

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl<sup>7</sup>

C22C 38/18

C22C 38/48

C22C 33/02

## [12]发明专利说明书

[21] ZL 专利号 94117334.8

[45]授权公告日 2000 年 1 月 12 日

[11]授权公告号 CN 1048290C

[22]申请日 1994.9.1 [24]颁证日 1999.10.16

[21]申请号 94117334.8

[30]优先权

[32]1993.9.1 [33]JP [31]217368/93

[32]1993.9.1 [33]JP [31]217369/93

[32]1993.9.9 [33]JP [31]223765/93

[32]1993.12.28[33]JP [31]337325/93

[32]1993.12.28[33]JP [31]336076/93

[73]专利权人 川崎制铁株式会社

地址 日本兵库县

[72]发明人 上之菌聰 石川博之 小仓邦明

[56]参考文献

JP4-72905B 1992.11.19 C22C33/02

审查员 王怀东

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 杨丽琴

权利要求书 2 页 说明书 46 页 附图页数 0 页

[54]发明名称 切削性和尺寸精度优良的雾化钢粉

[57]摘要

本发明涉及切削性优良的雾化钢粉,以及由其生产的烧结钢,该雾化钢粉含有约 S:0.005 至 0.3% (重量)、Cr:0.03 至 0.3% (重量)、Mn:0.03 至 0.5% (重量)、O:0.30% (重量) 或以下,其余为 Fe 和不可避免的杂质。特别是涉及除了通过将各特定成份限定在适宜范围而得到优良的切削性之外,还具有尺寸精度或耐磨性的雾化钢粉以及提供了可从其生产烧结钢的方法。

I S S N 1 0 0 0 8 - 4 2 7 4

# 权 利 要 求 书

1. 一种切削性和尺寸精度优良的雾化钢粉，其特征在于，该钢粉包括以下的组成，S:0.005~0.30%（重量）以下、Cr:0.03~不足0.1%（重量）、Mn:0.03~0.5%（重量）和O:0.30%（重量）以下、其余为Fe和不可避免的杂质。

2. 权利要求1所述的切削性和尺寸精度优良的雾化钢粉，其特征在于，该钢粉还含有一种以上选自Ni:4.0%（重量）以下、Mo:4.0%（重量）以下、Nb:0.05%（重量）以下、V:0.5%（重量）以下、Si:0.1%（重量）以下和Al:0.1%（重量）以下的组分。

3. 权利要求1所述的切削性和尺寸精度优良的雾化钢粉，其特征在于，该钢粉是在所述钢粉中混合一种以上选自Ni源:5.0%（重量）以下、Mo源:3.0%（重量）以下和Cu源:5.0%（重量）以下的组分，并经热处理使其扩散附着的合金钢粉，该合金钢粉的最终组成为：S:0.005~0.3%（重量）、Cr:0.05~不足0.1%（重量）、Mn:0.03~0.5%（重量）、O:0.3%（重量）以下、选自Ni:5.0%（重量）以下、Mo:3.0%（重量）以下和Cu:5.0%（重量）以下中的1种以上、其余为Fe和不可避免的杂质。

4. 权利要求2所述的切削性和尺寸精度优良的雾化钢粉，其特征在于，该钢粉是在所述钢粉中混合选自Ni源:5.0%（重量）以下、Mo源:3.0%（重量）以下和Cu源:5.0%（重量）以下中的1种以上，经热处理使其扩散附着的合金钢粉，该合金钢粉的最终组成为：S:0.005~0.3%（重量）、Cr:0.05~不足0.1%（重量）、Mn:0.03~0.5%（重量）、O:0.3%（重量）以下，选自Ni:9.0%（重量）以下、Mo:7.0%（重量）以下和Cu:5.0%（重量）以下中的至少一种、选自Nb:0.05%（重量）以下、V:0.5%（重量）以下、Si:0.1%（重量）以下和Al:

0.1% (重量)以下组分中的 1 种以上，其余为 Fe 和不可避免的杂质。

5. 一种切削性和耐磨损性优良的雾化钢粉，其特征在于，该钢粉包括以下的组成，S: 0.05 ~ 0.12% (重量)、Cr: 0.1 ~ 0.3% (重量)、Mn: 0.03 ~ 0.09% (重量)和 O: 0.3% (重量)以下，其余为 Fe 和不可避免的杂质。

6. 权利要求 5 所述的切削性和耐磨损性优良的雾化钢粉，其特征在于，该钢粉还含有选自 Ni: 4.0% (重量)以下、Mo: 4.0% (重量)以下、Nb: 0.05% (重量)以下、V: 0.5% (重量)以下、Si: 0.1% (重量)以下和 Al: 0.1% (重量)以下组分中的 1 种以上。

7. 权利要求 5 所述的切削性和耐磨损性优良的雾化钢粉，其特征在于，该钢粉是在所述钢粉中混合选自 Ni 源 5.0% (重量)以下、Mo 源: 3.0% (重量)以下和 Cu 源: 5.0% (重量)以下组分中的 1 种以上，并经热处理扩散附着的合金钢粉，该合金钢粉的最终组成为：S: 0.05 ~ 0.12% (重量)、Cr: 0.1 ~ 0.3% (重量)、Mn: 0.03 ~ 0.09% (重量)、O: 0.3% (重量)以下、选自 Ni: 5.0% (重量)以下、Mo: 3.0% (重量)以下和 Cu: 5.0% (重量)以下组分中的 1 种以上，其余为 Fe 和不可避免的杂质。

8. 权利要求 6 所述的切削性和耐磨损性优良的雾化钢粉，其特征在于，该钢粉是在所述钢粉中混合选自 Ni 源: 5.0% (重量)以下、Mo 源: 3.0% (重量)以下和 Cu 源: 5.0% (重量)以下组分中的 1 种以上，经热处理扩散附着的合金钢粉，该合金钢粉的最终组成为：S: 0.05 ~ 0.12% (重量)、Cr: 0.1 ~ 0.3% (重量)、Mn: 0.03 ~ 0.09% (重量)、O: 0.03% (重量)以下、选自 Ni: 9.0% (重量)以下、Mo: 7.0% (重量)以下和 Cu: 5.0% (重量)以下组分中的 1 种以上、选自 Nb: 0.05% (重量)以下、V: 0.5% (重量)以下、Si: 0.1% (重量)以下和 Al: 0.1% (重量)以下组分中的 1 种以上，其余为 Fe 和不可避免的杂质。

## 说 明 书

切削性和尺寸精度  
优良的雾化钢粉

本发明与粉末冶金用钢粉及其烧结钢有关，涉及切削性优良的雾化钢粉及其烧结钢。特别是涉及除了通过将特定成份限定在适宜范围而得到的切削性之外，尺寸精度或耐磨性均优良的雾化钢粉及其烧结钢。

粉末冶金用钢粉是在钢粉中添加、混合Cu粉、石墨粉等，再在金属模中压粉成形并烧结，通常用于具有 $5.0\sim7.2\text{g/cm}^3$ 密度的烧结机部件的制造。

使用粉末冶金可制造尺寸精度优良形状复杂的烧结体，但是在制造尺寸精度更加严格的部件的场合，有必要在烧结后进行切削加工或钻孔加工等机加工。在此场合要求切削性良好。

粉末冶金制品一般具有被切削性差、与熔制材制品相比工具寿命短、机加工时成本价高的缺点。粉末冶金制品被切削性差的原因，据认为是由于粉末冶金制品组织中存在气孔，使机加工时呈断续切削，或是由于热传导率降低使切削温度上升。

历来作为改善被切削性的对策，多是在钢粉中混合S或MnS等快速切削成分。该S, MnS使粉末冶金制品变得容易切削成碎屑，与此同时在工具上形成由S, MnS构成的薄刀刃，通过工具前面处的润滑作用提高了被切削性。

在钢粉这样的物质中含有S或MnS的情况，除了在钢水中含Mn和S，或含MnS，然后雾化成为钢粉之外还没有别的报导。

日本特许平3-25481中提出了在钢水中含Mn: 0.1~0.5% (重量)，以及Si、C等，再添加S: 0.03~0.07% (重量) 作为组分，用水或气体喷雾制得的粉末冶金用钢粉，但钢粉的详细性能不明。

此外，日本特许平4-72905中揭示了含Mn: 0.1~0.9% (重量)、Cr: 0.1~1.2% (重量)、Mo: 0.1~1.0% (重量)、Cu: 0.1~2.0% (重量) 和Ni: 0.1~2.0% (重量) 各金属中的二种以上，以及Nb、Al、V中的一种以上和S，并且含有C、Si的快速切削性烧结锻造部件。

这种烧结锻造部件由于大致达到了真实密度，所以几乎没有气孔，据认为因气孔使热传导率降低和断续切削而造成的切削性劣化减小，但没有提及含有气孔的密度为 $5.0\sim7.2\text{g/cm}^3$  一般烧结部件。

粉末冶金用钢粉是在钢粉中添加、混合Cu粉、石墨粉等，通过在金属模中压粉成形并烧结，从而用于制造通常具有 $5.0\sim7.2\text{g/cm}^3$  密度的烧结机部件等。在这样的机构部件制造工艺中，由于经过钢粉制造工艺，在钢粉中混合铜粉、石墨粉的工艺、搬运、输送、成形和烧结等长长的工艺，结果具有使所得烧结体易于产生尺寸偏差的问题，为此在烧结之后多加入一道称之为精压的工艺。

但是，由于在钢粉中添加Cu粉、石墨粉等而制造的烧结体其强度高，在为矫正尺寸的目的而进行精压后烧结体还有弹性变形回复，所以具有不能得到充分尺寸矫正这样的缺点。此外，精压工艺是多出的工序，为降低成本和缩短备货时间还是以省略为好。

因此，为确保不经精压而达到同样的尺寸精度，如同特公昭56-12304所揭示的那样，提出了规定粉末粒度构成以提高尺寸精度的

技术，而特开平3-142342中则提出了根据粉末的形状予测烧结时的尺寸变化以进行控制的技术等。

另一方面，关于铁粉的组成对尺寸变化的影响，在特公平3-25481中揭示了通过在含0.1~0.5% (重量) Mn和Si、C 等其余为Fe的纯铁粉中添加0.03~0.07% (重量) 的硫以减少烧结变形，从而使精压后尺寸不良率减少的技术。

关于在铁粉中添加S的效果，除了上述特公平3-25481中的关于烧结变形的效果外，包含在同一公报中的试图改良切削性的提案是粗略的。

其它在特公昭54-0457、特公昭47-39832、特公昭56-45964 和特开昭61-253301中，有试图通过在铁粉中添加S以改善切削性的例子，但没有关于改善尺寸变化稳定性的提案技术。

此外，如同由实际操作面上所见到的那样，在向钢粉中添加 Cu 粉、石墨粉和润滑剂等并混合后，在为更换容器而进行的移送操作。或者输送、供入成形装置系统等操作时，所添加的Cu粉、石墨粉因偏析而易于波动，因此有烧结时尺寸变化大的所谓变动问题。

此外，因烧结时间、烧结温度等烧结条件的变动而造成的尺寸变化波动问题的解决方法，在上述特公平3-25481 所包括的现有技术当中没有叙述。

此外，在上述情况之外，粉末冶金制品由其用途大多要求耐磨损性，此时，添加Cr成为常规手段。但是由于含Cr 钢因烧结硬化大而使切削性劣化，所以要求添加Cr的烧结体提高切削性。

在特开昭61-253301中揭示了一种合金钢粉末。该特许是在将二次铁鳞等氧化铁用粉焦还原剂还原得到的粉末中，按照终还原后

合金元素所期望的含量，混合进予合金化的水喷雾母合金粉末，经调整后将该混合粉末在还原气氛中终还原。由于该合金钢粉末经历了复杂的制造工艺，所以成本变得非常高。另外实施例中所示出的压缩性等粉末的基本性能不是十分实用化。

本发明鉴于上述现有技术的缺点，以提供切削性优良的雾化钢粉和烧结钢作为目的。特别是以提供除切削性外尺寸精度和耐磨损性优良的雾化钢粉及其烧结钢作为目的。

本发明是一种切削性优良的雾化钢粉，其特征在于，该雾化钢粉的组成为：S: 0.005~0.3% (重量), Cr: 0.03~0.3% (重量), Mn: 0.03~0.5% (重量) 以及 O: 小于 0.3% (重量)，其余为 Fe 和不可避免的杂质。

一种切削性和尺寸精度优良的雾化钢粉，其特征在于，该雾化钢粉的组成为：S: 0.005~0.3% (重量), Cr: 0.03~不足 0.1% (重量), Mn: 0.03~0.5% (重量) 以及 O: 小于 0.3% (重量)，其余为 Fe 和不可避免的杂质。

一种切削性和耐磨损性优良的雾化钢粉，其特征在于，该雾化钢粉的组成为：S: 0.05~0.12% (重量), Cr: 0.1~0.3% (重量), Mn: 0.03~0.1% (重量) 和 O: 小于 0.3%，其余为 Fe 和不可避免的杂质。

一种切削性、尺寸精度和耐磨损性优良的喷雾烧结钢，其特征在于，在以上记载的任一种雾化钢粉中还含有 C: 0.4~1.5% (重量)，将其成形并烧结。

关于其它的方法，由本发明的说明书和权利要求便可明了。

通过将本发明基本成份的 S、Cr 和 Mn 各成分限定在适宜的范围内，提供了切削性、尺寸精度和耐磨损性优良的雾化钢粉及其烧结

钢。

以下说明切削性优良的雾化钢粉及其烧结钢。

与近年来烧结部件性能的高度化相对应，作为钢粉基本性能的压缩性，例如用 $4.9 \times 10^5$  kPa ( $5t/cm^2$ ) 的成形压力确保 $5.85g/cm^3$ 以上的压缩密度是通用钢粉工业的水准，与钢粉的开发相应，满足以上条件是最低的条件。最近，在为获得高强度而良好使用的钢粉制造法即合金元素扩散附着法中，对所提供的基体钢粉要求更高的压缩性。

另外钢粉制造工艺的组成必须以尽量简易的方式达到稳定。从而如果是雾化钢粉，则将其与还原粉末混合这样的复杂不稳定的制造方法必须避免。

本发明人以这样的前提为基础，为了开发切削性优良的钢粉，着眼于含Cr0.03% (重量) 以上的含Cr、Mn、S 的雾化钢粉及其烧结钢，并锐意加以研究。结果发现：通过将Mn定在0.03% (重量) 以上0.5% (重量) 以下，并且Cr、Mn、S共存，则石墨在气孔中残留0.05% (重量) 以上，其尺寸平均为 $10\mu m$ 以上。而由于气孔中残留的石墨平均尺寸在 $10\mu m$ 以上，所以一旦该量超过0.05% (重量)，同时MnS在铁粒子内析出，则切削性显示出飞跃的增加。

过去在熔制材领域中，为提高切削性，加大MnS等快切削性的夹杂物是必要的，这点已是公知。但是，使用现有的粉末冶金技术，则在由含Mn和S的予合金钢粉烧结得到的烧结钢中，析出的MnS 小于 $5\mu m$ ，平均如 $1\mu m$ 程度那样小，难以使切削性有特别的提高。此外，添加的石墨在烧结中完全向铁粒子中扩散完毕，几乎一点也不残留在烧结体的气孔中。

本发明中承担快速切削性的主要夹杂物是残留石墨和MnS，特

别是残留石墨的作用大。本发明残留石墨的尺寸平均是 $10\mu\text{m}$ 以上，为MnS尺寸的10倍以上。这样的残留石墨含量在0.05%（重量）以上时，对提高切削性是非常有效的。虽然MnS几乎不析出，但例如当Mn不足0.03%（重量）时，则切削性的提高较小，通过MnS和0.05%（重量）以上残留石墨相乘的效果，则可得到切削性优良的烧结钢。

此外在含有本发明范围的Cr、Mn、S的雾化钢粉中，如再用适量的Ni、Mo、Nb、V、Si、Al同时作为予合金，则在使Ni、Mo、Cu扩散附着的钢粉中，在不降低强度的情况下呈现出切削性的提高。

本发明提出的具有气孔中残留石墨构造的烧结钢被获得，通过烧结中Cr和S的协调作用，C向 $\gamma$ 粒内的扩散（渗碳）被部份抑制，在烧结后的气孔中，平均 $10\mu\text{m}$ 以上的大粒石墨是按照残留的形式存在。另外，由于在雾化中作为予合金添加的Mn和S同时形成MnS，所以得到在铁粉粒子内和粒子间界处直径 $5\mu\text{m}$ 内存在MnS的组织。

以下叙述切削性优良的钢粉和烧结体的成份限定理由。

此外，叙述将本发明钢粉限定为用Cr和S作予合金的钢粉的理由。

由于本发明钢粉中通过Cr和S的协调结果使石墨残留在烧结体中的气孔内，所以如果Cr和S在粉末中不是均匀分布，则石墨就不能在烧结体中均匀分布，从而使切削性降低。

S: 0.005~0.3%（重量）

因为S通过与Cr的协调作用抑制C向 $\gamma$ 粒内的扩散，以形成烧结后气孔内残留石墨的烧结钢组织，所以是作为生成MnS的S源而添加。将S含量的下限值定作0.005%（重量）的理由如下述。由于S和Mn的结合力强，所以不足0.005%（重量）时几乎全部的S都与Mn反应作为

MnS析出。另一方面要通过Cr与S的协调作用防止C向铁粉粒子内扩散，使C在粒子间界和气孔内作为石墨残留。从而当S含量不足0.005%（重量）时，就没有防止该C向铁粉粒子中扩散的效果，几乎所有的碳向粒子内扩散完毕，而向粒间界和气孔的石墨残留量变少，使被切削性不能提高。S含量限定在0.3%（重量）以下的理由是：在添加量超过0.3%（重量）的情况下，烧结中易产生煤灰，担心损坏烧结炉。

此外，在添加量超过0.3%（重量）的场合，压缩性降低，C向钢粉粒子内的扩散量变少，铁素体单相增加，使强度降低。

Cr: 0.03~0.3%（重量）

含Cr是为了通过Cr与S协调作用抑制C向γ粒内的扩散，烧结后形成在气孔中残留石墨的烧结钢组织。将Cr含量限定在0.03%（重量）以上0.3%（重量）以下的理由是：在不足0.03%（重量）时，残留石墨量变得不足0.05%（重量），从而使切削性降低。若超过0.3%（重量）则因Cr的固溶效果而使切削性降低。

Mn: 0.03~0.5%（重量）

Mn作为形成MnS的Mn源而被添加。Mn含量定为0.03%（重量）以上0.5%（重量）以下。Mn不足0.03%（重量）时因MnS析出少而不能得到满意的切削性。若超过0.5%（重量）则石墨残留量变少，使切削性降低。Mn因在雾化、在终还原期间形成MnS而被消耗。Mn多的场合下，与为使石墨残留的有效的Cr与S的组合相对照，S的量变少由于在烧结中进行渗碳，石墨的残留量变少。此外压缩性变差。

O: 0.3%（重量）以下

粉末的O量限定在0.3%（重量）以下。若超过0.3%（重量），则烧结中添加的石墨作为C减少的部份增多，结果残留的石墨变少。此

外,粉末中的Si、Al在未析出MnS的位点成为以 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 单独存在于烧结体中的状态,使切削性降低。

Si和Al作为予合金成分添加的目的是:它们与Cr、S同样,具有防止C向γ粒子内扩散渗碳的效果,并且有使MnS由熔钢析出时成为析出位点的 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 析出的效果。

Si, Al: 0.1% (重量) 以下

Si, Al定作0.1% (重量) 以下,若超过0.1% (重量) 则 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 变得过多,使切削性急剧降低。另外因在Si、Al添加量少的场合其添加效果小,所以Si、Al的添加量分别为0.01% (重量) ~ 0.03% (重量) 为佳。

作为予合金成份添加Ni、Mo、Nb、V的目的是:它们与通常的合金钢粉相同可提高淬透性,另外通过析出效果得到所希望的强度。通过将加入Cr、S的Ni、Mo进行予合金雾化,使残留的石墨尺寸变大,结果因烧结钢硬度上升造成的切削性降低减小。

Ni, Mo: 4.0% (重量) 以下

将Ni添加量定作4% (重量) 以下,Mo添加量也定作4% (重量) 以下,若分别超过4% (重量) 则因固熔硬化而使切削性劣化。较佳是分别在2% (重量) 以下。在此2% (重量) 以下的范围内,残留石墨尺寸平均为 $30 \mu\text{m}$ 以上,使用Ni、Mo固熔硬化造成的切削性降低成为最小。

Nb: 0.05% (重量) 以下

V: 0.5% (重量) 以下

Nb的添加量定作0.05% (重量) 以下,V定作0.5% (重量) 以下,若分别超过0.05% (重量) 、0.5% (重量) ,则因所生成的碳化物或析出强化的原因使切削性降低。较佳的范围分别是0.01% ~ 0.03% (重量) 、

0.1%~0.4% (重量)。

作为扩散合金成份添加Ni、Mo、Cu的目的是：与通常的合金钢粉同样，得到所希望的强度。所希望使用的例如是作为Ni源、Mo源、Cu源的Ni粉、Mo粉或 $\text{MoO}_3$ 粉、Cu粉。Ni、Mo、Cu的添加量分别定作5% (重量)以下，3% (重量)以下，5% (重量)以下。若分别超过5% (重量)、3% (重量)、5% (重量)则因其固溶硬化而使切削性降低。较佳分别是4% (重量)以下、2% (重量)以下、2% (重量)以下。在该范围内特别能使Ni、Mo、Cu扩散附着，虽然理由不明，但残留石墨的尺寸变大至 $30\mu\text{m}$ 的程度，可将因固溶硬化造成的切削性降低变为最小。

石墨: 0.4~1.5% (重量)

添加石墨的目的是固溶在通常目的钢中得到所希望的强度，而在本发明中是作为残留在气孔中的石墨源。将所添加的石墨量定作0.4% (重量)至1.5% (重量)，不足0.4% (重量)时强度变低，若超过1.5% (重量)则析出先共析渗碳体使切削性降低。因此较佳是定作0.6~1.2% (重量)，如果在此范围内再加上特别适宜的Cr、Mn、S范围，则烧结钢中的石墨尺寸平均变为 $10\mu\text{m}$ 以上，使切削性提高。

也就是说，如果将本发明的钢粉以通常的Fe-C系、Fe-Cu-C系烧结，则得到在MnS和气孔部位内含有残留石墨的切削性优良的烧结钢。

上述特公平4-72905所述的几乎不含气孔的烧结锻造钢是用S改善切削性的，与本发明的通过在MnS和气孔部位内存在残留石墨，使含气孔烧结钢的切削性提高的技术完全不同。

此外，与特公平4-72905所述烧结锻造钢含C为0.4% (重量)相对

照，本发明中为生成残留石墨，通过基体固熔硬化得到强度，同时为了确保固溶于基体中的碳，所添加的石墨量不多于0.4~1.5%（重量）。

如上所述，残留石墨和MnS 的粒子尺寸担负着使切削性加大的效果。在本发明所得到的钢粉中当残留石墨在0.05%（重量）以上时，由于其尺寸平均为 $10\mu\text{m}$ 以上，MnS尺寸为 $1\mu\text{m}$ 的程度，所以切削性优良。

以下说明通过将S、Cr、Mn各成份限定在适宜范围的切削性和尺寸精度优良的雾化钢粉和烧结钢。

本发明人为达到上述目的，就添加元素对烧结时尺寸变化的变动的影响进行了广泛研究，结果通过复合添加Cr、Mn和S并控制O量，得出了尺寸变化的变动显著减低并且切削性优良的雾化钢粉及其烧结钢。

亦即是这样一种雾化钢粉，其特征是，S含量0.005~0.3%（重量），Cr含量0.03~不足0.1%（重量），Mn含量0.03~0.5%（重量），O含量0.3%（重量）以下，其余为Fe和不可避免的杂质，按必要还可含选自以下组中的1种以上的铁粉：Ni含量4.0%以下（重量），Mo含量4.0%（重量）以下，Nb含量0.05%（重量）以下，V含量0.5%（重量）以下，Si含量0.1%（重量）以下，Al含量0.1%（重量）以下。另外，也可在该雾化钢粉中混合Ni源量5.0%（重量）以下、Mo源量3.0%（重量）以下和 Cu源量5.0%（重量）以下当中的1种以上的粉体，再进行热处理使之扩散附着。

以下叙述在钢粉和烧结钢的适宜范围内对S、Cr和Mn各成份的限定范围。

S: 0.005~0.3% (重量)

含S的目的是：通过Cr和S的复合作用抑制C向 $\gamma$ 粒子内的扩散，烧结后形成气孔中残留石墨的烧结钢组织。S含量限定在0.005% (重量)以上的理由是：不足0.005% (重量)时C向铁粉粒子全部扩散完毕，粒子间界气孔内石墨析出量少，因不能得到上述的润滑作用使切削性恶化，尺寸精度也恶化。限定在0.3% (重量)以下的理由是：在添加量超过0.3% (重量)的场合，压缩性降低，C向铁粉粒子中的扩散量变少，铁素体单相增加，强度降低。如将硫量规定为0.05~0.15% (重量)，则烧结时的尺寸变化更加稳定，得到优良的切削性。

Cr: 0.03~不足0.1% (重量)

含Cr的目的是：通过与S的复合作用抑制C向 $\gamma$ 粒子内的扩散，使烧结后形成气孔内残留石墨的烧结钢组织。将Cr含量限定在0.03% (重量)以上不足0.1% (重量)的理由是：如表2中比较例所示，Cr含量不足0.03% (重量)时，尺寸精度变劣，另一方面，在0.1% (重量)以上时尺寸精度降低。Cr含量的较佳范围是0.06~0.09% (重量)。在该范围内，烧结时的尺寸变化更加稳定，得到优良的切削性。

Mn: 0.03~0.5% (重量)

因为Mn作为MnS的Mn源添加，又由于仅影响切削性而不影响尺寸精度，所以适宜范围与前述相同为0.03~0.5% (重量)。

上述以外的其它成分的适宜范围及其限定理由为以前所叙述的那样。

通过在雾化钢粉中含Cr和S得到两个效果：(1) 烧结时的尺寸变化稳定，(2) 在与MnS共存的场合，石墨在烧结钢的气孔中或粒子间界残留或析出，可使切削性提高。

首先，关于尺寸变化的稳定化效果，本发明人对所进行的种种试验结果加以考查，认为Cr和游离S的存在有以下两个作用。第一个作用是，若铁粉中Cr和游离S共存，则由于烧结时由添加的石墨的C向铁粉粒子中的扩散被抑制，使得添加的石墨量变化时向铁粉中扩散的C量也保持一定。作为决定烧结中尺寸变化的因素，即烧结中伴随向γ粒子C扩散而发生的C膨胀，以及Fe-Cu-C体系中C向铁粒子粒间的渗透程度（所谓Cu膨胀），对于γ粒子的C固溶量的依存是重要的。因而在本发明粉体的烧结中，Fe-C体系中的C膨胀，包括Fe-Cu-C体系中的Cu膨胀量和C膨胀量，相对于添加石墨量的波动而言可能是小的。

第二个作用是，若铁粉中存在Cr和游离S，则已经知道的是烧结时即使烧结时间变动也使尺寸的变动受到抑制，据认为这是因为抑制了伴随由铁粉中脱碳而发生的收缩。

这些作用是烧结时使尺寸变化的变动受到抑制的原因，但其正如在实施例项目中所述的那样，只有在Cr和游离S共存时才能发挥。仅仅是哪一个单独元素存在时，即使满足本发明的组成范围也不能得到满意的效果。

这样，虽然Cr和游离S通过怎样的原理发挥上述两个效果详情不明，但由于仅单个元素不能发挥这些效果，所以认为是相互影响的综合。

以下说明Cr和游离S改善切削性的效果。在具有气孔内石墨残留构造的烧结钢中，在残留在气孔中的石墨与MnS共存的情况下加工时，通过在工具前面上起润滑材的作用和抑制断续切削，使切削性大幅度提高。这样的提高切削性的机构是与过去方案中使用MnS

等全然不同的新规律，与MnS单独存在的情况相比，切削性显著改善。

为获得上述成份的钢粉，用还原铁粉改变成份组成以提高Cr和S是困难的。此外，在雾化钢粉的场合，仅仅在单一的纯铁钢水中添加S也得不到。也就是说要通过以下方法才能达到：在转炉或电炉等中控制脱硫反应，或用积极添加的方式使S含量达到适宜的目标值，并在精炼终了后向钢水包等中添加Cr（如果不添加通常为0.01%（重量）以下），使用水雾化法喷雾得到钢粉，再用干燥或还原退火等后步工序控制氧含量。

以下说明通过对S、Cr和Mn各成分加以适宜限定而得到切削性和耐磨损性优良的雾化钢粉及具烧结钢。

本发明人为了在此前提的基础上开发耐磨损性和切削性优良的钢粉，着眼于含Cr0.1%（重量）以上的含Cr、Mn、S的雾化钢粉及其烧结钢，并锐意加以研究。结果发现，通过将Mn规定在0.03%（重量）以上0.1%（重量）以下并且Cr和Mn、S共存，就能使石墨在气孔中残留0.1%（重量）以上，并且其尺寸成为平均 $10\mu m$ 以上。而且一旦气孔中残留石墨的平均尺寸为 $10\mu m$ 以上，其量超过0.05%（重量）以上，同时MnS在铁粒子内析出，则切削性飞跃增加。

粉末冶金制品与熔制材制品相比具有切削性差的问题，这样通过添加S或MnS能改善多少，因下述理由看改善还不能满意。此外粉末冶金制品由其用途看多还要求耐磨损性优良，在此情况下添加Cr成为常规手段，但由于含Cr量多的钢烧结时硬化大使切削更加劣化，所以提高切削性有更大的必要性。

如上所述特开昭61-253301中揭示了一种合金钢粉末。为得到这样的组成，向用粉焦等还原剂将铁矿石，二价铁磷等氧化铁粗还

原而得到的粉末中，半予合金化的水喷雾母合金粉末按照使终还原后合金元素量为上述所规定量那样混合、调整、然后将该混合粉末在还原气氛中进行母还原；以上步骤是必要的，不采取这种非常复杂且成本高的制造方法不行。在其实施例和比较例中讨论了 Cr ≤ 0.31% (重量)、Mn ≥ 0.10% (重量)、S ≥ 0.16% (重量) 以上的组成，但由实施例得到的压缩性等粉末基本性能不十分实用化。本发明人在具备耐实用的压缩性等粉末基本性能上开发耐磨损性优良的钢粉，对将 Cr、Mn、S 规定为必要成分的钢粉锐意加以研究，结果发现：若 0.1 ≤ Cr ≤ 0.3% (重量)，0.03 ≤ Mn < 0.1% (重量)，0.05 ≤ S ≤ 0.12% (重量)，则可以上述特开昭61-253301所未得知的范围大大提高切削性。

以下叙述钢粉和烧结体成分的限定理由。

在本钢粉中由于通过 Cr 和 S 的协调结果使烧结体中石墨残留在气孔中，所以如果 Cr 和 S 在粉末中不均匀分布，则烧结体中石墨分布不均，使切削性降低。

S: 0.05~0.12% (重量)

添加 S 的目的是：通过和 Cr 的协调作用抑制 C 向 γ 粒子内的扩散，烧结后形成气孔中残留石墨的烧结钢组织，并作为生成 MnS 的 S 源。S 含量的下限值是作 0.05% (重量) 的理由如下。因为 S 和 Mn 的结合力强，所以不足 0.05% (重量) 时多数 S 与 Mn 反应作为 MnS 析出。另一方面通过 Cr 和 S 的协调作用防止 C 向铁粉粒子内扩散，使 C 以石墨形式残留在粒子间界或气孔中。从而当 S 含量不足 0.05% (重量) 时，防止该 C 向铁粉粒子内扩散的效果变小。向粒子间界气孔内的石墨残留量变小则耐磨损性不能提高。

据认为通过Cr的效果和残留石墨提高自由度特性，使耐磨损性改善。在这样改善切削性和耐磨损性的过程中，为生成残留石墨，较佳是将少量的Mn置于适宜的范围。S含量限定在0.12%（重量）以下的理由是：即使添加量超过0.12%（重量）也不能期待提高耐磨损性的效果。

Cr: 0.1~0.3%（重量）

含Cr的目的是：使耐磨损性提高，通过和S的协调作用抑制C向 $\gamma$ 粒子内的扩散，并在烧结后形成气孔中残留石墨的烧结钢组织。Cr含量限定在0.1%（重量）以上0.3%（重量）以下的理由是：不足0.1%（重量）则耐磨损性降低。若超过0.3%（重量）则因Cr的固溶效果使切削性急剧下降。

Mn: 0.03~0.1%（重量）

Mn作为形成MnS的Mn源而添加。Mn含量规定为0.03%（重量）以上0.1%（重量）以下。Mn不足0.03%（重量）时MnS析出少，得不到满意的切削性。超过0.1%（重量）时则石墨残留量变少、切削性和耐磨损性降低。Mn因在雾化、终还原间形成MnS而消耗。Mn多的情况下，对于使石墨残留有效的Cr与S的组合而言，S量变少，所以因烧结中进行渗碳而使石墨残留量变少。

上述以外成分的适宜范围及其限定理由如同以前所述的那样。

#### 实施例

以下在实施例的基础上具体说明本发明。

#### 实施例1

以下说明与权利要求1和5有关的本发明例和比较例。

表1示出了本发明例和比较例中所用钢粉的化学组成。这些钢

粉按以下方法制造：将钢水用水喷雾得到的生粉在氮气气氛中于140°C干燥60分钟后，在纯氢气气氛中于930°C还原20分钟，然后粉碎分级。

烧结时的尺寸变化作以下研究：向纯铁粉中混入石墨、铜粉，石墨量的水准有两个，即Fe-2.0% Cu-0.8%Gr(石墨)，和Fe-2.0%Cu-1.0%Gr。将Fe-2.0%Cu-0.8%Gr的烧结尺寸(以压粉体为基准)和Fe-2.0%Cu-1.0%Gr的烧结尺寸(以压粉体为基准)两个比值之差作为波动幅度(A)。此时试料形状为：外径Φ60mm，内径Φ25mm，高10mm的环状圆柱形，压粉密度为6.85g/cm<sup>3</sup>，在1130°C的氮气气氛中烧结20分钟。另外研究按Fe-2.0%Cu-0.8%Gr组成时，烧结时间规定为30分钟时的烧结尺寸(以压粉体为基准)，将其与烧结时间20分钟时的烧结尺寸(以压粉体为基准)的两个差的比例差作为波动幅度(B)。

压缩性的评价是在各钢粉中添加1%硬脂酸锌，按照用 $4.9 \times 10^5$  kPa (5t/cm<sup>2</sup>) 成形压力将Φ11×10mm的小块成形时的成形密度来进行。

切削性的评价是用外径Φ60mm高10mm的圆柱形，压粉密度为6.85g/cm<sup>3</sup>，在1130°C氮气气氛中烧结20分钟后，用直径1mm的高速钢制钻头，以10000转数/分，0.012毫米/转的条件加工，直到不可能再加工时，将所钻孔的平均数(三根钻头的平均值)作为工具寿命进行评价。

表2集中示出了将表1的雾化钢粉成形、烧结后的烧结钢的分析值和工具寿命、拉伸强度、尺寸变化率(A)和(B)的结果。市售纯铁粉的压粉密度为6.86g/cm<sup>3</sup>，将其成形、烧结得到的烧结钢(Fe-2Cu-Cr)的拉伸强度为411900 kPa (42kgf/mm<sup>2</sup>)，工具寿命为30次。可知如用

以S含量0.005~0.3% (重量), Cr含量0.03~不足0.3% (重量), Mn含量0.03~0.5% (重量), 其余为Fe和不可避免杂质作为特征的钢粉, 制造以S含量0.005~0.3% (重量), Cr含量0.03%~不足0.3% (重量), Mn含量0.03~0.5% (重量), Cu含量0.5~4.0% (重量), C0.4~1.5% (重量), 其余为Fe和不可避免杂质作为特征的烧结钢, 则与市售纯铁粉相比能同时满足10倍以上的工具寿命和460900 kPa(47kgf/mm<sup>2</sup>)以上的拉伸强度。此外如表2所示, 如果是Cr在0.05~不足0.1% (重量)这个适宜范围内的钢粉, 则显示出波动幅度(A)在0.1%以下且波动幅度(B)在0.01%以下这样出色的尺寸精度。

此外, 发明例7~8的Cr0.06~0.09% (重量), S0.05~0.15% (重量), Mn0.05~0.15% (重量)是适宜范围, 其尺寸稳定性充分满足波动幅度(A)在0.05%以下, 波动幅度(B)在0.005%以下, 尺寸稳定性优良, 工具寿命也超过600次。比较例1是通常的纯铁粉, 其切削性显著差, 另外尺寸变化稳定性也差。比较例2由于S含量不足0.005% (重量), 其切削性、尺寸稳定性差。比较例3因S含量超过0.3% (重量), 显示出压缩性低。比较例4因Mn不足0.03% (重量), 看不出切削性有显著提高。比较例5因Mn超过0.5% (重量), 显示出压缩性差。比较例6由于Cr不足0.03% (重量), 显示出切削性尺寸稳定性差。比较例7因Cr含量在0.1% (重量)以上, 其拉伸强度与本发明例是在同一水准, 几乎不增加, 成形体的压粉密度比6.85g/cm<sup>3</sup>低, 但实际上没有区别。比较例8因O含量超过0.3% (重量), 显示出压缩性差。

表 1

No.	钢的化学组成(重量%)				压粉密度 (g/cm <sup>3</sup> )
	Cr	Mn	S	O	
实施例 1	0.08	0.18	0.09	0.23	6.91
实施例 2	0.05	0.20	0.12	0.26	6.91
实施例 3	0.07	0.15	0.25	0.26	6.86
实施例 4	0.09	0.48	0.12	0.22	6.86
实施例 5	0.07	0.30	0.08	0.08	6.92
实施例 6	0.08	0.25	0.15	0.15	6.91
实施例 7	0.09	0.06	0.08	0.15	6.90
实施例 8	0.07	0.07	0.15	0.26	6.91
实施例 9	0.09	0.15	0.008	0.15	6.91
实施例 10	0.08	0.08	0.01	0.23	6.89
比较例 1	0.01	0.15	0.02	0.25	6.86
比较例 2	0.06	0.14	0.002	0.21	6.93
比较例 3	0.08	0.12	0.32	0.24	6.80
比较例 4	0.09	0.03	0.09	0.24	6.91
比较例 5	0.08	0.53	0.07	0.26	6.74
比较例 6	0.02	0.13	0.08	0.26	6.91
比较例 7	0.32	0.11	0.09	0.22	6.82
比较例 8	0.08	0.30	0.10	0.35	6.72

表 2

No.	烧结钢化学组成(重量%)						拉伸强度 kPa	工具寿命 (次)	波动幅度 (A)	尺寸变化率 (%)
	Cr	Mn	S	C <sub>u</sub>	C					
实施例1	0.08	0.17	0.07	1.92	0.64		460900	630	0.07	0.005
实施例2	0.05	0.20	0.11	1.95	0.62		490400	610	0.05	0.001
实施例3	0.07	0.14	0.24	1.94	0.65		460900	620	0.06	0.006
实施例4	0.09	0.47	0.11	1.95	0.64		519800	115	0.06	0.005
实施例5	0.07	0.29	0.08	1.95	0.64		500200	352	0.07	0.007
实施例6	0.08	0.25	0.14	1.95	0.64		490400	456	0.08	0.007
实施例7	0.09	0.06	0.07	1.95	0.63		510000	712	0.05	0.005
实施例8	0.07	0.07	0.14	1.98	0.64		539400	725	0.04	0.004
实施例9	0.09	0.15	0.007	1.96	0.65		510000	315	0.08	0.007
实施例10	0.08	0.08	0.008	1.95	0.68		500200	330	0.09	0.008
比较例1	0.01	0.13	0.02	1.95	0.65		411900	33	0.16	0.04
比较例2	0.05	0.13	0.002	1.94	0.64		519800	30	0.1	0.04
比较例3	0.08	0.11	0.31	1.95	0.64		353100	360	0.09	0.009
比较例4	0.08	0.02	0.08	1.95	0.64		411900	150	0.08	0.008
比较例5	0.08	0.51	0.07	1.98	0.64		539400	120	0.07	0.009
比较例6	0.02	0.12	0.07	1.95	0.63		421700	80	0.13	0.03
比较例7	0.12	0.10	0.08	1.95	0.64		490400	40	0.15	0.008
比较例8	0.08	0.29	0.08	1.94	0.62		490400	351	0.07	0.006

## 实施例2

本实施例是与权利要求2和6有关的本发明例和比较例。表3示出了在本发明例和比较例中所用钢粉的化学组成。这些钢粉的制造方法是：将钢水用水喷雾得到的生粉在氮气气氛中于140 °C下干燥60分钟后，在纯氢气气氛中于930°C下还原20分钟，然后粉碎分级。

压缩性的评价是在各钢粉中添加1%硬脂酸锌，组成(Fe-1.0%ZnSt)，按照用 $6.9 \times 10^5$  kPa(7t/cm<sup>2</sup>)成形压力将Φ11×高10mm的小块成形时的成形密度来进行。

切削性的评价是在表3所示的粉末中混入石墨粉，硬脂酸锌成为Fe-0.9%Gr-1.0%ZnSt，制成压粉密度7.00g/cm<sup>3</sup>，外径Φ90mm，高10mm的圆柱形，在1130°C氮气气氛中烧结20分钟后进行。烧结后使用直径Φ4mm的高速钻头，以10000转数/分，0.012毫米/转的条件加工，直到不可能再加工时，将所钻孔的平均数(三根钻头的平均值)作为工具寿命进行评价。

烧结时尺寸变化的评价以实施例1为标准进行。

表3汇总示出了压粉密度、工具寿命、尺寸变化率的结果。表明如果将满足权利要求2和6要点的雾化钢粉配成Fe-0.9%Gr-1.0%ZnSt，在1150°C下并于氮气气氛中烧结30分钟，则显示出工具的寿命在100次以上、波动幅度(A)为0.1%以下，以及波动幅度(B)为0.01%以下的良好尺寸精度。

本发明例17、19、21、25和26是含Cr0.06~0.09%(重量)、Si0.05~0.15%(重量)、Mn0.05~0.15%(重量)，并且是含Ni2%(重量)以下、Mo2%(重量)以下、Si0.01~0.03%(重量)、Al0.01~0.03%(重量)、V0.1~0.4%(重量)、Nb0.01~0.03%(重量)之中一种或2种

上这样的适宜范围，尺寸稳定性满足波动幅度(A)0.05%以下，波动幅度(B)也在0.05%以下，表明尺寸稳定性极为优良，工具寿命也超过300次。

比较例9由于S含量不足0.005%(重量)，显示出切削性和尺寸稳定性降低。比较例10因S含量超过0.3%(重量)，显示出压缩性差。比较例11由于Cr含量不足0.03%(重量)，显示出切削性，尺寸稳定性均差。比较例12由于Cr含量在0.1%(重量)以上，显示出压缩性、尺寸稳定性差。比较例13(含Al)因Mn含量不足0.03%(重量)，看不出含有它使切削性提高等效果，比较例14由于含Mn量超过0.5%(重量)，使压缩性降低。比较例15、16因Ni、Mo含量分别超过4.0%(重量)，显示出压缩性降低。看得出如果Ni、Mo量在0.1%(重量)以上适宜添加，则与不添加各个元素的情况相比强度提高。若将比较例17和发明例13作比较，则看出通过适量添加Nb使压缩性提高，但一旦超过0.05%(重量)，切削性和压缩性反倒降低。若将比较例18 和发明例19相比较，则看出通过适量添加V使压缩性提高，但一旦超过0.5%(重量)则切削性和压缩性降低。将比较例19与发明例26相比较，可看出，通过适量添加Si提高切削性，但若超过0.1%(重量)则压缩性、切削性反而降低。将比较例20和本发明例27比较，可看出通过添加适量的Al使切削性提高，但若超过0.1%(重量)则切削性降低。

表 3-1

No.	组成 (重量 %)	尺寸变化率 (%)							波动幅度 (A)	波动幅度 (B)			
		S	Cr	0	Mn	Ni	Mo	Nb	V	Si	Al	压粉密度 (g/cm <sup>3</sup> )	工具寿命 (次)
实施例 11	0.09	0.09	0.10	0.07	3.9							7.03	355
实施例 12	0.006	0.05	0.07	0.08	1.5							7.17	210
实施例 13	0.11	0.09	0.12	0.2		0.05						7.21	467
实施例 14	0.29	0.07	0.18	0.4			0.06					7.2	445
实施例 15	0.07	0.06	0.12	0.35				0.02				7.18	454
实施例 16	0.12	0.09	0.21	0.12					0.08			7.17	366
实施例 17	0.12	0.07	0.13	0.07	0.5	0.3						7.22	355
实施例 18	0.29	0.08	0.14	0.22	3		0.003					7.1	300
实施例 19	0.14	0.06	0.15	0.13	2			0.3				7.22	365
实施例 20	0.07	0.05	0.19	0.14		0.5	0.005					7.19	311
实施例 21	0.06	0.06	0.25	0.12		1.5		0.3				7.23	461

表 3-2

No.	组成 (重量%)	S	Cr	O	Mn	Ni	Mo	Nb	V	Si	Al	压粉密度 (g/cm <sup>3</sup> )	工具寿命 (次)	尺寸变化率(%)		
														波动幅度(A)	波动幅度(B)	
实施例22	0.09	0.09	0.22	0.08								7.18	411	0.09	0.007	
实施例23	0.16	0.06	0.08	0.25	1.5		0.06	0.05				7.19	370	0.07	0.008	
实施例24	0.21	0.06	0.09	0.09	1.5	1	0.04					7.2	365	0.07	0.006	
实施例25	0.11	0.07	0.15	0.06	0.5	0.3		0.1				7.23	335	0.05	0.004	
实施例26	0.07	0.07	0.14	0.08	2	1.5		0.02				7.24	374	0.05	0.004	
实施例27	0.06	0.06	0.12	0.19	1.5	1	0.03	0.2		0.08	7.18	440	0.06	0.007		
比较例9	0.003	0.08	0.13	0.08		1						7.08	15	0.15	0.022	
比较例10	0.4	0.08	0.12	0.09	0.54							6.81	333	0.08	0.006	
比较例11	0.05	0.02	0.11	0.15								7.16	33	0.11	0.015	
比较例12	0.22	0.6	0.14	0.11								6.88	40	0.3	0.009	
比较例13	0.08	0.06	0.15	0.01								0.008	7.19	140	0.08	0.008
比较例14	0.08	0.06	0.16	0.55								0.008	6.88	160	0.07	0.008
比较例15	0.15	0.09	0.71	0.11	4.2							6.75	35	0.08	0.007	
比较例16	0.12	0.08	0.15	0.08	4.2							6.77	51	0.07	0.006	
比较例17	0.08	0.06	0.18	0.09	1.5	1	0.11					6.98	32	0.06	0.007	
比较例18	0.14	0.06	0.20	0.45	2			0.6				6.95	30	0.07	0.008	
比较例19	0.07	0.07	0.13	0.08	2	1.5		0.16				7.16	25	0.05	0.006	
比较例20	0.06	0.06	0.14	0.19	1.5	1	0.003	0.2		0.14	7.18	33	0.07	0.008		

### 实施例3

本实施例是与权利要求3和7有关的本发明例和比较例。

表4示出了本发明例和比较例中所用粉体的化学组成。这些钢粉是将钢水用水喷雾所得到的生粉在氮气气氛中140°C下干燥60分钟，在纯氢气氛930°C下还原20分钟，然后粉碎分级，制造出大体上由S、Cr、Mn其余为Fe和不可避免的杂质所组成的原料粉，接着在该原料粉中用V型混合机按所规定的量混入Ni粉、 $\text{MoO}_3$ 粉、Cu粉。为得到部份扩散粉，将该混合粉末在氮气气氛中900°C下加热30分钟，缓冷后粉碎分级，结果得到如表4所示化学组成的粉末。

压缩性和切削性的评价采用与实施例2同样的方法进行。

烧结时的尺寸变化也采用与实施例2同样的方法来评价。

表4汇总示出了压粉密度、工具寿命和尺寸变化率的结果。如果将满足权利要求3和7要点的雾化钢粉配成Fe-0.9%Cr-1.0%ZnSt于1150°C下并将其在氮气气氛中烧结30分钟，则显示了本发明例的工具寿命为100次以上，波动幅度(A)为0.10%以下，且波动幅度(B)为0.01%以下这样的良好尺寸精度。

本发明例29、35、36是在含Cr0.06~0.09%(重量)、含S0.05~0.15%(重量)、含Mn0.05~0.15%(重量)的钢粉中混合1种以上的Ni源4%(重量)以下，Mo源2%(重量)以下，Cu源2%(重量)以下，经热处理扩散附着的范围适宜的合金钢粉，尺寸稳定性满足波动幅度(A)为0.05%以下，且波动幅度(B)也为0.005%以下，表明其尺寸稳定性极为优良，工具寿命也超过300次。

比较例21由于S含量不足0.005%(重量)，显示出切削性和尺寸稳定性降低。比较例22因S含量超过0.3%(重量)，显示出压缩性差。

比较例23由于Cr含量不足0.03% (重量), 显示出切削性、尺寸稳定性者差。比较例24因Cr含量在0.1% (重量)以上, 显示出压缩性、切削性和尺寸稳定性差。比较例25因Mn含量超过0.5% (重量), 显示出压缩性差。此外在Mn含量不足0.03% (重量)时, 看不出涉及压缩性、切削性和尺寸精度的效果。比较例26、27、28因Ni源量、Mo源量、Cu源量分别超过5.0、3.0、5.0% (重量), 显示出切削性降低。如果Ni源量、Mo源量按较佳值0.1% (重量)以上,Cu源量按较佳值0.5% (重量)以上添加, 则与不添加各元素相比较看得出强度的提高。

表 4

No.	原料物(重量%)			扩散附着物(重量%)			压粉密度 (g/cm <sup>3</sup> )	工具寿命(次)	波动幅度(A)	波动幅度(B)	尺寸变化率(%)
	S	Cr	0	Mn	Ni	No					
实施例28	0.006	0.06	0.15	0.04	0.05		7.21	165	0.09	0.008	
实施例29	0.08	0.06	0.13	0.08	2		7.21	355	0.04	0.004	
实施例30	0.29	0.07	0.11	0.3	0.02		7.21	390	0.06	0.006	
实施例31	0.14	0.06	0.15	0.2	1.5		7.22	290	0.07	0.007	
实施例32	0.02	0.05	0.21	0.05		0.5	7.21	331	0.08	0.006	
实施例33	0.08	0.06	0.28	0.35		2.5	7.22	190	0.06	0.006	
实施例34	0.008	0.06	0.07	0.48	1.5	2	7.22	185	0.09	0.009	
实施例35	0.09	0.09	0.21	0.15	2.5	2	7.21	395	0.04	0.005	
实施例36	0.11	0.08	0.22	0.08	4	0.7	1.3	7.21	350	0.04	0.004
比较例21	0.003	0.08	0.15	0.1	1.5		7.22	31	0.15	0.013	
比较例22	0.35	0.06	0.12	0.08	2	1	6.85	250	0.06	0.007	
比较例23	0.08	0.02	0.19	0.14		0.5	7.21	22	0.12	0.015	
比较例24	0.07	0.52	0.25	0.07	1	1	6.92	30	0.30	0.009	
比较例25	0.08	0.06	0.08	0.55		1	6.89	151	0.07	0.007	
比较例26	0.06	0.07	0.21	0.11	5.3		7.20	15	0.06	0.006	
比较例27	0.22	0.08	0.16	0.08	3.5		7.21	25	0.08	0.006	
比较例28	0.08	0.09	0.15	0.13		5.5	7.21	26	0.07	0.008	

#### 实施例4

本实施例是权利要求4和8的本发明例和比较例。表5和表6示出了在发明例和比较例中所用钢粉的化学组成。这些钢粉是将钢水用水喷雾得到的生粉在氮气气氛中于140°C干燥60分钟后，在纯氢气氛中930°C下还原20分钟，然后粉碎分级，制造出如表5 原料粉部份所示的大体由合金成分和其余为铁与不可避免杂质组成的原料粉。接着用V型混合机将Ni粉、Mo粉、Cu粉按规定量混合进原料粉中。为得到部份扩散粉将该混合粉末在氮气的分解气氛中，于900°C下加热30分钟并缓冷后粉碎分级，结果得到具有如表5和6 所示化学组成的粉末。

压缩性、切削性和尺寸稳定性的评价的实施例2为准。

表5和6表示出了压粉密度、工具寿命和烧结尺寸变化的结果。如果将满足权利要求4和8 要点的雾化钢粉配成 Fe- 0. 9%Cr- 1. 0%ZnSt，并在氮气气氛中1150°C下烧结30分钟，则显示出工具寿命为100次以上，波动幅度(A) 在0.10%以下，并且波动幅度(B) 为0.01%以下这样的良好尺寸精度。发明例42、43、46是在含Cr0.06 ~ 0.09% (重量)、S0.05 ~ 0.15% (重量) 和Mn0.05 ~ 0.15% (重量)，并含1种以上Ni2.0% (重量) 以下、Mo2.0% (重量) 以下、Si0.01 ~ 0.03% (重量)、Al0.01 ~ 0.03% (重量)、V0.1 ~ 0.4% (重量)、Nb 0.01 ~ 0.03% (重量) 的予合金钢粉中，混合1种以上Ni粉4% (重量) 以下、Mo粉2.0% (重量) 以下、Cu粉2.0% (重量) 以下，经热处理使其扩散附着的范围适宜的合金钢粉，其尺寸稳定性满足波动幅度(A) 为0.05%以下，波动幅度(B) 也在0.005%以下，表明其尺寸稳定性极其优良，工具寿命也超过300次。

比较例29由于S含量不足0.005% (重量), 显示出尺寸稳定性降低。比较例30因S含量超过0.3% (重量), 显示出压缩性差。比较例31因Cr含量不足0.03% (重量), 显示出切削性、尺寸稳定性差。比较例32因Cr含量在0.1% (以上), 显示出压缩性、尺寸稳定性差。比较例33因Mn含量超过0.5% (重量), 显示出压缩性差。此外Mn含量不足0.03% (重量)时看不出切削性的提高。比较例34、35由于原料粉加入的Ni量、Mo量分别超过4.0% (重量), 显示出压缩性、切削性降低。此外原料粉加入的Ni量、Mo量不足0.1% 的情况与不添加各元素的情况相比看不出强度的提高, 由合金成本的观点看也不实用。若将比较例36与发明例40比较, 则看出通过添加Nb使压缩性、切削性提高, 但一旦超过0.05% (重量)则压缩性、切削性反倒降低。将比较例37和发明例41相比较, 看出通过添加V使压缩性提高, 但若超过0.5% (重量)则切削和压缩性降低。将比较例38和发明例46作比较, 看出通过添加Si一般使切削性提高, 但一旦超过0.1% (重量) 则切削性反倒降低。将比较例39与发明例42作比较, 看出通过添加Al一般使切削性提高, 但若超过0.1% (重量)则切削性反而降低。根据比较例40、41、42可知, 若作为扩散附着源的Ni量、Mo量、Cu量分别超过5.0% (重量)、3.0% (重量)、5.0% (重量), 则切削性降低。此外如果作为扩散附着源的Ni量、Mo量按较佳值0.1% (重量)以上、Cu量按0.5% (重量)以上添加, 则看出与不添加各元素的情况相比强度提高。

表 5

No. *	原料粉(重量%)								扩散附着物 (重量%)			压粉密度 (g/cm <sup>3</sup> )	Mo 总量% (次)	工具寿命 (次)	尺寸变化率 (%)	
	S	Cr	O	Mn	Ni	Nb	V	Si	Al	Ni	Ho				(A)	(B)
Ex. 37	0.008	0.06	0.14	0.04	0.31					2		7.14	0	171	0.09	0.009
Ex. 38	0.09	0.09	0.12	0.15	3.9					1.5	3	7.05	1.5	210	0.07	0.007
Ex. 39	0.08	0.08	0.19	0.08	0.6					2.5		7.18	0.6	285	0.06	0.008
Ex. 40	0.11	0.09	0.21	0.3		0.03					1.5	7.23	1.5	294	0.06	0.007
Ex. 41	0.14	0.06	0.10	0.4			0.45			5		7.21	0	284	0.07	0.006
Ex. 42	0.11	0.06	0.09	0.05	2	1			0.03	1	0.5	7.20	1.5	402	0.04	0.005
Ex. 43	0.07	0.07	0.19	0.09	0.5	0.03				0.02		7.21	0.52	410	0.04	0.006
Ex. 44	0.16	0.06	0.25	0.14		1.5	0.06	0.05			4	7.2	1.5	235	0.05	0.008
Ex. 45	0.11	0.07	0.15	0.24	0.5	0.03	0.1		2.5		3	7.19	0.3	264	0.06	0.007
Ex. 46	0.07	0.07	0.10	0.11	2	1.5	0.02		3	0.5	7.21	1.5	320	0.05	0.005	

注: Ex. 表示实施例

表 6

No.	原料粉(重量%)										扩散附着物 (重量%)	压粉密度 (g/cm <sup>3</sup> )	Mo 总量% 工具寿命 (次)	尺寸变化率 (%)		
	S	Cr	O	Mn	Ni	Mo	Nb	V	Si	Al						
Comp.29	0.003	0.08	0.08	0.15		0.6				3		7.18	0.6	26	0.14	
Comp.30	0.45	0.07	0.11	0.08	2						1	6.89	0	271	0.06	
Comp.31	0.08	0.02	0.13	0.14	1	0.5					0.5	7.19	1	30	0.11	
Comp.32	0.19	0.52	0.15	0.08	3						2.5	6.79	0	40	0.12	
Comp.33	0.25	0.08	0.16	0.55		1.5					1	6.85	1.5	164	0.07	
Comp.34	0.14	0.06	0.22	0.07	4.5						1	6.89	1	32	0.06	
Comp.35	0.06	0.07	0.12	0.09		4.3					0.5	6.88	4.3	27	0.07	
Comp.36	0.11	0.09	0.18	0.3			0.11				1.5	6.91	1.5	30	0.08	
Comp.37	0.14	0.06	0.15	0.4				0.56		5		6.88	0	41	0.08	
Comp.38	0.07	0.13	0.11	2	1.5			0.16			0.5	7.17	1.5	31	0.07	
Comp.39	0.11	0.06	0.18	0.05	2	1				0.14	1	0.5	7.16	1.5	34	0.07
Comp.40	0.15	0.06	0.17	0.12		0.5					5.2	7.18	0.5	25	0.07	
Comp.41	0.22	0.07	0.16	0.05	1	1					3.3	7.18	4.3	35	0.05	
Comp.42	0.08	0.09	0.13	0.08				0.08			5.1	7.19	0	40	0.06	
														0.007		

注: Comp. 表示比较例

## 实施例5

本实施例是与权利要求1~8相对应的权利要求13和14的本发明例和比较例。在表7所示组成的钢粉中配入石墨和1.0% (重量)硬脂酸锌并混合后,经成形工艺使压粉密度为 $6.85\text{g/cm}^3$ ,于 $1130^\circ\text{C}$ 氮气气氛中烧结20分钟。表7汇总示出了工具寿命和尺寸稳定性。工具寿命、尺寸稳定性评价采用与实施例1和2同样的方法进行。

残留石墨量是用玻璃过滤器将硝酸溶解残渣过滤,用红外线吸收法定量化。

此外,用电子探针X射线显微分析仪(以下称为EPMA)对Mn、S实施全面分析。通过该两个元素同时输出确认Mn、S的析出。

发明例47~50显示出烧结钢的含C量是0.4~0.15% (重量)的场合,具有300次以上的工具寿命和波动幅度(B)不足0.01%的优良尺寸稳定性。由比较例43得知烧结钢含C量不足0.4% (重量)时尺寸稳定性差,由比较例44看出烧结钢含量C量超过1.5% (重量)则切削性差。

本发明例中残留石墨为0.05% (重量)以上,经过EPMA进行C变换,结果发现石墨在气孔部分内集中残留,MnS在整个组织内析出。对拉伸试片进行断面观察,通过能量分散X射线分光镜确认Mn和S,对50个含该Mn和S的夹杂的尺寸进行测定,在测定位置全部为 $5\mu\text{m}$ 以下。

据此可知,如果是具备本发明要点的各发明例的钢粉,则可以容易地得到具有气孔内残留石墨,铁粒子内和粒子间界 $5\mu\text{m}$ 以内存在MnS这样的组织的,切削性、尺寸稳定性和强度优良的烧结钢。

表 7

No. *	原料粉(重量%)								扩散附着物 (重量%)			C的 添加量 (g/cm <sup>3</sup> )	压粉密度 (g/cm <sup>3</sup> )	工具寿命 (次)	波动幅度 (A) Z	残留石墨量 %		
	S	Cr	D	Hn	Nl	Nb	V	Si	Al	Ni	Mn	Cu						
Ex. 47	0.08	0.06	0.13	0.08									0.5	7.25	551	0.07	0.006	
Ex. 48	0.15	0.09	0.12	0.15	0.4	0.4	0.003	0.15	0.03	0.02			1.0	7.21	334	0.06	0.006	
Ex. 49	0.12	0.07	0.15	0.2									0.3	0.5	351	0.08	0.008	
Ex. 50	0.11	0.08	0.18	0.06	0.1	1.5	0.005	0.3	0.02	0.03	2	0.2	0.1	0.8	7.21	377	0.06	
Comp. 43	0.1	0.08	0.15	0.11		1		0.1					3.5	0.5	0.3	7.21	291	0.16
Comp. 44	0.22	0.09	0.12	0.4	0.5	1	0.003	0.02		2	1	5.5	1.22	34	0.08	0.008	4.0	

注: Ex. 表示实施例, Comp. 表示比较例。

## 实施例6

本实施例是与权利要求9有关的本发明例和比较例。

表8示出了本发明例和比较例中所用钢粉的化学组成。这些钢粉的制造方法是：将钢水用水喷雾。所得生粉在氮气气氛中140°C下干燥60分钟，用纯氢气氛930°C还原20分钟，然后粉碎分级。

在所得各钢粉中添加1%硬脂酸锌，以成形压力5t/cm<sup>2</sup>成形为Φ11×10mm的小块，此时的压粉密度示于表8。表明本发明例所用钢粉的压粉密度全部为6.85g/cm<sup>3</sup>以上。

在这些钢粉中混合铜粉2%（重量）、硬脂酸锌1%（重量），以及表8所示量的天然石墨，再成形为外径Φ60高10mm的圆片形，其压粉密度为6.85g/cm<sup>3</sup>，再在1130°C的氮气气氛下烧结20分钟。

切削性的评价采用与实施例1同样的方法进行。

耐磨损性通过大越式实验法评价。采用10 小时试验后磨损量的测定值作为耐磨损性指标。

表8汇总了切削性试验和耐磨试验的结果。在将满足本发明权利要求9的本发明例51-57的钢粉进行烧结的场合，磨损量与含Cr量少的比较例45的12~18μm相比要小。并且能确保工具寿命600 次以上，烧结后既未发现产生煤灰，又不污染炉子。

与此相对应的含Cr量低的比较例45虽然是在本发明的范围内（权利要求1），但因为是在兼顾耐磨性和切削性的适宜范围（权利要求9）之外，所以耐磨损性差。此外，比较例48和49 虽然是在本发明的范围内（权利要求1），但由于是在耐磨性和切削性二者兼顾的适宜范围之外（锰含量高，S 含量低），所以工具寿命比实施例51-58 的差些。含氧量高的比较例51 切削性差，而高含 S 量的比较例50 在烧结后发现有煤灰产生。

高Cr含量的比较例46、低Mn含量的比较例47切削性差。

残留石墨量采用与实施例5同样的方法定量化。在含Cr和Mn、S的合金粉末中，残留石墨为0.1%（重量）以上且平均尺寸为 $10\mu\text{m}$ 以上的场合下切削性优良。在任何情况下MnS的尺寸为 $3\mu\text{m}$ 以下则认为是小的。此外，不生成MnS的低Mn含量比较例47切削性差，可知烧结钢中存在MnS对于良好的切削性而言也是必要的。

通过EPMA进行C变换，结果发现石墨集中残留在气孔部份内。

与此相对照的是，在石墨添加量低的比较例52中，残留石墨量不足0.05%（重量），用EPMA进行C变换不能确认出气孔部份中残留的石墨，其切削性差。

表 8

No.	组分 (重量%)				压粉密度 (g/cm <sup>3</sup> )	石墨的 添加量	工具寿命 (次)	磨损量 (μm)	煤灰的产生	残留石墨量 (重量%)	残留 石墨的大小
	Cr	Mn	S	O							
实施例 51	0.10	0.09	0.08	0.15	6.91	0.8	650	15	无	0.1	16
实施例 52	0.20	0.07	0.08	0.17	6.89	0.8	620	15	无	0.11	15
实施例 53	0.30	0.07	0.11	0.19	6.87	0.8	640	18	无	0.1	15
实施例 54	0.15	0.06	0.06	0.24	6.87	0.4	625	12	无	0.12	16
实施例 55	0.13	0.05	0.05	0.28	6.88	0.8	630	13	无	0.15	17
实施例 56	0.28	0.05	0.05	0.28	6.88	1.2	610	14	无	0.45	15
实施例 57	0.23	0.08	0.12	0.24	6.89	0.8	600	15	无	0.2	12
实施例 58	0.11	0.03	0.07	0.13	6.88	0.8	640	15	无	0.22	14
比较例 45	0.05	0.06	0.06	0.25	6.75	0.8	630	81	无	0.05	15
比较例 46	0.5	0.09	0.12	0.17	6.87	0.8	30	8	无	0.25	9
比较例 47	0.2	0.01	0.1	0.19	6.86	0.8	24	15	无	0.12	13
比较例 48	0.13	0.15	0.12	0.16	6.86	0.8	230	18	无	0.06	15
比较例 49	0.25	0.07	0.02	0.17	6.87	0.8	240	16	无	0.06	15
比较例 50	0.3	0.06	0.35	0.16	6.86	0.8	600	14	有	0.2	15
比较例 51	0.3	0.07	0.06	0.35	6.72	0.8	30	13	无	0.05	5
比较例 52	0.22	0.08	0.08	0.22	6.87	0.2	32	40	无	0.02	8
比较例 53	0.15	0.08	0.09	0.22	6.87	5.2	40	12	无	3.4	13

## 实施例7

本实施例是与权利要求10有关的本发明例与比较例。

表9示出了本发明例和比较例中所用钢粉的化学组成。这些钢粉的制造方法如下：将钢水用水喷雾得到的生粉在氮气气氛中140°C下干燥60分钟后，在纯氢气气氛中930°C下还原20分钟，然后粉碎分级。采用与实施例6同样的方法对所得钢粉进行压缩性评价。但本发明例中所用钢粉全部采用5t/cm<sup>2</sup>的成形压力，显示出6.85g/cm<sup>3</sup>以上的压粉密度。

向这些钢粉中混合1%（重量）的硬脂酸锌和表10所示量的石墨，成形为外径Φ60高10mm的圆片形，其压粉密度为6.85g/cm<sup>3</sup>，再于1130°C氮气气氛中烧结20分钟。

切削性和耐磨性评价分别采用与实施例2和实施例6相同的方法。

表10汇总示出了切削性试验和耐磨损性试验的结果。在将满足本发明权利要求10的本发明例59～68的钢粉进行烧结的场合，磨损量与含Cr量少的比较例54的10～15μm相比格外小。此外能将工具寿命确保在320次以上。再有，烧结后既未发现产生煤灰，也没有污染炉子。

与此相反的是，虽然低Cr含量的比较例54是在本发明的范围内（权利要求2），但因为是在耐磨性和切削性二者兼顾的范围之外，所以耐磨性差。此外，虽然比较例57和58是在本发明的范围内（权利要求2），但由于是在耐磨损性和切削性两者兼顾的适宜范围（权利要求10）之外含高Mn、低S，所以工具寿命与本发明例59～68相比差一些。

高氧含量的比较例60切削性差。

高Cr含量的比较例55,低Mn含量的比较例56切削性差。

高S含量的比较例59烧结后发现产生煤灰。Ni、Mo、Nb、V、Si、Al含量超出权利要求10范围的比较例61~66切削性差。

残留石墨量采用与实施例5同样的方法定量化。本发明例59~68因残留石墨全部是在0.1% (重量)以上,且其平均尺寸为 $10\mu\text{m}$ 以上,所以切削性优良。通过EPMA C变换,结果表时石墨集中残留在气孔部位内。

与此相对照的是在高氧含量的比较例60,石墨添加量低的比较例67中,残留石墨量为不足0.10% (重量),用EPMA作C变换不能确认出在气孔部位内残留的石墨,其切削性差。

此外在予合金中的Ni、Mo为2.0% (重量)以下适宜范围的场合,再有在作为扩散附着成分的Ni、Mo、Cu各为4、2、2% (重量) 的场合,可知残留石墨的尺寸成为 $30\mu\text{m}$ 以上,因固溶硬化等造成的切削性降低少。

表 9

No.	组分(重量%)		Cr	Mn	S	O	Ni	Mo	Nb	V	Si	Al
实施例 59			0.25	0.09	0.08	0.16	2					
实施例 60			0.25	0.05	0.12	0.24		1.5				
实施例 61			0.28	0.03	0.05	0.07			0.01			
实施例 62			0.23	0.06	0.12	0.24				0.1		
实施例 63			0.19	0.07	0.08	0.28					0.1	
实施例 64			0.18	0.05	0.11	0.13						0.02
实施例 65			0.15	0.08	0.06	0.18	2	1			0.02	
实施例 66			0.13	0.05	0.05	0.28	1.5	1				0.03
实施例 67			0.28	0.03	0.05	0.24		1.5	0.02	0.15		
实施例 68			0.20	0.08	0.08	0.15	1.5	1	0.02	0.1	0.01	0.01
比较例 54			0.05	0.08	0.11	0.25					0.03	0.05
比较例 55			0.5	0.09	0.12	0.22	0.5	1				
比较例 56			0.23	0.01	0.08	0.19		0.5				
比较例 57			0.19	0.15	0.06	0.16				0.15		
比较例 58			0.11	0.08	0.02	0.17	1	1				
比较例 59			0.18	0.06	0.35	0.16			0.05			
比较例 60			0.25	0.07	0.11	0.35					0.1	
比较例 61			0.15	0.09	0.08	0.15	4.5		0.02			
比较例 62			0.13	0.06	0.12	0.22		4.3				
比较例 63			0.28	0.08	0.09	0.22			0.07	0.1		
比较例 64			0.29	0.04	0.06	0.15		2		0.6		
比较例 65			0.25	0.06	0.11	0.18	1				0.13	
比较例 66			0.15	0.07	0.12	0.16		3				0.12
比较例 67			0.13	0.08	0.06	0.18	2	1			0.02	
比较例 68			0.3	0.08	0.06	0.18	2	1			0.02	

表 10

No.	压粉密度 (g/cm <sup>3</sup> )	石墨添加量 (%)	工具寿命 (次)	磨损量 (μm)	煤灰的 产生	残留 石墨量 重量%	残留石墨 的大小
实施例 59	6.87	0.6	330	10	无	0.22	35
实施例 60	6.83	0.8	330	15	无	0.25	32
实施例 61	6.88	0.8	405	11	无	0.25	16
实施例 62	6.89	0.8	408	15	无	0.15	18
实施例 63	6.89	0.8	375	10	无	0.12	15
实施例 64	6.89	0.8	350	14	无	0.14	35
实施例 65	6.87	0.8	352	13	无	0.25	34
实施例 66	6.88	0.8	372	13	无	0.22	32
实施例 67	6.92	0.8	328	14	无	0.2	33
实施例 68	6.91	0.8	325	13	无	0.21	31
比较例 54	6.89	0.8	341	45	无	0.07	16
比较例 55	6.78	0.8	20	8	无	0.24	10
比较例 56	6.88	0.8	40	13	无	0.12	31
比较例 57	6.89	0.8	185	14	无	0.06	15
比较例 58	6.88	0.8	170	14	无	0.07	14
比较例 59	6.85	0.8	320	15	有	0.2	15
比较例 60	6.86	0.8	25	17	无	0.02	4
比较例 61	6.78	0.8	35	10	无	0.12	12
比较例 62	6.80	0.8	30	4	无	0.15	11
比较例 63	6.80	0.8	25	1	无	0.24	15
比较例 64	6.81	0.8	30	7	无	0.13	32
比较例 65	6.83	0.8	15	6	无	0.15	32
比较例 66	6.84	0.8	30	3	无	0.2	12
比较例 67	6.87	0.3	75	48	无	0.01	7
比较例 68	6.87	5.2	25	8	无	3.3	30

## 实施例8

本实施例是与权利要求11有关的本发明例和比较例。

表11示出了本发明例和比较例中所用钢粉的化学组成。这些钢粉是将钢水用水喷雾得到的生粉在氮气气氛下以140°C干燥60分钟，在纯氢气气氛中以930°C还原20分钟，然后粉碎分级，制造也大体由S、Cr、Mn、其余部份为Fe和不可避免杂质组成的原料粉。接着用V型混合机将Ni粉、Mo粉、Cu粉按规定量混入该原料粉。为得到部份扩散粉，将该混合粉末在氨分解气氛的气体中于900 °C加热30分钟并缓冷，然后粉碎分级，得到具有表11所示化学组成的粉末。

在钢粉中混合1% (重量) 的硬脂酸锌，以及表11所示量的石墨，成形为外径Φ60高10mm的圆片形，其压粉密度为6. 85g/cm<sup>3</sup>，再在1130°C氮气气氛中烧结20分钟。

切削性和耐磨损性的评价采用与实施例7同样的方法进行。

表11汇总了被切削性试验和耐磨损试验的结果。在将满足本发明权利要求11的本发明例69~76的钢粉进行烧结的场合，磨损量与含Cr量少的比较例69的10~14μm相比特别小。再有能确保工具寿命为190次以上。此外烧结后既未发现产生煤灰，也不污染炉子。

与此相对照的是，低Cr含量的比较例69虽然是在本发明的范围内，(权利要求3)，但因为是在耐磨性和切削性二者兼顾的范围(权利要求11)之外，所以耐磨性差。比较例72和73 虽然是在本发明的范围内(权利要求3)，但与耐磨性和切削性二者兼顾的范围(权利要求11)相比为高Mn、低S，所以比本发明例69~76切削性差一些。高氧含量的比较例75切削性差。

高S含量的比较例74烧结后发现有煤灰产生。高Cr含量的比较

例 70, 低 Mn 含量的比较例 71 切削性差。作为扩散附着物源的 Ni、Mo、Cu 量超过本发明权利要求 11 范围的比较例 76 - 78 切削性差。残留的石墨量用与实施例 5 的相同方法定量化, 69 - 76 残留石墨量全都为 0.10% (重量) 以上, 其平均尺寸为  $10 \mu\text{m}$  以上, 所以切削性优良。通过 EPMA<sup>A</sup> 进行 C 变换, 结果表明石墨集中残留在气孔部位中。

与此相对照的是, 在石墨添加量低的比较例 79 中, 残留石墨量不足 0.1% (重量), 通过 EPMA 的 C 变换不能确认出气孔部位内残留的石墨, 其切削性差。

此外, 在予合金中的 Ni、Mo 为 2% (重量) 以下适宜范围的场合, 并且在扩散附着成分 Ni、Mo、Cu 各为 4、2、2% (重量) 以下的场合, 可知残留石墨的尺寸成为  $30 \mu\text{m}$  以上, 因固溶硬化造成的切削性降低少。

表 11

No. *	原料粉(重量%)				扩散附着物 (重量%)		压粉密度 (g/cm <sup>3</sup> )		石墨添加量 (wt%)		工具寿命 (次)		磨灰的产生		残留石墨 重量%		残留石墨 大小	
	Cr	Mn	S	O	Ni	Mo	Cu											
实施例 69	0.25	0.06	0.12	0.24	0.5			6.88	0.8	302	10	无	0.22	32				
实施例 70	0.13	0.05	0.05	0.07	4.5			6.89	0.8	320	10	无	0.14	22				
实施例 71	0.28	0.08	0.05	0.24	0.3			6.90	0.8	310	10	无	0.2	34				
实施例 72	0.1	0.09	0.08	0.13	3			6.90	0.8	190	12	无	0.14	22				
实施例 73	0.3	0.07	0.11	0.19	3			6.89	0.8	190	14	无	0.18	32				
实施例 74	0.15	0.06	0.06	0.16	2	1		6.90	1.5	330	10	无	0.22	32				
实施例 75	0.28	0.05	0.05	0.24	2	0.5		6.90	0.8	230	13	无	0.2	30				
实施例 76	0.29	0.08	0.08	0.07	4	0.3	1.5	6.90	0.8	305	12	无	0.21	35				
比较例 69	0.05	0.06	0.06	0.25	0.5	1		6.89	0.8	315	51	无	0.07	13				
比较例 70	0.5	0.09	0.12	0.22	0.5	2		6.80	0.8	11	12	无	0.24	10				
比较例 71	0.2	0.01	0.1	0.19	1			6.89	0.8	9	13	无	0.16	30				
比较例 72	0.13	0.15	0.12	0.16	0.3	1		6.87	0.8	160	12	无	0.07	15				
比较例 73	0.25	0.07	0.02	0.17	1.5			6.88	0.8	170	13	无	0.06	13				
比较例 74	0.3	0.06	0.37	0.21	3	0.5		6.89	0.8	225	12	有	0.17	14				
比较例 75	0.3	0.07	0.06	0.36	2			6.73	0.8	12	11	无	0.05	3				
比较例 76	0.22	0.08	0.08	0.21	6	1		6.89	0.8	7	13	无	0.13	11				
比较例 77	0.15	0.08	0.09	0.18	3.5			6.90	0.8	8	15	无	0.16	10				
比较例 78	0.15	0.06	0.06	0.25	1	5.5		6.89	0.8	6	13	无	0.19	12				
比较例 79	0.13	0.05	0.05	0.22	1	1.5		6.89	0.3	10	38	无	0.02	10				
比较例 80	0.28	0.05	0.05	0.15	1	1.5		6.89	5.4	4	15	无	3.9	10				

## 实施例9

本实施例是与权利要求12有关的本发明例和比较例。

表12示出了本发明例和比较例所用钢粉的化学组成。这些钢粉是将钢水用水喷雾得到的生粉在氮气气氛中140°C下干燥60分钟后，在纯氢气气氛中930°C下还原20分钟，然后粉碎分级，制造出大体上由S、Cr、Mn、Ni、Mo、Nb、V、Si、Al、其余为Fe和不可避免杂质所组成的原料粉。接着用V型混合机按规定量将Ni粉、Mo粉、Cu粉混合进该原料。为得到部份扩散合金粉，将该混合粉末在氨分解气氛气体中900°C下加热30分钟并缓冷后粉碎分级，得到表12所示化学组成的粉末。

在钢粉中混合1%（重量）的硬脂酸锌和表12所示量的石墨，成形为外径Φ60高10mm的圆片形，其压粉密度为6.85g/cm<sup>3</sup>，再在1130°C氮气气氛中烧结20分钟。

对切削性和耐磨损性的评价采用与实施例7同样的方法。

表13汇总了切削性试验和耐磨损性试验的结果。将满足权利要求12的本发明例77~86的钢粉进行烧结的场合，磨损量与含Cr量少的比较例81的11~14μm相比特别小。再有能确保工具寿命在190次以上。此外烧结后既未发现产生煤灰，又不污染炉子。

与此相对照的是，低Cr含量的比较例81虽然是在本发明的范围内（权利要求4），但因为是在耐磨损性和切削性二者兼顾的范围（权利要求12）之外，所以耐磨损性差。比较例84和85 虽然是在本发明的范围内（权利要求4），但因为与耐磨损性和切削性二者兼顾的范围（权利要求12）相比为高Mn、低S，所以比本发明例77~86 的切削性差一些。高氧含量的比较例87切削性差。

高S含量的比较例86在烧结后发现有煤灰产生。高Cr含量的比较例82、低Mn含量的比较例83切削性差。原料粉的Ni、Mo、Nb、V、Si、Al含量，作为扩散附着物源的Ni、Mo、Cu量超过权利要求12范围的比较例81～93和96～98切削性差。

残留石墨量采用与实施例5同样的方法定量化。由于本发明例77～86的残留石墨量全部为0.10%（重量）以上、且其平均尺寸在10 $\mu\text{m}$ 以上，所以切削性优良。通过EPMA C变换，结果表明石墨集中残留在气孔部位中。与此相对照的是，在石墨添加量低的比较例94中，残留石墨量不足0.1%（重量），通过EPMA和C变换不能确认出气孔部位中残留的石墨，其切削性差。

此外在子合金中的Ni、Mo为2%（重量）以下的适宜场合，并且扩散附着成分Ni、Mo、Cu各为4、2、2%（重量）以下的场合，可知残留石墨的尺寸成为30 $\mu\text{m}$ 以上，因固溶硬化等造成的切削性降低少。

按照本发明可制造出切削性、尺寸精度和耐磨损性优良的雾化钢粉和烧结钢。

表 12

(单位: 重量 %)

No. *	原料粉										扩散附着物		
	S	Mn	S	O	Ni	Mo	Nb	V	Si	Al	Ni	Mo	Cu
Ex. 77	0.3	0.07	0.11	0.15	3.9							0.5	
Ex. 78	0.13	0.05	0.05	0.24		1.5					2	0.5	1.5
Ex. 79	0.29	0.08	0.08	0.13			0.05				2		
Ex. 80	0.19	0.07	0.08	0.19				0.5			2	1	
Ex. 81	0.18	0.05	0.11	0.28					0.1		3	0.5	1.5
Ex. 82	0.13	0.05	0.05	0.07						0.05		1.5	
Ex. 83	0.28	0.03	0.05	0.18	2	1							1
Ex. 84	0.25	0.06	0.12	0.16				0.15	0.03	0.01		0.3	2
Ex. 85	0.15	0.06	0.06	0.17		0.5	0.02		0.01	0.02	2	0.5	0.2
Ex. 86	0.13	0.05	0.05	0.16	0.2	0.2	0.02	0.1	0.01	0.01	2	1	0.1
Comp. 81	0.05	0.06	0.06	0.22	1				0.03		1		
Comp. 82	0.5	0.09	0.12	0.18		2		0.2				0.5	
Comp. 83	0.2	0.01	0.1	0.19		1			0.05				2
Comp. 84	0.13	0.15	0.12	0.16	3			0.15			2	1	
Comp. 85	0.25	0.07	0.02	0.17	1	1						0.5	
Comp. 86	0.3	0.06	0.32	0.16			0.05					1	2
Comp. 87	0.3	0.07	0.06	0.35					0.1		0.5	0.5	
Comp. 88	0.25	0.06	0.12	0.15	4.5	1						0.5	
Comp. 89	0.15	0.06	0.06	0.22		4.3							0.5
Comp. 90	0.13	0.05	0.05	0.22	1		0.07				1	3	
Comp. 91	0.28	0.05	0.05	0.15		1		0.6				0.5	
Comp. 92	0.29	0.08	0.08	0.18	2				0.13				2
Comp. 93	0.23	0.08	0.12	0.16		1				0.12	1		2
Comp. 94	0.25	0.05	0.12	0.24		1.5					2	0.5	1.5
Comp. 95	0.18	0.08	0.06	0.16				0.15	0.03			0.3	2
Comp. 96	0.13	0.11	0.05	0.22		0.2					5.2		
Comp. 97	0.25	0.08	0.06	0.26	1.2							3.2	
Comp. 98	0.12	0.09	0.05	0.18			1.5						5.1

注: Ex. 表示实施例, Comp. 表示比较例。

表 13

No.	压粉密度 (g/cm <sup>3</sup> )	石墨 添加量 (%)	工具寿命 (次)	磨损量 (μm)	煤灰 的产生	残留 石墨量 重量%	残留石墨 的大小
实施例 77	6.87	0.8	780	12	无	0.13	21
实施例 78	6.88	0.8	190	12	无	0.13	32
实施例 79	6.87	0.8	220	12	无	0.22	31
实施例 80	6.87	0.8	230	12	无	0.15	31
实施例 81	6.87	1.2	270	12	无	0.37	32
实施例 82	6.88	0.8	270	13	无	0.11	35
实施例 83	6.89	0.8	280	14	无	0.13	30
实施例 84	6.90	0.8	210	12	无	0.16	30
实施例 85	6.90	0.8	215	13	无	0.21	32
实施例 86	6.90	0.8	220	12	无	0.22	35
比较例 81	6.90	0.8	230	45	无	0.06	13
比较例 82	6.75	0.8	15	13	无	0.24	9
比较例 83	6.88	0.8	35	12	无	0.15	31
比较例 84	6.90	0.8	120	13	无	0.06	12
比较例 85	6.88	0.8	130	14	无	0.06	12
比较例 86	6.86	0.8	205	13	有	0.2	21
比较例 87	6.75	0.8	8	12	无	0.06	6
比较例 88	6.80	0.8	7	13	无	0.13	21
比较例 89	6.83	0.8	9	15	无	0.15	20
比较例 90	6.82	0.8	10	14	无	0.22	13
比较例 91	6.82	0.8	7	13	无	0.15	31
比较例 92	6.84	0.8	8	13	无	0.17	30
比较例 93	6.84	0.8	11	14	无	0.18	31
比较例 94	6.88	0.3	9	40	无	0.02	31
比较例 95	6.59	5.3	6	14	无	3.5	30
比较例 96	6.68	0.8	7	13	无	0.12	22
比较例 97	6.87	0.8	10	12	无	0.14	21
比较例 98	6.88	0.8	11	13	无	0.13	20