体的生产方法，其中上述发明的熔融混合物的组成包含磁粉、有机树脂和添加剂。

(11) 上述(9)或(10)的树脂粘合型磁体的生产方法，其中树脂粘合型磁体是未经定向而挤出成型的圆筒形各向同性磁体。

(12) 一种用注入成型或挤出成型法将磁粉和热固体树脂成型为圆筒状树脂粘合型磁体的生产方法，其中为了使磁粉和树脂的熔融混合物通过加热而硬化，加热硬化时圆筒形磁体的外周用模筒固定，内周用充气膨胀的弹性材料固定。

(13) 一种树脂粘合型磁体的生产方法，其中上述发明的熔融混合物的组成包含磁粉、有机树脂和添加剂。

(14) 上述(12)或(13)中的树脂粘成型磁体的一种生产方法,其中上述弹性材料为硅橡胶。

(15)一种包含磁粉和有机树脂的树脂粘成型磁体的生产方法,其中稀土磁粉先在强于磁粉矫顽磁力的磁场中进行预磁化,然后捏合磁粉和有机树脂的混合物,再在磁场中将捏合后的混合物挤出成型。

(16) 一种树脂粘成型稀土磁体的生产方法,其中上述发明的磁体的组成包含磁粉、有机树脂和添加剂。

(17) 一种用挤出成型法将包含磁粉和树脂的成型原料在加有磁场的模具中成型为树脂粘成型磁体的生产方法,其中在成型时对模具施加一个轻微的振动。

(18) 一种树脂粘成型稀土磁体的生产方法,其中上述发明的磁体的组成包含磁粉、有机树脂和添加剂。

(19). 一种包含磁粉和树脂的树脂粘成型磁体,其中上述磁粉的平均粒度 r 满足:

$$r \leq 0.1t (t \leq 1 \text{毫米})$$

t 为包含所述磁粉和树脂的各向异性树脂粘成型磁体的成型件的厚度。

(20) 一种树脂粘成型稀土磁体,其中上述发明的磁体的组成包含磁粉、有机树脂和添加剂。

(21) 一种包含磁粉和树脂的树脂粘成型磁体的生产方法,其中上述磁粉的平均粒度 r 满足

$$r \leq 0.1t (t \leq 1 \text{毫米})$$

其中 t 为包含所述磁粉和树脂的各向异性树脂粘成型磁体的成型件的厚度,磁体是用置于磁场中的模具用挤出成型法生产的。

(22) 一种树脂粘成型稀土磁体的生产方法,其中上述发明的

磁体的组成包含磁粉、有机树脂和添加剂。

(23) 一种用注入成型法或挤出成型法将磁粉和有机树脂的混合物成型为树脂粘成型磁体的生产方法，其中将上述磁粉和有机树脂的混合物加热，使其粘度 η 满足

$$\eta \leq 8 \times 10^3 \text{ 泊 (剪切速度} \approx 10000 \text{ 秒}^{-1}\text{)}$$

然后将其放入捏合机中制成一种复合体。

(24) 一种树脂粘成型磁体的生产方法，其中上述发明的磁体的组成包含磁粉、有机树脂和添加剂。

(25) 上述(23)和(24)的发明中的一种树脂粘成型磁体的生产方法，其中磁粉的表面涂(镀)有金属膜或陶瓷。

(26) 一种薄板形树脂粘成型稀土磁体的生产方法，其中将包含磁粉和有机树脂的成型原料通过一个模具而挤出成型为圆筒形磁体，然后从所述圆筒形磁体外周上的一点或几点沿着与成型件中心轴平行的方向切割，再把切开的成型件展开做成薄板形。

(27) 一种树脂粘成型磁体的生产方法，其中上述发明的成型原料的组成包含磁粉、有机树脂和添加剂。

(28) 上述(26)和(27)的发明的树脂粘成型磁体的一种生产方法，其中挤出成型的圆筒形磁体的外径 D 和内径 d 满足关系式

$$0.75 \leq d/D < 1。$$

(29) 一种薄板形树脂粘成型稀土磁体的生产方法，其中将包含磁粉和有机树脂的成型原料通过加有磁场的模具而挤出成型具有沿直径方向的径向异向性的圆筒形磁体，然后由所述圆筒形磁体外周上的一点或几点沿与成型件中心轴平行的方向切割，再将切开的成型件展开成薄板形。

(30) 一种树脂粘合型磁体的生产方法，其中上述发明(29)的成型原料的组成包含磁粉、有机树脂和添加剂。

(31) 上述发明(29)和(30)中的一种树脂粘合型磁体的生产方法，其中挤出成型的圆筒形磁体的外径(D)和内径(d)满足关系式

$$0.85 \leq d/D < 1。$$

(32) — (41)是限定了本发明的磁粉、有机树脂和添加剂的生产方法。

关于能用于本发明的磁粉，可列举出铁氧体系磁粉和所谓的稀土磁粉，如由稀土金属和过渡金属，主要是钴和铁作为基本成分而组成的磁粉，或是由稀土金属、过渡金属，主要是铁和硼作为基本成分而组成的磁粉等。

关于可用于本发明的有机树脂，可以是热塑性树脂或热固性树脂。热塑性树脂的例子有聚酰胺、聚丙烯、聚碳酸酯、聚苯硫(PPS)等塑性树脂，氯化聚乙烯、乙烯醋酸乙烯共聚物(EVA)等弹性树脂以及合成橡胶。

热固性树脂的例子有乙烯族不饱和聚酯树脂、环氧树脂等。

关于添加剂，可以用金属脂肪酸盐(硬脂酸锌、硬脂酸钙)、蜡等润滑剂以减小成型时的挤出阻力，上述可交联的热固性树脂也可用能加速交联反应的过氧化物等作为添加剂。

如有必要，将磁粉和有机树脂及添加剂充分混合，然后将该混合物放进加热到可使有机树脂熔融的温度以上的捏合机中充分捏合，并制成颗粒。将颗粒化的磁性组合物放入挤出机中，在筒内加热使之处于流化状态并用螺杆或柱塞送入模具。注入模具中的磁性组合物在经过

加有磁场的模具中时通过将原料中磁粉的易磁化轴定向到磁场的方向而成型。当磁性组合物处于模具中形成的磁场中时经过冷却固化而被挤出。然后将成型件切割成合适的长度。当采用可交联的有机树脂作为粘合剂时，切开的成型件去磁后，经过加热或照射（ γ 射线、电子束等）就达到有机树脂的交联，这样就生产出了树脂粘成型磁体。

此外，通过在芯轴前端施加与成型时加在模具中的磁场方向相反的磁场而使从模具中挤出的成型件去磁。磁场强度由芯轴和电磁线圈磁轭之间的距离来调节。从模具中挤出的成型件也可通过让其通过去磁电磁线圈而施加衰减磁场而去磁。这样就制成了圆筒形树脂粘成型磁体。

此外，本发明可用来加速磁粉的定向、改善磁性质和减少成型时的挤出阻力，同时，通过使用超声振荡器或机械振动如振荡器，它对提高成型速度也是有益的。

本发明通过用各向异性树脂粘成型磁体成型件的厚度来限定磁粉的平均粒度，并用挤出法使磁体成型，就能成型薄厚度的各向异性磁体而无需后加工，同时，也能成型出高性能的磁体。

此外，本发明可以防止磁粉表面涂膜的剥离和改善磁体的抗氧化性，该磁体的成型方法是，在捏合前将磁粉和树脂的混合物加热，使混合物的粘度为 300×10^3 泊或更低，然后将其进行捏合，以便将熔融态的树脂吸附在磁粉表面上，因而消除了机械应力。

其次，为了制作薄板形磁体，由圆筒形成型件周边上的一点或几点沿与成型件中心轴平行的方向切割。然后用双轴挤压机等设备将上述切开的成型件加工成薄板状。然后将成型件冷却固化，并切成合适的长度。

另一种方法是将挤出的圆筒成型件切成合适的长度后，由成型件周边上的一点或多点沿与成型件中心轴平行的方向切割。将切开的成型件加热。当成型件的粘度下降后再将其展开成薄板形。

如上所述，从可靠性观点看，本发明的磁体优于传统的磁体。在传统磁体中要把多个磁体粘接起来。此外，利用本发明的生产方法：

(1) 能以高生产率和低成本生产具有高磁性能的圆筒形树脂粘复合型磁体。

(2) 由于切割时使用电阻加热丝来切割挤压出的树脂粘复合型磁体，不会有过剩的力或振动施加到磁体上，所以就有可能切割脆性很强的未硬化磁体和薄磁体而不产生裂缝和破裂。

(3) 能进行低成本大批量热固处理操作，操作变得容易，而且，圆筒形树脂粘复合型磁体的尺寸精度也可得到改善。

(4) 虽然在成型时难以得到强磁场，但它对成型在直径方向具有径向异向性的圆筒形磁体有显著效果。

(5) 它可广泛用于磁传感器、编码器、驱动机构以及要求小型化、精密和高性能的线性驱动机构。

本发明通过用各向异性树脂粘复合型磁体成型件的厚度来限定磁粉的平均粒度，并用挤出法使磁体成型，就能成型薄厚度的各向异性磁体而无需后加工，还能成型高性能磁体。

本发明通过加热使磁粉和树脂的混合物的粘度达到 300×10^3 泊或更低，使熔融态的树脂吸附在磁粉的表面，再将其捏合，所以能够通过消除机械应力来保护磁粉表面的涂膜并改善成型磁体的抗氧化性。

实例

本发明用下述实例详细解释。

实例1

将原料熔融使其组成为钐(钴0.672 铜0.08 铁0.22 锆0.028)8.35,经浇铸后,所得的铸块通过热处理进行磁硬化,再将所述铸块粉碎而制得平均粒度为10微米的磁粉。

取92%(重量)的磁粉、7.9%(重量)的尼龙12粉和0.1%(重量)的硬脂酸锌粉进行混合。

该混合物在260℃用双轴挤压捏合机进行捏合。

将捏合料做成外径为1-10毫米的颗粒,用它作为原料复合体111,用挤出机制成圆筒形磁体。

按图1来说明成型方法。成型机的组成为:装料漏斗即加原料区101、圆筒102、螺杆103、用来往圆筒102上安装模具的连接法兰104、模具105、螺杆的驱动马达(在图中未画出)和一个位于模具105外面用来在模具内施加磁场的电磁线圈109。

由磁性材料组成的磁轭110安装在电磁线圈109的外围。

将上述颗粒原料复合体装入挤出机。

将原料复合体111在圆筒102中加热到260℃使之成流化状态,使它通过模具105。模具结构示于图2。

模具由外模201和芯轴202组成。虽然外模是用非磁性材料制成的,但在其前端安装有一个诱导磁流的环状外模区磁性材料201a。芯轴202也是用非磁性材料制成的,在其前端也安装了一个芯轴区磁性材料202a。

当电流流过安装在模具外面的电磁线圈109时,产生的磁流就沿

着在图中用箭头表示的磁流H方向流动，因为它倾向于通过具有高导磁率的磁性材料。因此，在芯轴202的前端202a和安装在外模201中的环状磁性材料外模201a之间的空间（以后称为定向区）产生辐射状磁场。所以，当磁性组合物通过定向区时，随着磁粉定向的进行而成型。

在本实例中，成型磁场为 15×10^3 奥斯特，成型时模具的温度为 250°C ，在模具的出口区用强迫气冷进行冷却。

因此，已定向的原料复合体经挤出并在模具出口冷却固化而成型。成型件的尺寸为外径32毫米，内径30毫米，长度切成22毫米。制成的成型件的磁性质为

$$B_r \text{ (残留磁通量密度)} = 5.8 \times 10^3 \text{ 高斯}$$

$$(BH)_{\text{最大}} \text{ (最大能量积)} = 7.3 \times 10^6 \text{ 高斯} \cdot \text{奥斯特}$$

将这样制出的磁体安装在25台直流电机上，并做了连续运转500小时的试验，为试验1。

试验2作为一个比较例，用具有相同组成的原料在磁场中用注入法成型出外径为32.5毫米、内径为30毫米、长度为6毫米的圆筒形磁体。所得成型件的磁性质为

$$B_r = 5.7 \times 10^3 \text{ 高斯}$$

$$(BH)_{\text{最大}} = 7.0 \times 10^6 \text{ 高斯} \cdot \text{奥斯特}$$

将4片磁体用环氧树脂型粘接剂粘接，再切削加工成外径为32毫米、长度为22毫米的成品。

和试验1相同，将这些磁体装配在25台直流电机上，并进行500小时的连接运转试验。试验结果列于表1。

表 1

	试验用直流电机 (台)	呈现性能恶化的直流电机 (台)
试验 1 (实例)	25	0
试验 2 (比较例)	25	2

表 1 中，电机呈现出性能恶化的情况为：由于粘接磁体的粘接面脱落造成磁通量不足而导致电机停转或者扭矩下降。

所以，应用本发明的磁体，可使电机的可靠性得到改善。

实例 2

将组成为镍/13、铁/82.7、硼/4.3 的原料熔融并浇铸，并利用淬火机和滚条机在氩气气氛中把所得铸块制成淬火条状物。将淬火条状物粗粉碎，装入模中，在 700-800℃ 的氩气气氛中施加 20 千克/毫米² 的压力进行短时间高温冲压成型。压实件的密度几乎是 100%。

压实件在 700-800℃ 的氩气气氛中在与第一次冲压方向垂直的方向上用 10 千克/毫米² 的压力再一次进行高温冲压成型（即进行模缩锻处理）。

将得到的大块磁体粉碎成平均粒度为 20 微米的磁粉。

将磁粉与树脂粉及作为添加剂的硬脂酸钙粉和二氧化硅粉混合，树脂粉包含双酚 A 型环氧树脂、酚醛型环氧树脂和乙烯基丁缩醛-乙烯醇共聚物。

该混合物的比例为：磁粉 90.3%、树脂粉 9.1%、添加剂 0.6%

(重量)。

该混合物用双轴型挤压机于90℃下捏合，再将捏合后的混合物制成外径为1-10毫米的颗粒作为原料复合体，用和实例1相同的挤出机成型为圆筒形磁体，去磁后进行切割和烘烤。

成型件的尺寸为外径22毫米、内径21毫米，成型磁场的强度为 14×10^8 奥斯特。所得成型件的磁性质为：

$$Br = 6.6 \times 10^8 \text{ 高斯,}$$

$$(BH)_{\text{最大}} = 9.8 \times 10^6 \text{ 高斯} \cdot \text{奥斯特}$$

因此，本发明的生产方法即使使用可交联的热固性树脂也能获得高性能的磁体。

实例3

用和例1相同的组成和方法制备平均粒度为10微米的磁粉。

该磁粉的矫顽磁力 iH_c 为 8×10^3 奥斯特，称为磁粉A。

平均粒度为20微米的另一种磁粉的组成和制备方法均和实例2相同。该磁粉的矫顽磁力 iH_c 为 12×10^3 奥斯特，称为磁粉B。

将粉A、尼龙12粉和硬脂酸锌粉分别以92%、7.9%和0.1% (重量)的比例混合在一起。

粉B也和上述的树脂粉及添加剂分别以91%、8.8%和0.2(重量)的比例混合。

将这些混合物用双轴挤压捏合机在260℃下捏合，再将捏合后的混合物制成外径为1-10毫米的颗粒作为原料复合体111，用图1所示的挤出成型机和实例1中说明的方法成型为圆筒形磁体。

成型方法和实例1的方法相同，模具结构也和实例1中说明的图2相同。

如果电流流入安装在模具外部的电磁线圈，则产生的磁力线将以图中的箭头H方向流动，因为磁力线倾向于流过具有高导磁率的磁性材料。

结果在芯轴的磁性材料202a与安装在外模上的磁性材料环201a之间的定向区产生了径向磁场。因此，当磁性组合物通过定向区时，就随着磁粉定向的进程而被成型。

此外，在芯轴的前端与线圈磁轭110之间的空间产生了与定向区的磁场反向的磁场。所以，通过调整芯轴与磁轭110之间的距离使此空间的磁场具有合适的强度，便可达到成型件的去磁。

该实例中的成型磁场为 14×10^8 奥斯特，成型时模具的温度为 250°C ，在模具出口区采用强制气冷进行冷却。

在上述条件下，定向的原料复合体111通过挤压并在模具的出口冷却固化而成型。去磁磁场强度被调节到与成型件中磁粉的矫顽磁力 1Hc 几乎相同。

成型件的尺寸为外径30毫米、内径29毫米。表2列出了几个试验的表面磁通量密度，其中，试验3和4进行了去磁处理，试验5和6未进行去磁。

表 2

		粉末	表面磁通量密度(高斯)
试验3	实例	A	20
试验4	实例	B	35
试验5	比较例	A	150
试验6	比较例	B	220

实例4

用与实例1同样的组成和步骤制备平均粒度为10微米、矫顽磁力 H_c 为 8×10^8 奥斯的磁粉。此磁粉末称为粉末A。

另一种磁粉用与实例2同样的组成和步骤制备，其平均粒度为20微米，矫顽磁力 H_c 为 12×10^8 奥斯特。此粉末称为粉末B。

与实例3相同，将粉末A与尼龙12粉末和硬脂酸锌粉混合，它们的比例分别为92%、7.9%和0.1%（重量）。

粉末B也与前述的树脂粉和添加剂混合，它们的比例分别为91%、8.8%和0.2%（重量）。

这些混合物在260℃用双轴挤压捏合机进行捏合。将捏合后的混合物制成外径为1-10毫米的颗粒作为原料复合体，并用挤出成型机成形出圆筒形磁体。

按图3解释成型方法。

图3中的挤出成型机由与图1的挤出成型机相似的结构组成，一电磁线圈109位于模具外面，用来在模具内施加磁场，但有一点不同，即去磁电磁线圈是安装在线圈109之前。

将上述颗粒原料复合体111填入挤出成型机中。在筒体102中加热到260℃使原料复合体111成流化态，并通过模具105。模具的结构与实例1中解释的相同。根据本发明，当磁性组合物通过定向区时，它就与实例3一样随着磁粉的逐渐定向而被成型。

该实例中，用于成型的磁场还是 14×10^8 奥斯特，成型时的模具温度为250℃，通过对模具出口区进行强制气冷而进行冷却。定向后的原料复合体111通过挤压并在模具出口处冷却固化而成型。

去磁是通过产生去磁磁场而进行的，该去磁磁场是通过接通电磁

线圈 113 的衰减脉冲电流而产生的。去磁磁场强度为 30×10^3 奥斯特，衰减速度为 800 毫安/秒。在电磁线圈 113 中每隔 15 秒产生一次磁场，去磁是连续进行的。成型件的尺寸为外径 30 毫米，内径 29 毫米。几个试验中成型件的表面磁通量密度列于表 3，其中试验 7 和 8 进行去磁处理，而试验 9 和 10 未去磁。

表 3

		粉末	表面磁通量密度 (高斯)
试验 7	实例	A	10
试验 8	实例	B	15
试验 9	比较例	A	150
试验 10	比较例	B	220

从上表可明显看出，应用本发明的方法，残留在成型件上的表面磁通量密度可降至原来的 6-7%。因此，在切割等步骤中的加工能力大大改善。

实例 5

按照所要求的体积比称取与实例 1 和 2 相同组成的磁粉 A 或 B 及树脂 a (热固性环氧树脂) 或树脂 b (热塑性树脂尼龙 12) 并混合。将该混合物装入辗压机，并使其反复通过双辊辗压机的缝隙进行捏合而制备出片状复合体。

当使用树脂 a 时，混合物的捏合温度为 90°C ；使用树脂 b 时的捏合温度为 250°C 。

然后，将该复合体破碎成小颗粒，并把它们装入螺杆型挤出成型机中，通过一圆筒形模具挤出成型。

用树脂a时，挤出成型机的筒体温度为130℃，用树脂b时，筒体温度为250℃。对每一情况，模具温度都和成型温度相同。

挤出速度为1毫米/秒。

以成型组合物的固化温度来设定模具的出口温度。该温度由于加工方法不同而有差别。

树脂a用于方法1和2，方法1是在模具出口冷却固化的方法，方法2则为在模具前端加热硬化的方法。方法3是利用树脂b在模具出口冷却固化的方法。生产出的磁体用表4所示的方法进行切割。

表 4

切割方法

切割方法1	用热金属丝熔化切割
切割方法2	用闸刀式剪切机系统切割
切割方法3	用旋转锯齿系统进行切割

其中，切割方法1是本发明的一种切割方法，该方法将一电流通过直径为0.2毫米的铜镍合金丝，靠电阻加热后再与磁体接触，该磁体由于受热熔化而被切割。

表5列出了用这些方法生产的磁体的切割结果。

表 5

	<u>方法1</u>	<u>方法2</u>	<u>方法3</u>
切割方法1	优	良	优
切割方法2	差	差	差
切割方法3	一般	优	优

在该试验中，被切割的磁体是圆筒形磁体，其外径为30毫米，内径为29毫米，磁粉所占的体积比为60%。

虽然使用不同的磁粉 A 和 B，却得到相同的结果。

在方法 1 - 3 的磁体中，方法 1 的磁体是最难切割的样品，这是因为该磁体最脆。表 5 清楚地表明，切割方法 1 和 3 可用来切割这些磁体。切割方法 2 则不行。

实例 6

其次，当成型的磁体厚度改变时，切割得到的结果列于表 6。

此时，所用的磁体是由方法 1 制备的外径为 30 毫米的圆筒形磁体。使用磁粉 A 或 B 都得到相同的结果。

表 6

	厚度 (毫米)				
	<u>1.0</u>	<u>0.7</u>	<u>0.5</u>	<u>0.1</u>	<u>0.05</u>
切割方法 1	良	优	优	优	优
切割方法 3	优	良	一般	差	差

挤出成型法的特点之一就是可成型薄磁体。因此，切割薄磁体是非常重要的。

在切割方法 3 中，如果磁体的厚度等于或小于 0.5 毫米时，则很难被切割。当厚度为 0.1 毫米时，由于形成裂纹而不可能被切割。

另一方面，在切割方法 1 中，由于在切割步骤没有过剩的应力加到磁体上，因而能切割薄磁体。

因此，很明显，热丝熔化切割法是一优越的切割方法。

实例 7

当改变磁粉的体积比时的切割结果列于表 7。

此时，被切割的磁体是由方法 1 制备的圆筒形磁体，其外径为 30 毫米，内径为 29 毫米。所用的磁粉为磁粉 A。

表 7
磁粉的体积比 (%)

	<u>60</u>	<u>65</u>	<u>68</u>	<u>70</u>	<u>72</u>
切割方法 1	优	优	优	优	良
切割方法 2	一般	一般	差	差	差

随着磁粉的体积比增加，树脂的体积比相应减少，树脂对磁粉的粘接强度也随之下降。

因此，成型的磁体随磁粉量增加而变脆。这种趋势在用方法 1 生产的未硬化磁体中很显著。随着磁粉的体积比增加，磁体的磁性能得到改善，所以即使磁粉体积比大也能进行切割这一点是非常重要的。

用切割方法 3 不能切割磁粉体积比增加的磁体。

另一方面，用切割方法 1 甚至能切割磁粉体积比高达 72% 的磁体。因此，由上述结果可见，切割方法 1 是切割挤出成型磁体的一种优越方法。

实例 8

用下列方法生产一未经硬化的圆筒形磁体用于本发明中的硬化装置。

首先，将 60% (体积) 的钕-钴系磁体磁粉与主要为环氧树脂的 40% (体积) 热固性树脂混合，并用滚筒辗压机进行捏合制得一种复合体。

所用的环氧树脂的热塑温度区间在 100-150℃，在该区间其粘度急剧下降，它在 200℃ 下硬化。

然后将制得的复合体粗粉碎，并装入成型机中。

至于成型机，可采用注入成型机和挤出成型机，这里采用挤出成

型机。装填的复合体在成型机中被加热到 $100-150^{\circ}\text{C}$ ，使之呈熔融态，磁粉在模具中被定向。熔融的混合物被冷却固化，经去磁制成未硬化的圆筒形磁体。

该磁体的大小为 外径 32.8 毫米，内径 31.8 毫米，被切成 100 毫米长。

表 8 列出了对前述的未硬化圆筒形磁体的不同硬化方法试验 11-13 的比较。

表 8

	<u>形状</u>	<u>可操作性</u>	<u>成本</u>
试验 11	优	良	良
试验 12	优	一般	一般
试验 13	差	优	优

试验 11 是本发明对圆筒形磁体的硬化方法结果，即未硬化的圆筒形磁体的外周用模筒固定，内周用弹性材料固定。此处弹性材料（以下称为内体）是充气（这里为空气）膨胀的硅橡胶，硬化是在加热炉中进行的。

试验 12 是一常规方法。其中外周用模筒固定，一转动装置连接在模筒上，沿外周方向转动并加热而使之硬化。试验 13 是把圆筒形磁体置于加热炉中，不经固定而硬化的方法。

这里热硬化条件是在于氮气氛中 200°C 下硬化一小时。表中的“形状”是硬化后磁体的形状。

试验 13 中，磁体在硬化后完全变形。因此很明显，在热硬化步骤固定形状是必需的。另一方面，如果固定形状，就几乎保持圆筒形。所以试验 11 和 12 从形状角度看是可用的方法。

可操作性是指装置操作的难易程度和加工大量样品的能力。

试验12中连接转动装置与模筒的操作所花的时间比本发明试验11中插入内体的操作所花的时间要多，并且从成本考虑，试验12由于需要转动装置而花费更大。所以试验11的方法比试验12和13优越。

表9列出用试验11和12的方法热硬化后的尺寸精度。

	<u>平直度</u>	<u>圆度</u>
试验11	0.005	0.01
试验12	0.07	0.04
硬化前	0.08	0.05

(单位: 毫米)

这里试验12的转速为每分钟500转，考虑到成本，这是实际可用的最大转速。

试验1的内体空气压力为1大气压。

为了检验热硬化过程对尺寸的矫正能力，把硬化前的磁体制成尺寸精度稍小的磁体。

从表9可看出，用试验11和试验12这样的加热硬化方法使磁体的尺寸精度得到矫正。

这是因为在试验11中内体中的空气在热硬化气氛中膨胀，它对磁体施加了一个力，因而矫正了处于热塑状态时的磁体尺寸。

至于试验12，由转动引起的离心力也有类似的作用，但用试验11的矫正方法可使尺寸精度进一步改进。

这是由于空气的膨胀力比离心力强，因此可使尺寸矫正效果更好。从尺寸的矫正能力看，本发明试验11的方法也是优越的。

实施 9

使组成与实例 3 中的粉末 A 相同的原料钎 (钴 0.672; 铜 0.08; 铁 0.22; 锆 0.028) 8.35 熔融, 浇铸后制成铸块并进行热处理磁硬化, 再将所述铸块粉碎成平均粒度为 10 微米的磁粉, 该磁粉的矫顽磁力 i_{Hc} 为 10×10^8 奥斯特。

将该磁粉与尼龙 12 粉、硬脂酸锌粉混合, 各组分的比例与实例 3 相同即分别为 92%、7.9% 和 0.1% (重量)。

混合物通过图 4 所示的脉冲磁化装置进行磁化, 所用的磁场强度为 25×10^8 奥斯特。然后在 260°C 用双轴挤压捏合机进行捏合。

图 4 中, 301 是一电磁线圈, 322 是一脉冲电流发生电源, 303 是一调节样品高度的台子, 305 则是原料磁粉。

经捏合的混合物被制成外径为 1-10 毫米的颗粒作为原料复合体, 用图 1 所示的挤出成型机和图 2 所示的模具以上述步骤成型出圆筒形磁体。

在该实例中, 成型时的模具温度为 250°C , 通过在模具出口处进行强制气冷而冷却。

因此, 经定向的原料复合体经挤出并在模具出口处冷却固化而成型。

成型件的尺寸为外径 3.3 毫米, 内径 3.2 毫米。

图 5 显示了成型前的原料磁粉磁化与不磁化时残留磁通量密度 (B_r) 随成型磁场的变化的对比。

从图 5 可见, 通过在成型前对磁粉进行磁化, 即使成型磁场强度很低, 也可制得具有高 B_r 即高度定向的磁体。

此外, 就用高矫顽磁度 (约 15×10^8 奥斯特) 成型的磁体性能而

盲，经过磁化的显示出较高值，可见在成型前对磁粉进行磁化有更大的作用。

实例 10

使组成为钐 0.5 镨 0.5 (钴 0.672 铜 0.08 铁 0.22 锆 0.028) 8.35 的原料熔融，浇铸后使所得铸块通过热处理进行磁硬化，并粉碎所述铸块得到平均粒度为 10 微米的磁粉。

改变热处理条件，制得两种具有不同矫顽磁力 H_c (分别为 7×10^3 奥斯特和 10×10^3 奥斯特) 的磁粉。

使这些磁粉与尼龙 12 粉和硬脂酸锌粉混合，各组分所占比例分别为 92%、7.9% 和 0.1% (重量)。

将这些磁粉用直流电磁装置进行磁化，然后在 260℃ 用双轴挤压捏合机进行捏合。

将捏合后的混合物制成外径为 1-10 毫米的颗粒作为原料复合体，并用图 6 所示的模具挤出成型为薄板状磁体。

在模具 401 中，当电磁线圈 403 中的电流被接通时，在上下极片 404 之间形成垂直于模具中的复合体通道的磁场。因此，就成型了具有在厚度方向定向的磁粉的薄板状磁体。402 为一加热器。

成型件的尺寸为宽度 60 毫米，厚度 1 毫米。成型时的磁场强度为 12×10^3 奥斯特。

图 7 表明成型前磁化磁场强度与成型件的残余磁通量密度之间的关系。

由图可见，如果成型是在磁场强度比磁粉的矫顽磁力弱的磁场中进行，则成型前的磁化没有作用，但如果成型是在场强比矫顽磁力强的磁场中进行，则成型前的磁化对改善磁性能有作用。

实例 11

将组成为钕 13 铁 82.7 硼 4.3 的原料熔融，并进行浇铸，所得铸块在氩气中用淬火滚条机制成淬火条带。

将淬火条带粗粉碎并填入模中，在氩气中进行短时间高温冲压成型，所用温度为 $700-800^{\circ}\text{C}$ ，压力为 20 千克/毫米²。

所得压实件的密度几乎达到 100%。在垂直于最初冲压方向的方向在氩气氛中再次进行高温冲压成型（即进行模缩锻），所用的温度为 $700-800^{\circ}\text{C}$ ，压力为 10 千克/毫米²。

将得到的整块磁块粉碎，制成平均粒度为 20 微米、矫顽磁力为 12×10^3 奥斯特的磁粉。

将磁粉与树脂粉（由双酚 A 型环氧树脂、酚醛型环氧树脂和乙烯丁缩醛—乙烯醇共聚物组成）及添加剂（硬脂酸钙粉和二氧化硅粉）以 90.3%、9.1% 和 0.6%（重量）的比例混合。

用场强为 35×10^3 奥斯特的脉冲磁化装置磁化该混合物，并在 90°C 下用双辊辗压机捏合该混合物。将捏合后的混合物制成外径为 1—10 毫米的颗粒作为原料复合体，并用与实例 9 相同的挤出成型法成型为圆筒形磁体。

在该实例中，成型时的模具温度为 140°C ，成型时的磁场强度为 8×10^3 奥斯特。

成型件的尺寸为外径 8 毫米、内径 6 毫米。将成型件切成合适的长度，并去磁，然后在 200°C 下烘烤 45 分钟。

表 10 列出了试验 13—15 得到的成型件的磁性质。试验 14 和 15 是对比例，在试验 14 中，样品在成型前不经磁化，成型磁场强度为 8×10^3 奥斯特；在试验 15 中，样品在 15×10^3 奥斯特的成型磁场中成

型，但模具前端的定向区被缩短了。

表 10

	残留磁通量密度 (高斯)	最大能量积 (高斯·奥斯特)
试验 13	7.0×10^3	10.4×10^6
试验 14	4.3×10^3	3.5×10^6
试验 15	5.1×10^3	4.9×10^6

从表 10 可清楚看出，在比较例试验 14 中几乎没有观察到定向，所得到的磁体仅显示出与各向同性磁体相近的性能。

相反，在该实例中可获得定向充分的高性能磁体。

在试验 15 中，尽管成型磁场强度高，其磁性也很低。这被认为是由于成型件的圆筒体很细（内径为 6 毫米），所以为了在定向区施加 15×10^3 奥斯特的磁场，就得使定向区的长度变得很短如 1 毫米或更短，因此，成型时磁粉没有获得充分的定向。

所以，在由于受成型件或模具的结构限制而不能获得高强度成型磁场时，本发明的成型方法是非常有效的方法。

实例 12

在本发明中，用与实例 4 同样的组成和步骤制备粉末 A 和 B。将它们与树脂捏合在一起，再将捏合后的混合物制成外径为 1-10 毫米的颗粒作为原料复合体，然后用挤出成型机成型为圆筒形磁体。图 8 简要地说明了成型方法。

图 8 的挤出成型机和图 1 的挤出成型机有相似的构造。但图 8 中在模具的前端安装了四个超声振子（兰杰文型）114，以便产生微振。

将上述的粒状原料复合体 111 填入图 8 的挤出成型机。在圆筒

102中将原料复合体加热到260℃，使之成流化态，并流过模具105。

模具的结构与实例1中解释的图2相同。

在该实例中，在磁性组合物通过定向区被定向的同时磁粉被成型。超声振子产生的微振传送到模具的前端。

该实例中成型磁场为 10×10^8 奥斯特，成型时模具的温度为205℃，通过在模具出口处进行强制气冷而冷却。因而，经定向的原料复合体在模具出口处被冷却固化和挤出成型。成型件的尺寸为外径25毫米，内径23毫米。

表11显示了成型件因成型速度不同所表现的磁性能差别。其中，试验16和17应用了微振，而试验18和19则没有应用微振。

表 11

	粉末	最大能量积 (10^6 高斯·奥斯特)	成型速度 (毫米/秒)
试验16	A	7.5	2.5
试验17	B	10.2	2.0
试验18	A	6.7	1.8
试验19	B	8.5	1.5

从表11可见，这些实例对磁性能和成型速度都有改善。这被认为是由于成型时施加微振促进了磁粉的转动，因而改善了定向。

此外，也可以说微振减小了挤出阻力，因而提高了成型速度。比较例中的低磁性是因为成型磁场仅能达到 10×10^8 奥斯特而使磁粉没有得到充分的定向。

所以，在因模具或成型件的形状而不能获得高强度成型磁场的情况下，本发明的成型方法是特别有效的方法。

实例 13

表 12 表明，用挤出成型法、冲压成型法和注入成型法而不经后加工，能成型多大的厚度。

表 12

成型方法	厚 度 (毫 米)				
	1.0	0.9	0.7	0.1	0.01
挤出成型	P	P	P	P	P
冲压成型	P	P	I	I	I
注入成型	P	P	I	I	I

P = 可能

I = 不可能

这里所制得的磁体是环状的，其外径为 30 毫米，成型的厚度如表 12 所示。

所用的磁粉是钐-钴系稀土磁粉；尼龙 12 树脂被用于挤出成型法和注入成型法中，而冲压成型法则用环氧树脂。

在挤出成型法和注入成型法中，磁粉和树脂的混合比例为 90%:10% (重量)，在冲压成型法中则为 98%:2% (重量)。

从表 12 可知，当用冲压成型法和注入成型法时，如果磁性成型件很薄，则无法进行成型。这是由于如果厚度很薄，冲压成型法就难于将磁粉填入空腔中；同样，在注入成型法中，也由于难于将磁粉和树脂的熔融混合物注入空腔中而不能成型。

另一方面，用挤出成型法可成型薄磁体，这是因为该法是通过磁粉和树脂的熔融混合物连续流动并逐渐凝聚该熔融混合物而成型的。因此很明显，挤出成型法对于成型厚度为 1 毫米或更小的薄磁体是有

效的方法。

实例 14

表13表明改变磁粉颗粒大小对成型薄的径向磁体的影响。

所成型的磁体是一用挤出法成型的环形磁体，其厚度为0.5毫米，外径为32.8毫米，内径为31.8毫米。

所用的复合体含60%磁粉和40%（体积）尼龙12树脂。

磁粉是组成为钐（钴0.672铜0.08 铁0.22 锆0.028）8.35的稀土磁粉，对试验20-24 及对比例试验25-27 调节磁粉的平均粒度 γ ，结果示于表13。

如表13所示，改变磁粉平均粒度 γ 改变了成型磁体的磁性能。当磁粉的平均粒度 γ 变小时，磁体的磁性能可得到改善。

并且，当平均粒度 γ 不超过磁体成型件厚度的十分之一时，得到充分的磁性能。

但当平均粒度 γ 不小于磁体厚度的1/10时，磁性能很低。

表 13

试验号	粒度 〔微米〕	残留磁通量密度 〔高斯〕	最大能量积 〔高斯·奥斯特〕
20	50	5.88×10^3	7.5×10^6
21	20	5.95×10^3	7.8×10^6
22	10	6.18×10^3	8.1×10^6
23	1	6.33×10^3	8.5×10^6
24	0.1	6.16×10^3	8.0×10^6
25	70	5.60×10^3	6.5×10^6
26	100	5.01×10^3	5.2×10^6
27	150	4.70×10^3	4.5×10^6

得到上述结果的原因是，在挤出成型中，磁粉与树脂的熔融混合物中的磁粉在流过模具通道时在加有磁场的区域被定向，成型件在模具中保持原形状经冷却固化后被挤出模具。所以，在与模具接触区熔融混合物受到摩擦力。因此，尽管磁粉在模具中已被定向，但在熔融混合物和模具接触的表面，磁粉的定向也会因冷却固化过程中产生的摩擦力而变得无序。

当成型薄板形磁体时，定向无序层的效应变得很突出，该层的厚度还与磁粉粒度有关，因而，平均粒度影响着磁体的磁性能。

由表13可见，要减少这种影响，磁粉最合适的平均粒度 r 为磁体成型件厚度的 $1/10$ 或更小。

实例15

将组成为钨14 铁81 硼5的合金在一坩埚中熔融，用熔堆法快速冷却制成薄片。

将此薄片粉碎成平均粒度为35微米，再按表14列出的方法进行处理。

表 14

处 理

处理1	镀钴-磷-铬
处理2	涂二氧化硅

处理1是将粉碎后的磁粉放入盛有经氨还原的次磷酸钠的碱性镀钴槽中，镀钴-磷。然后再把磁粉放入重铬酸钾溶液中进行铬盐处理，在磁粉表面形成镀钴层。

处理2是将摩尔比为大约4 : 1的纯水（用盐酸调节其pH值）和四甲氧基硅烷混合物加乙醇水解，分解并再加入表面活性剂后，加

入磁粉并搅拌预定的时间。

然后从溶液中分离出磁粉并干燥，再进行热处理而在磁粉上形成二氧化硅薄膜。

经表面处理，磁粉与树脂以60%和40%（体积）的比例称重并混合，混合后再放入捏合机中进行捏合，制成复合体。

这里所用的捏合机是一滚动研磨机。此外，使用了两种树脂。一种是树脂a，是主要含热固型环氧树脂的共聚物，另一种是树脂b，是热塑性聚酰胺树脂（尼龙12）。

将制得的复合体粉碎后，用注入成型机或挤出成型机进行成型。在使用树脂a时，成型件在成型后被加热以使树脂固化。

首先，在总过程的每一步骤前后采样以确定其复盖率，从而检查薄膜在哪一步骤易脱落。

这里使用的磁粉是经镀膜处理的磁粉，镀层厚度为1微米，用挤出成型机进行成型。结果列于表15。

树脂a和b结果相同。

表 15

<u>步 骤</u>	<u>复盖率 (%)</u>
混合前	100
混合后（捏合前）	95
捏合后（粉碎前）	50
粉碎后（成型前）	48
成型后	46

从表15可见，在捏合前后之间，薄膜复盖率急剧下降。在其他步骤中，复盖率下降很少，其原因被认为是涂膜受到混合树脂的保护，

尤其是在捏合后。

另一方面，在捏合前，固态树脂和磁粉仅仅是混合，树脂对涂膜不起保护作用。因此，在捏合过程中磁粉因受到很强的应力，致使涂膜脱落。

因此，在捏合前加热磁粉与树脂的混合物，然后再进行捏合。表 16 列出捏合后的复盖率，捏合前先在不同温度下加热。

试验 28-33 所用的磁粉是经镀膜处理的，镀膜厚度为 1 微米，试验 34 用的是涂盖二氧化硅的磁粉。

这里所用的树脂 a 是一热固性树脂。捏合后的复盖率是在假定捏合前混合后复盖率为 100 的情况下计算的，粘度是指混合物在指定加热温度下剪切速率为 1000 秒^{-1} 时的粘度。

表 16

	温度 [°C]	粘度 [10^3 泊]	复盖率 [%]
试验 28	室温	-	50
29	50	500	50
30	75	300	74
31	85	180	90
32	100	70	94
33	120	10	98
34	50	500	60
35	75	300	85
36	85	180	93
37	100	70	98
38	120	10	98

表16表明，加热的混合物会有粘性。显然，混合物加热到具有某一粘度值后再捏合时，复盖率得到改善。虽然由于镀层的粘合性弱，在同一条件下镀层者复盖率比二氧化硅涂层者低，但当粘度等于或小于 300×10^3 泊时，镀层得到足够的保护，复盖率也得到改善。

获得上述结果的原因被认为是，当放入捏合机中的混合物没有得到足够的加热时，滚子的应力使得薄膜在捏合过程中脱落，当混合物达到一定的粘度时，这种影响得到缓和。

下面研究用本发明生产方法制得的磁体的抗氧化能力。表17列出本实例试验39和40的结果以及比较例试验41和42的结果。

表 17

	表面处理	抗氧化能力
试验39	处理2	A
40	处理2	A
41	处理1	C
42	处理2	B

A = 优

B = 良

C = 差

比较例试验41和42是在捏合前不经加热而进行捏合的情况，本实例试验39和40是在加热至粘度为 100×10^3 泊时再进行捏合。

抗氧化能力是在将样品置于恒温恒湿箱(80C, 95%)中保存100小时后测定的结果。

显然，在捏合前进行加热处理可使抗氧化能力得到提高。

实例 16

使组成为钐 (钴 0.672 铜 0.08 铁 0.22 锆 0.028) 8.35 的原料熔融、浇铸。得到的铸块通过热处理进行磁硬化，然后粉碎得到平均粒度为 10 微米的磁粉。

该磁粉与尼龙 12 粉和硬脂酸锌粉分别以 92%、7.8% 和 0.1% (重量) 的比例混合。

然后在 260℃ 下，混合物用双轴挤压捏合机进行捏合。捏合后的混合物制成外径为 1-10 毫米的颗粒作为原料复合体，并用挤出成型机成型为圆筒形磁体。

按图 10 来说明成型方法。

如图 10 所示，挤出成型机由进料斗 101 (加料区)、圆筒 102、螺杆 103、法兰 104 (用来将模具安装到圆筒区 102 上)、模具 105 以及用来驱动螺杆的电机 (未在图中画出) 组成。

把上述颗粒原料复合体 111 装入挤出成型机中。在 260℃ 于圆筒 102 中加热原料复合体 111 使之成为流化态，并使之通过模具 105。

在本实例中，模具在成型时的温度为 250℃，在模具出口区进行强制气冷而冷却。制得的成型件的尺寸为外径 33 毫米、内径为 32 毫米。

成型件用图 11 所示的装置制成薄板状。

图 11 是一俯视图。由模具 105 中挤出的圆筒形成型件 112 被切成上下等同的两部分，所用的切割机 501 安装在模具 105 的前面，被平分的成型件在两套位于切割机 501 下游的双滚筒 502 之间通过，被成型为薄板状磁体。

然后将薄板状磁体 503 的端面切成所要求的尺寸。成型件的尺寸

为宽度50毫米、厚度1毫米。所得成型件的磁性质列于表18中。

比较例的薄板状成型件是用模具挤出成型的，此模具通常用于薄板状塑料的挤出成型。此成型件的磁性质由试验44给出。

所用的原料复合体是与实例试验43相同的磁粉、尼龙12粉和硬脂酸锌粉，将它们分别以91.5%、8.3%和0.2%（重量）的比例混合，并捏合，制粒，成型，以测定磁性。成型件的尺寸与试验43相同。

表18列出了本发明（试验43）和比较例（试验44）的成型性和磁性质。

表 18
最大能量积 成型性
(10⁶高斯·奥斯特)

试验43(实例)	2.5	良
试验44(比较例)	2.4	一般

从表18可见，实例试验43和比较例试验44中的磁性无明显差别，可成型出其磁性能等于或优于由常规成型法得到的磁体的磁体。

另一方面，从成型性看，比较例试验44难于获得稳定的成型而且废品率很高。此外，比较例试验44中使用的模具制造成本大约比实例试验43高3倍，而且比实例中的模具和冲压装置的总成本还要高。因此，采用本发明的成型方法，可高产率地制造高性能的薄板状树脂粘台型稀土磁体。

实例 17

将组成为钕14(铁0.95 钴0.05) 80.5硼5.5的原料熔融并浇铸，并在氩气氛中用淬火机及滚条机由所得铸块制成淬火条状物。

粉碎淬火条状物得到平均粒度为20微米的磁粉。

将该磁粉与含有双酚A型环氧树脂、酚醛型环氧树脂和乙烯丁缩醛-乙醇共聚物的树脂粉及添加剂硬脂酸钙粉和二氧化硅粉分别以90.3%、9.1%、0.4%和0.2%（重量）的比例混合。

混合物在90℃下用双辊碾磨机捏合。将捏合后的混合物制成外径为1-10毫米的颗粒作为原料复合体，并用上述实例16的图10所示的挤出成型机成型为圆筒形磁体。

将成型件切成合适的长度后由成型件周边上一点沿与其中心轴平行的方向进行切割。

成型件在图12所示的冲压装置中压成薄板状的同时，在200℃烘烤45分钟。

图12所示的冲压装置通过按箭头所示的方向向下移动位于上方的压板601而冲压出成型件。成型件603的厚度由垫片602调节。

将冲压装置放在加热炉中加热，将上述成型件放在压板601上。

当成型件的粘度下降时进行冲压使其成为薄板状，并进一步加热使成型件中的有机树脂交联。

最后，切割成型件的边缘，制得所需尺寸的薄板状磁体。表19列出试验49-53的薄板状成型件的磁性质及表面状况，这些试验中，挤出成型件的尺寸各不相同。

表 19

试验号	外径 (毫米)	内径 (毫米)	d/D	最大能量积 (10^6 高斯奥斯特)	表面状况
49	22	22	0.91	5.0	良
50	22	18	0.82	4.9	良
51	22	16	0.73	—	差
52	33	25	0.76	4.9	良
53	33	23	0.70	—	差

表19中，表面状况栏中的“差”是指由于表面形成裂痕而不能作磁体使用。

从表19可见，如果外径(D)与内径(d)的比 d/D 小于0.75，则不能作为磁体用。其原因被认为是，当磁体经处理而制成薄板状时，由于圆筒成型件的厚度相对于外径来说比较大，就由于应力而在表面形成裂痕。

如果 d/D 等于或大于0.75，就不存在磁性质问题。

因此，在本发明的成型方法中，如果 d/D 限制在

$$0.75 \leq d/D < 1,$$

则可生产出高磁性而无缺陷(如裂痕)的磁体。

实例 18

将组成为钐(钴0.672 铜0.08 铁0.22 锆0.028)8.35的原料熔融并浇铸，通过热处理将所得铸块磁固化，然后将铸块粉碎制成平均粒度为10微米的磁粉。

将该磁粉与尼龙12粉和硬脂酸锌粉分别以92%、7.8%和0.2% (重量)的比例混合。

然后，在260℃用双轴挤压捏合机将此混合物进行捏合。将捏合后的混合物制成外径为1-10毫米的颗粒作为原料复合体，用图1所示的挤出成型机成型为圆筒形磁体。

成型方法与实例1相同。

和图1一样，挤出成型机包括进料斗101（即加料区）、筒体102、螺杆103、连接筒体和模具的法兰104、模具105、驱动螺杆的电机（未在图中画出），此外，用来在模具105中施加磁场的电磁线圈109位于模具105的外面。106、107和108是加热器。

将上述颗粒原料复合体111装在挤出成型机中，在260℃于筒体102中加热此原料复合体使之成流化态，并使其通过具有如图2所示结构的模具105。

模具由外模201及芯轴202构成。外模由非磁性材料制成，但在其前端装有环形磁性材料201a以诱导磁流。芯轴202也是由非磁性材料制成的，在它的前端也装有磁性材料202a。

当在装在模具外面的电磁线圈109中接通电流时，所产生的磁流就以图中箭头H的方向流动，这是因为磁流易于在导磁率高的磁性材料中流动。所以就在芯轴前端202a和安装在外模上的磁性材料环201a之间的空间（以下称为定向区）产生一径向磁场。因此，当磁性组合物通过定向区时，它就随着磁粉定向的进行而被成型。

该实例中，用于成型的磁场强度为 15×10^8 奥斯特，成型时的模具温度为250℃，通过在模具出口区强制气冷进行冷却。经定向的原料复合体111在模具出口被冷却固化而挤压成型。圆筒形成型件的尺寸为外径33毫米，内径32毫米。

将成型件切成合适的长度并去磁，然后将其在平行于成型件中心

轴的方向上切成相等的两半，再在 180°C 用图 12 所示的 冲压装置加热而将成型件制成薄板形。

冲压装置通过如箭头所示向下移动位于上部的压板 601 来挤压成型件 603。成型件的厚度用垫片 602 调节。将冲压装置放在与实例 17 相同的加热炉中进行加热，将成型件放在压板上。

当成型件的粘度下降时进行挤压使之成为薄板状。切割其边缘，最后获得要求尺寸的薄板形磁体。成型件的尺寸为宽度 50 毫米，厚度 1 毫米。由试验 54 得到的成型件的磁性质列于表 20 中。

比较例试验 55 是用图 6 所示的模具进行挤出成型的，薄板形成型件的磁性质也列在表中。

所用的原料复合体与试验 54 相同。

在模具中，当在电磁线圈 403 中接通电流时，就在上下极片 404 之间形成垂直于模具中的复合体通道的磁场。因此就可成型出磁粉在厚度方向被定向的薄板状磁体。成型时的磁场强度为 11×10^8 奥斯特。成型件的尺寸与试验 54 的实例一致。

成型性与磁性一起也列在表 20 中。

表 20

	最大能量积 (10^6 高斯奥斯特)	成型性
试验 54 (实例)	7.5	良
试验 55 (比较例)	2.4	一般

从表 20 可看出，虽然采用相同的成型原料，但比较例试验 55 却显示出低磁性。这被认为是由于比较例试验 55 中的模具结构决定了不可能加大用于成型的磁场，因而磁粉定向不充分。

此外，在比较例试验55中非常难以进行稳定的成型，废品率很高。而且，比较例试验55所用模具的制造成本大约比实例试验54所用的模具高3倍，比实例试验54中的模具和冲压装置的总成本还要高。

因此，采用本发明的成型法，高性能薄板状树脂粘合型稀土磁体的生产率可以很高。

实例19

与实例17相似，将一组成成为钕13 铁82.7 硼4.3的原料熔融并浇铸，用淬火和滚条机在氩气气氛里将所得铸块制成淬火条状物。

将淬火条状物粗粉碎并转移到模具中，在氩气气氛、700 - 800℃和20千克/毫米²压力的条件下进行短时间高压冲压成型。

所得的压实件的密度几乎为100%。所得压实件在氩气气氛、700-800℃、10千克/毫米²压力的条件下再次进行高温冲压成型，冲压的方向与第一次冲压的方向垂直（即进行模缩锻）。

粉碎该整块磁体，得到平均粒度为20微米的磁粉。

将该磁粉与含有双酚A型树脂、酚醛型环氧树脂、乙烯基丁缩醛-乙烯醇共聚物的混合物的树脂粉以及添加剂硬脂酸钙粉和二氧化硅粉分别以90.3%、9.1%及0.4%和0.2%（重量）的比例进行混合。

然后，混合物在90℃下用双滚筒型辗压机进行捏合，将捏合后的混合物制成外径为1-10毫米的颗粒作为原料复合体，用图1所示的挤出成型机和图2所示的模具（与实例18类似）成型出圆筒形磁体。

将成型件切成合适的长度并去磁，再由周边上的一点沿平行于成型件中心轴的方向进行切割。在用与实例18相似的冲压装置将成型件压成薄板状的同时，于200℃烘烤45分钟使成型件中的有机树脂

交联。

表 21 列出了用试验 56-61 制备的具有不同尺寸的薄板状成型件的磁性质。

表 21

试验号	外径 (毫米)	内径 (毫米)	d/D	最大能量积 (10^6 高斯奥斯特)
56	22	20	0.91	10.2
57	22	19	0.86	10.0
58	22	18	0.82	8.2
59	33	32	0.97	10.4
60	33	28	0.85	10.1
61	33	25	0.76	7.5

从表 21 可见，若内径 (d) 和外径 (D) 的比 d/D 小于 0.85，则磁性恶化。这被认为是由于圆筒成型件的厚度与外径相比比较大，把它做成薄板状时磁粉的定向会发生紊乱。因此，在本发明的成型方法中，当 d/D 局限于

$$0.85 \leq d/D < 1$$

时即可生产出具有高磁性能的磁体。

图 1

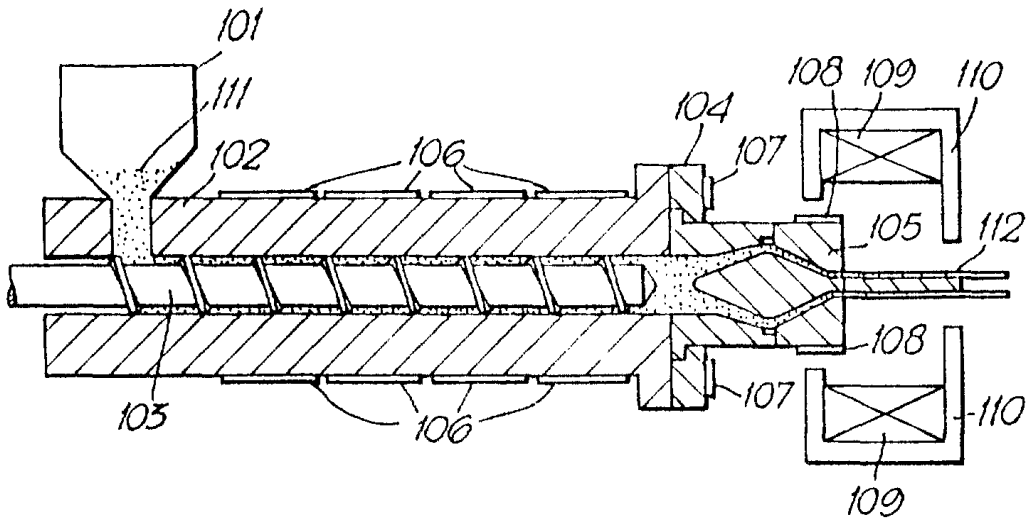
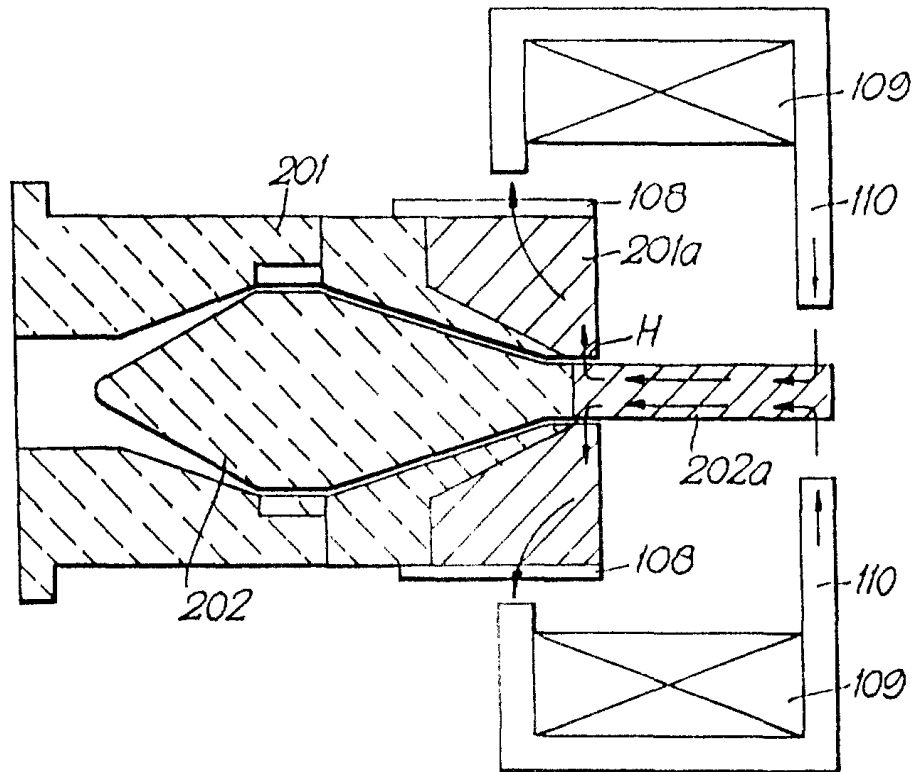


图 2



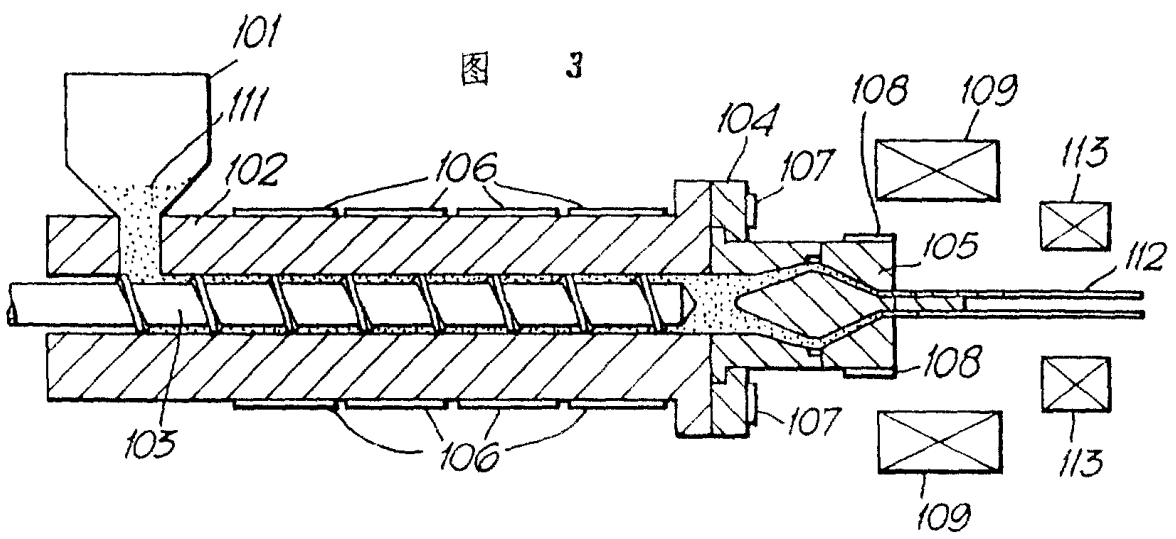


图 4

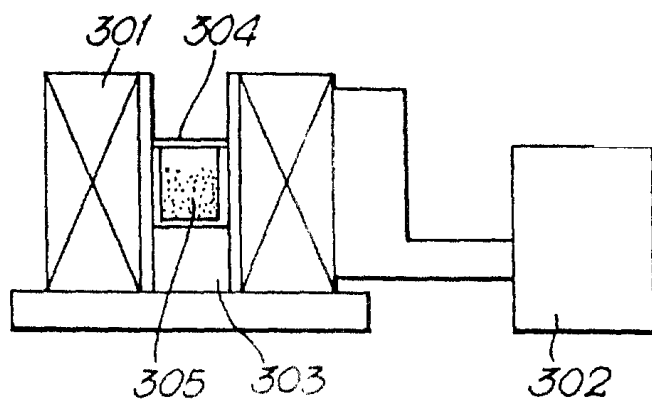


图 5

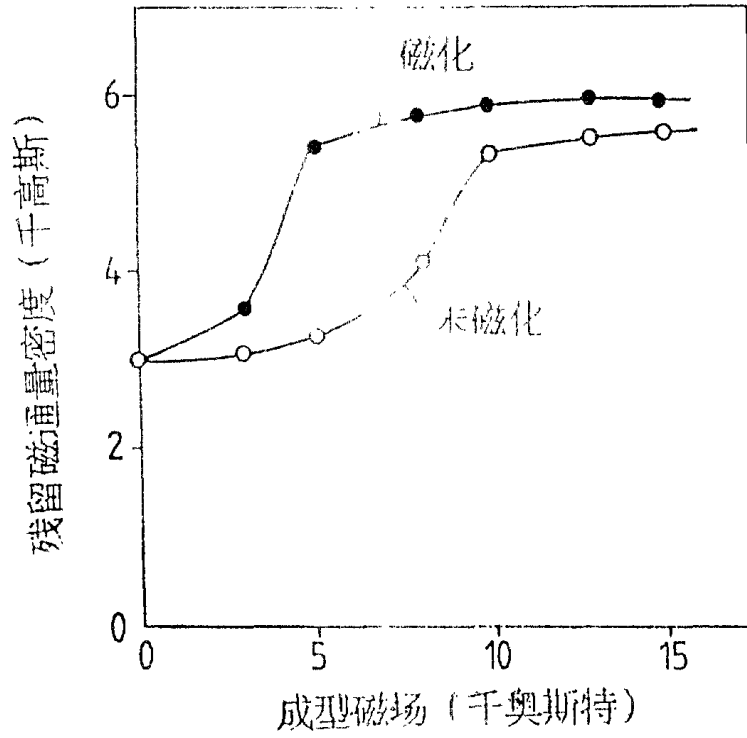


图 7

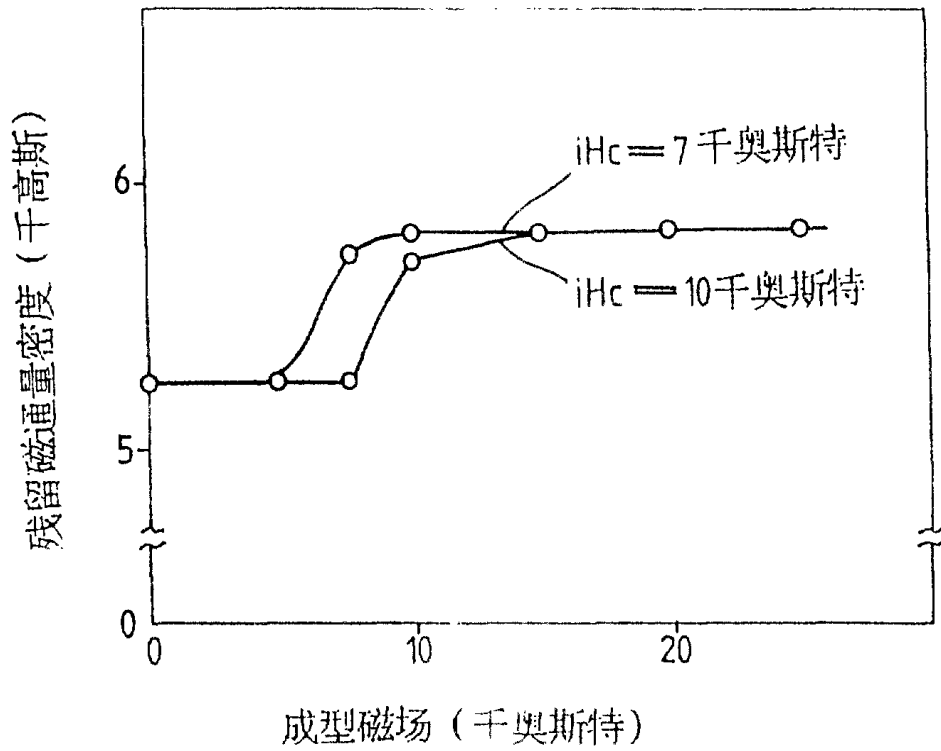


图 6

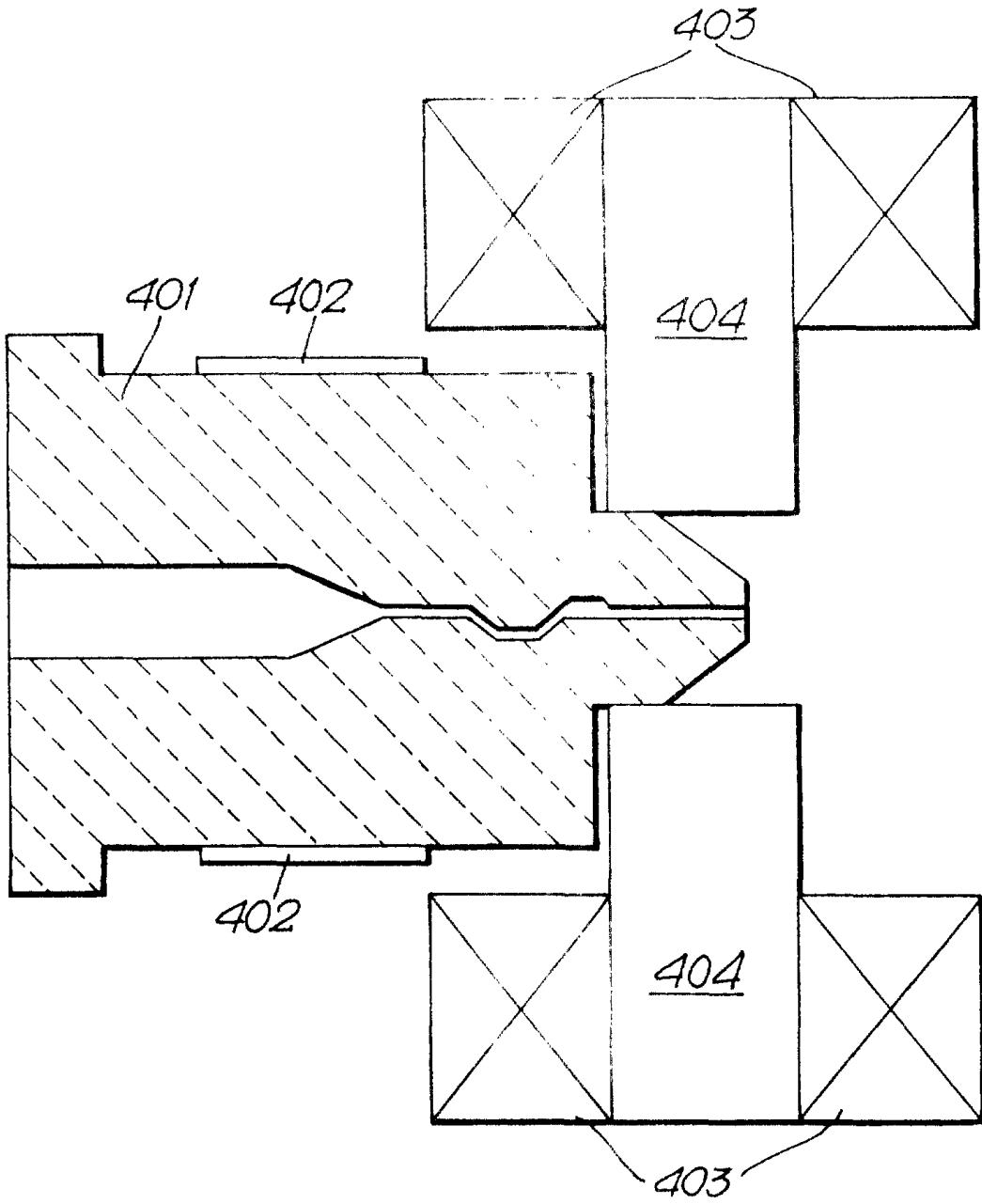


图 8

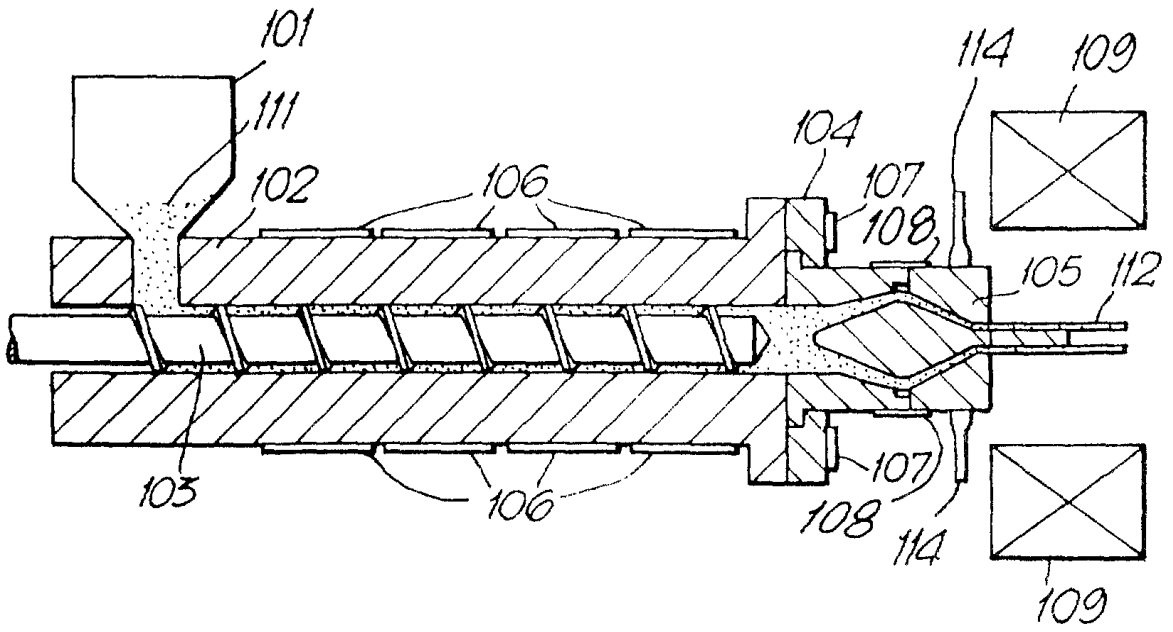


图 9

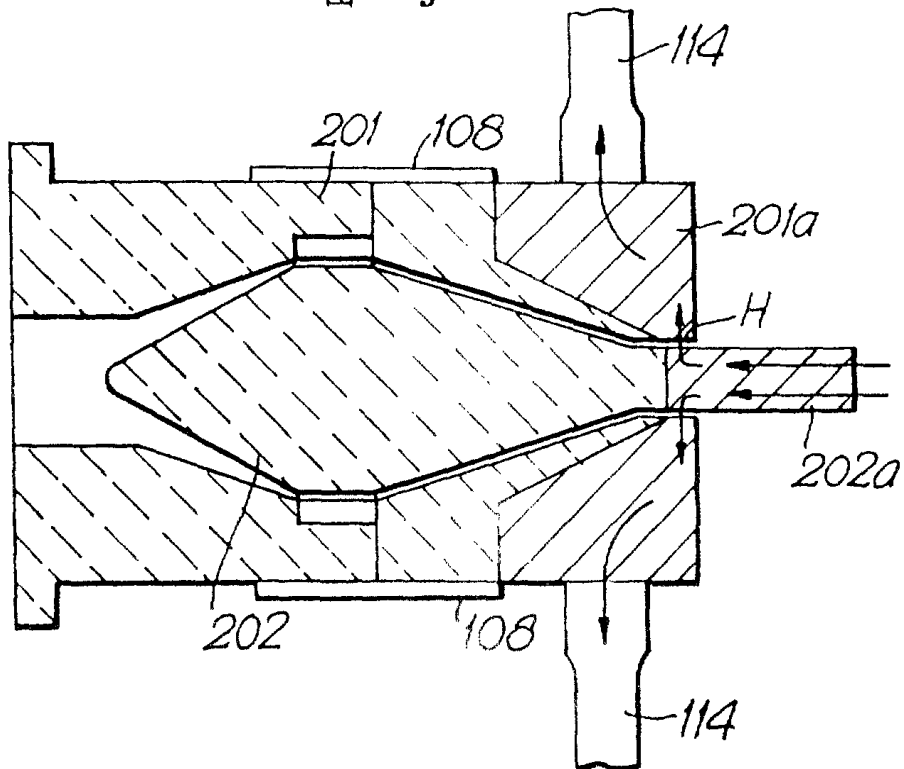


图 1 0

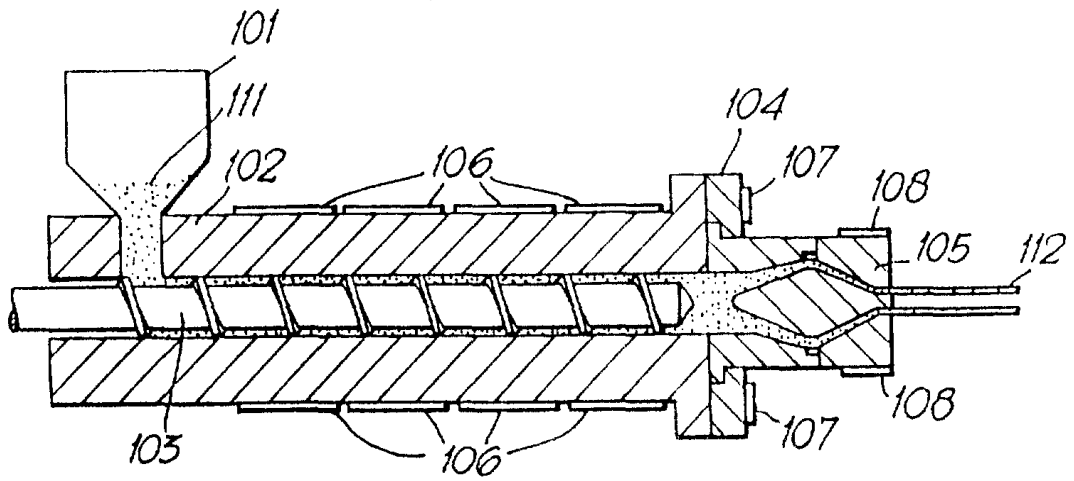


图 1 1

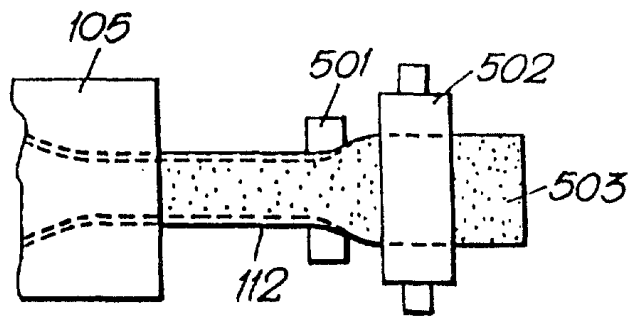


图 1 2

