



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101925687 B

(45) 授权公告日 2013.01.02

(21) 申请号 200980103151.7

(22) 申请日 2009.01.20

(30) 优先权数据

2008-016653 2008.01.28 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010.07.26

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2009/050721 2009.01.20

(87) PCT申请的公布数据

W02009/096260 JA 2009.08.06

(73) 专利权人 株式会社神户制钢所

地址 日本兵库县

(72) 发明人 坂本浩一 堀口元宏 村上昌吾

家口浩 益田真辅 赤泽浩一

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 张宝荣

(51) Int. Cl.

C22C 38/00 (2006.01)

C22C 38/38 (2006.01)

C21C 7/00 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 昭 55-152152 A, 1980.11.27, 全文.

JP 特开 2001-214240 A, 2001.08.07, 全文.

JP 特开 2001-214239 A, 2001.08.07, 全文.

CN 1420197 A, 2003.05.28,

CN 1180113 C, 2004.12.15, 全文.

CN 101003877 A, 2007.07.25,

审查员 连速

权利要求书 1 页 说明书 11 页

(54) 发明名称

被削性优异的机械结构用钢

(57) 摘要

本发明提供一种机械结构用钢,其通过降低 S 含量而维持强度等的机械的特性,并且在以 HSS 工具进行的断续切削和以超硬工具进行的连续切削的两方面都能够发挥出优异的被削性(特别是工具寿命)。本发明涉及如下机械结构用钢,存在于钢中的氧化物系夹杂物,在设该氧化物系夹杂物的平均组成合计为 100 质量%时,含有 CaO: 10~55 质量%、SiO₂:20~70 质量%、Al₂O₃:大于 0 但在 35 质量%以下、MgO:大于 0 但在 20 质量%以下、MnO:大于 0 但在 5 质量%以下和从 Li₂O、Na₂O、K₂O、BaO、SrO 和 TiO₂ 中选出的 1 种以上:合计 0.5~20 质量%。

1. 一种实施切削加工的被削性优异的机械结构用钢,其特征在于,所述钢含有:C:0.1~1.2质量%、Si:0.03~2质量%、Mn:0.3~1.8质量%、P:大于0但在0.03质量%以下、S:大于0但在0.02质量%以下、Cr:0.3~2.5质量%、Al:0.0001~0.01质量%、Ca:0.0001~0.005质量%、Mg:0.0001~0.005质量%、N:大于0但在0.009质量%以下、O:大于0但在0.005质量%以下,并且,还含有:合计为0.00001~0.0050质量%的从由Li、Na、K、Ba和Sr构成的群中选出的至少1种以上的元素和/或Ti:0.01~0.5质量%,余量含有铁和不可避免的杂质,

并且,存在于机械结构用钢中的氧化物系夹杂物,在将该氧化物系夹杂物的平均组成的合计定为100质量%时,含有:

CaO:10~55质量%、

SiO₂:20~70质量%、

Al₂O₃:大于0但在35质量%以下、

MgO:大于0但在20质量%以下、

MnO:大于0但在5质量%以下、和

从Li₂O、Na₂O、K₂O、BaO、SrO和TiO₂中选出的1种以上:合计为0.5~20质量%。

2. 根据权利要求1所述的机械结构用钢,其特征在于,所述氧化物系夹杂物的平均组成成为,

CaO:10~50质量%、

SiO₂:20~70质量%、

Al₂O₃:7~35质量%、

MgO:1~13质量%、

MnO:1~3质量%、和

从Li₂O、Na₂O、K₂O、BaO、SrO和TiO₂中选出的1种以上:合计为2~6质量%。

3. 根据权利要求1或2所述的机械结构用钢,其特征在于,还含有Mo:大于0但在0.5质量%以下。

被削性优异的机械结构用钢

技术领域

[0001] 本发明涉及为了制造机械零部件而实施切削加工的机械结构用钢,详细地说,是涉及车削这样的连续切削和滚刀(hob)加工这样的断续切削两方面都显示出优异的被削性,并且即使在实施渗碳处理和碳氮共渗处理等的表面硬化处理后,也不会招致韧性的降低的机械结构用钢。

背景技术

[0002] 被利用到以汽车用变速机和差动装置为首的各种齿轮传动装置上的齿轮、轴、滑轮(pulley)和等速万向接头等,此外还有曲轴、连杆等的机械结构用部件,一般在实施锻造等加工后,通过实施切削加工而精整为最终形状。由于该切削加工所需要的成本在制作费用中所占的比例很大,因此要求构成上述机械结构用部件的钢材被削性良好。

[0003] 另一方面,在上述这样的机械结构用部件中,成为最终形状后,会实施渗碳和碳氮共渗处理(包括大气压、低压、真空、等离子体气氛)等的表面硬化处理,并根据需要实施淬火-回火和高频淬火等以确保既定的强度,但是,进行这种处理时会发生强度降低。特别是存在相对于钢材的轧制方向而垂直的方向(一般称该方向为“横向”)的强度降低容易发生的问题。

[0004] 作为不会使机械结构用钢的强度降低,并改善被削性的元素,历来已知有铅(Pb),该Pb在被削性改善上是极其有效的元素。但是,Pb被指出对人体存在有害性,另外在熔炼时的铅的烟尘和切削屑等的处理的点上也有很多问题,因此近年来要求不添加Pb(无Pb)并要发挥良好的被削性。

[0005] 作为不添加Pb而确保良好的被削性的技术,已知有使S含量增加至0.06%左右的钢材。但是,在这一技术中,存在机械的特性(韧性、疲劳强度)容易降低的问题,使S含量增加也存在局限。其被认为是由于硫化物(MnS)会沿轧制方向很长地伸展,因此横向的韧性降低。特别是在要求有高强度化的部件中,需要极力降低S含量。由此,需要不积极地添加Pb和S而用于使被削性提高的技术的确立。

[0006] 在这一背景下,不积极地添加Pb和S,用于发挥良好的被削性的各种技术被提出。特别是对于钢中夹杂物和被削性的关系开展研究(例如非专利文献1)。另外,有关夹杂物的控制的技术也被纷纷提出。

[0007] 例如在专利文献1中公开有一种技术,其通过在一定的氧和Ti量之下添加Ca,使对被削性有效的Ca系硫化物和Ca系氧化物共存,从而使Ti添加高强度钢的被削性提高。另外在专利文献2中公开有一种技术结构用钢,其通过调整Ca/Al比来控制Ca系硫化物或氧化物,由此抑制工具寿命的偏差而获得稳定的被削性。

[0008] 在专利文献3或4中公开有一种技术,其是通过在含有Ca的硫化物系夹杂物中,既定以上确保Ca含量为0.3~40%的硫化物的面积率,或者既定以上确保含有0.1~10%的Ca的硫化物的个数,这均可抑制被削性的偏差。另外在专利文献5和6中公开有一种技术,其利用一种二次结构夹杂物而使机械结构用钢的被削性提高,该二次结构夹杂物其芯

部是含有 Ca 的氧化物,其周围是含有 Ca 的硫化物。

[0009] 在专利文献 7 中公开有一种技术,其通过添加 Ca 来实现氧化物的低熔点化,另一方面是通过控制炼钢条件来抑制 Ca 向硫化物系夹杂物(特别是 MnS)的固溶,以使硫化物系夹杂物微细化,由此提高被削性(特别是切屑处理性和工具寿命)。

[0010] 非专利文献 1:“第 182·183 次西山纪念技术讲座”,(社)日本钢铁协会编,第 181~226 页“夹杂物控制”,平成 16 年 10 月 22 日东京,11 月 12 日神户

[0011] 专利文献 1:特开 2005-272903 号公报

[0012] 专利文献 2:特开 2005-273000 号公报

[0013] 专利文献 3:特开 2000-34538 号公报

[0014] 专利文献 4:特开 2000-219936 号公报

[0015] 专利文献 5:特开 2003-55735 号公报

[0016] 专利文献 6:特开 2004-91886 号公报

[0017] 专利文献 7:特开 2003-213368 号公报

[0018] 例如在作为机械结构用部件之一的齿轮的制造工艺中,一般是对于机械结构用钢(原材)进行锻造,通过滚刀加工进行粗切削,经剃齿(shaving)而精整后,再进行渗碳等的热处理,再度实施研磨加工(珩磨)。但是,在这样的工艺中,因为热处理应变的发生大,所以仅通过研磨加工无法得到修正,部件的尺寸精度变差。近年来,从齿轮使用时的噪音对策出发而要求良好的尺寸精度,作为其对策,进行的是在上述研磨加工之前实施磨削加工(精细磨光 hard finish)。

[0019] 无论采用哪种制造工艺,都需要非常多的工序,切削和磨削所需要的成本变高,因此对工艺整体的成本降低的需求大。因此,对全部工序中可以缩减成本的钢材的期望大。特别是在两种工艺中通用的滚刀加工中,因其工具费用高,所以对工具寿命提高的技术的期待也很大。

[0020] 上述滚刀加工相当于断续切削,作为该滚刀加工所使用的工具,现在主流的是对高速工具钢实施了 AlTiN 等的涂敷的工具(以下简称为“HSS 工具”)。相对于此,在对超硬合金实施 AlTiN 等的涂敷的工具中(以上简称为“超硬工具”),由于存在对正火材应用时容易发生缺口的的问题,因此多被应用于车削等的“连续切削”中。

[0021] 上述断续切削和连续切削其切削装置不同,要选择与各自的切削相应的工具,但在作为被削材的机械结构用钢的任意一种切削中,都期望其具备发挥出良好的被削性的特性。但是,由使用 HSS 工具的滚刀加工(断续切削)进行的切齿,与作为使用超硬工具的连续切削的车削加工相比,有在低速、低温下工具容易氧化、磨损的弊端。因此,供滚刀加工等的断续切削的机械结构用钢,在被削性之中特别要求的是延长工具寿命。

发明内容

[0022] 本发明着眼于上述情况而做,其目的在于,提供一种机械结构用钢,其通过降低 S 含量而维持强度等的机械的特性,并且在以 HSS 工具进行的断续切削(例如滚刀加工)和以超硬工具进行的连续切削(例如车削)的两方面都能够发挥出优异的被削性(特别是工具寿命)。

[0023] 能够达成上述目的的本发明的机械结构用钢,是被削性优异的机械结构用钢,其

存在于钢中的氧化物系夹杂物,在设该氧化物系夹杂物的平均组成合计为 100 质量%时,含有

- [0024] CaO :10 ~ 55 质量%、
- [0025] SiO₂ :20 ~ 70 质量%、
- [0026] Al₂O₃ :大于 0 但在 35 质量%以下、
- [0027] MgO :大于 0 但在 20 质量%以下、
- [0028] MnO :大于 0 但在 5 质量%以下、和
- [0029] 从 Li₂O、Na₂O、K₂O、BaO、SrO 和 TiO₂ 中选出的 1 种以上 :合计 0.5 ~ 20 质量%。
- [0030] 作为本发明的机械结构用钢中的所述氧化物系夹杂物的平均组成,优选为,
- [0031] CaO :10 ~ 50 质量%、
- [0032] SiO₂ :20 ~ 70 质量%、
- [0033] Al₂O₃ :7 ~ 35 质量%、
- [0034] MgO :1 ~ 13 质量%、
- [0035] MnO :1 ~ 3 质量%、和
- [0036] 从 Li₂O、Na₂O、K₂O、BaO、SrO 和 TiO₂ 中选出的 1 种以上 :合计 2 ~ 6 质量%。
- [0037] 在本发明的机械结构用钢的化学成分组成中,如果是机械结构用钢则没有特别限定,但作为优选,例如可列举含有 :
- [0038] C :0.1 ~ 1.2 质量%、
- [0039] Si :0.03 ~ 2 质量%、
- [0040] Mn :0.3 ~ 1.8 质量%、
- [0041] P :大于 0 但在 0.03 质量%以下、
- [0042] S :大于 0 但在 0.02 质量%以下、
- [0043] Cr :0.3 ~ 2.5 质量%、
- [0044] Al :0.0001 ~ 0.01 质量%、
- [0045] Ca :0.0001 ~ 0.005 质量%、
- [0046] Mg :0.0001 ~ 0.005 质量%、
- [0047] N :大于 0 但在 0.009 质量%以下、
- [0048] O :大于 0 但在 0.005 质量%以下,此外还含有
- [0049] 至少从 Li、Na、K、Ba 和 Sr 中选出的至少 1 种以上的元素 :合计 0.00001 ~ 0.0050 质量%,以及
- [0050] Ti :0.01 ~ 0.5 质量%之中的至少一个,余量含有铁和不可避免的杂质。
- [0051] 在上述优选的化学成分组成中,根据需要再含有 Mo :大于 0 但在 0.5 质量%以下也有效。由此钢板的特性得到进一步改善。
- [0052] 根据本发明,通过降低 S 含量而使强度优异,并且通过适当地调整氧化物系夹杂物的各成分而使夹杂物全部在低熔点下容易变形,从而能够得到在以 HSS 工具进行的断续切削(例如滚刀加工)和以超硬工具进行的连续切削(例如车削)的两方面都能够发挥出优异的被削性(特别是工具寿命)的机械结构用钢。

具体实施方式

[0053] 本发明的机械结构用钢,作为化学成分将 S 含量抑制在 0.02 质量%以下是特征之一。通过降低该 S 含量,能够确保钢的强度等的机械特性。但是,降低 S 含量时,对被削性提高有效的硫化物系夹杂物减少。因此,本发明为了补充随着 S 含量的降低硫化物系夹杂物的减少,利用氧化物系夹杂物提高钢的被削性(特别是工具寿命),这是十分重要的要点。

[0054] 本发明的钢并非对 MnS 等硫化物系夹杂物进行控制,而主要是对氧化物系夹杂物的组成进行控制,由此提高钢的被削性(特别是工具寿命)。本发明的钢中所含的氧化物系夹杂物被低熔点化,因此,其由于切削时产生的热而熔融,在工具表面形成保护生成物(覆盖膜 belag)的膜,由此,能够抑制工具磨损。钢中所含的氧化物系夹杂物的低熔点化,能够通过如下方式达成:设氧化物系夹杂物的平均组成的合计为 100%时,除了分别含有 CaO:10~55%、SiO₂:20~70%、Al₂O₃:35%以下(不含 0%)、MgO:20%以下(不含 0%)、MnO:5%以下(不含 0%)以外,还将从 Li₂O、Na₂O、K₂O、BaO、SrO 和 TiO₂ 中选出的至少一种的合计调整到 0.5~20%。规定这些组成的理由如下。还有,氧化物系夹杂物的平均组成例如能够根据以下的方法测定。

[0055] 通过钢材的轧制方向截面的 25mm² 的视野中的 X 射线显微分析(EPMA),测定 CaO、MgO、Al₂O₃、MnO、SiO₂、Na₂O、K₂O、BaO、SrO 和 TiO₂ 等的氧化物含量。但是氧化物系夹杂物的 Li₂O 浓度不能进行测定,因此通过二次离子质谱(SIMS)法,按下述步骤测定。

[0056] (1) 一次标准试料

[0057] 1) 大量制作包括除 Li₂O 的夹杂物组成的合成氧化物,和在其中加入了 Li₂O 的合成氧化物,通过化学分析对其 Li₂O 浓度进行定量分析,制成标准试料。

[0058] 2) 测定所制成的各合成氧化物的 Li 对 Si 的相对二次离子强度。

[0059] 3) 绘出 Li 对 Si 的相对二次离子强度和以前述(1)-1)中分析的 Li₂O 浓度的检量线。

[0060] (2) 二次标准试料(测定环境修正用)

[0061] 1) 为了测定时的环境修正,另行制作在 Si 晶片上进行了 Li 离子注入的标准试料,测定 Li 对 Si 的相对二次离子强度,在实施前述(1)-2)时进行修正。

[0062] (3) 实际的测定

[0063] 1) 通过 EPMA 测定钢中夹杂物的 CaO 等的各浓度。

[0064] 2) 测定钢中夹杂物的 Li 对 Si 的相对二次离子强度,在前述(1)-3)中求得的检量线之中,选择最接近前述(3)-1)的分析结果的检量线,由此求得夹杂物的 Li₂O 含量。

[0065] 存在于本发明的机构结构用钢中的氧化物系夹杂物的比例,如果在能够得到本发明的期望的效果的范围则没有特别限定,但优选的状态是,在本发明规定的氧化物夹杂物的组成之中,优选为了形成低熔点的复合氧化物而积极添加的 Al、Ca、Mg 各元素的添加量的 1/2 以上形成氧化物,更优选各元素的添加量的 3/4 以上形成氧化物,进一步优选 4/5 以上形成氧化物,更进一步优选 9/10 以上形成氧化物。

[0066] 以下,针对存在于本发明的机械结构用钢中的氧化物系夹杂物的组成的范围限定理由,就每一个组成进行详细说明。还有,本说明书中记述的%除非特别限定,否则均表示质量%。

[0067] [CaO:10~55%]

[0068] CaO 使氧化物系夹杂物成为复合组织并使之低熔点化,作为覆盖膜附着在切削时

的工具表面,具有抑制工具磨耗的效果。为了发挥这一效果,需要 CaO 含量相对于氧化物系夹杂物总体(以下其成分也同样)为 10%以上。但是,若 CaO 含量过多而超过 55%,则 CaO 的结晶生成,钢材变硬,切削时使工具寿命降低。还有,CaO 的含量的优选上限为 50%。

[0069] [SiO₂:20 ~ 70%]

[0070] SiO₂ 是与 CaO 和 Al₂O₃ 等一起在低熔点下生成软质的氧化物系夹杂物所必须的成分,低于 20%时,氧化物系夹杂物成为以 CaO 和 Al₂O₃ 为主体的大型或硬质的夹杂物,成为破坏的起点。因此必须使之含有 20%以上,优选使之含有 30%以上。但是若 SiO₂ 含量过多,则氧化物系夹杂物成为以 SiO₂ 为主体的高熔点且硬质的夹杂物,有成为断线和破坏的起点的可能性。这一倾向在 SiO₂ 含量超过 70%时表现得显著,因此 SiO₂ 含量抑制在 70%以下极其重要。优选抑制在 65%以下,更优选在 45%以下,进一步优选在 40%以下。

[0071] [Al₂O₃:大于 0 但在 35%以下]

[0072] 通过含有 CaO 和 SiO₂,此外还含有优选在本发明中含有的 Li₂O、Na₂O、K₂O 含量等,通过氧化物系夹杂物的适当的组成控制,实质上也可以不含 Al₂O₃。但是若含有适量的 Al₂O₃,则氧化物系夹杂物可达到更低熔点且容易变得软质,因此优选使之含有 7%左右以上,更优选为 10%以上。但是,若氧化物系夹杂物中的 Al₂O₃ 过多,则成为硬质并难以微细化的氧化铝系夹杂物,在热轧工序中仍难以微细化而成为破坏和折损的起点,因此应该抑制在至多 35%以下,优选抑制在 30%左右以下。

[0073] [MgO:大于 0 但在 20%以下]

[0074] MgO 成为 MgO · SiO₂ 系硬质夹杂物的生成源,容易成为破坏和折损的原因,这一障碍在 MgO 超过 20%时表现得显著。因此为了使这一障碍不要发生,优选将其抑制在 20%以下。还有,MgO 含量成选的下限为 1%,更优选的上限为 13%。

[0075] [MnO:大于 0 但在 5%以下]

[0076] MnO 具有使 SiO₂ 系氧化物的熔点降低的效果,为了抵消 CaO 的效果而优选为 5%以下。还有,MnO 含量的优选下限为 1%,优选上限为 3%。

[0077] [从 Li₂O、Na₂O、K₂O、BaO、SrO 和 TiO₂ 中选出的至少一种:0.5 ~ 20%]

[0078] 从 Li₂O、Na₂O、K₂O、BaO、SrO 和 TiO₂ 中选出的至少一种是本发明中最特异的重要成分,在使生成的复合氧化物系夹杂物的熔点和粘性的降低上发挥着重要的作用。而且,为了推进氧化物系夹杂物的低熔点化和低粘性化,增进夹杂物的微细化,确保本发明所谋求的水平地被削性提高效果,至少含有 Li₂O、Na₂O、K₂O、BaO、SrO 和 TiO₂ 的一种以上合计为 0.5%以上,更优选为 1%以上,进一步优选为 2%以上。但是,若 Li₂O、Na₂O、K₂O、BaO、SrO 和 TiO₂ 的一种以上的合计超过 20%,则氧化物系夹杂物过于低熔点化,对于耐火物的熔损性显著提高,来自使用的内衬耐火物的熔解的硬质夹杂物量增大,反而使被削性降低。因此,氧化物系夹杂物中的 Li₂O、Na₂O、K₂O、BaO、SrO 和 TiO₂ 的一种以上的合计必须抑制在 20%以下,优选抑制在 15%以下。

[0079] 如上述,通过使用适当调整了氧化物系夹杂物的各成分比例的机构结构用钢而形成机械结构部件,无论在连续切削还是断续切削中,都能够发挥优异的被削性。

[0080] 在本发明的机械结构用钢中,关于氧化物系夹杂物的组成比例的调整,特别是关于 Si、Al 和 Ca,优选根据 Si 含量决定 Al 和 Ca 的量并使之达到热力学上计算的低熔点区域。

[0081] 本发明设定是机械结构用部件所适用的钢材,关于其钢种没有特别限定,但为了在机械的特性上使被削性和其他特性提高,还优选将化学成分组成调整到适当的范围内。从这一观点出发而设定的钢材的优选化学成分组成的范围限定理由如下。

[0082] [C :0.1 ~ 1.2%]

[0083] C 在用于确保由机械结构用钢制造的部件所需要的芯部硬度上是有效的元素。但若 C 含量过剩,则硬度过度上升,被削性降低。因此 C 含量为 0.1% 以上(更优选为 0.13% 以上)、1.2% 以下(更优选为 1.1% 以下)。

[0084] [Si :0.03 ~ 2%]

[0085] Si 是有助于表面硬化层的软化阻抗性的提高的元素。但是,若 Si 含量过剩,则机械加工时的被削性和冷锻性降低。因此 Si 含量为 0.03% 以上(优选为 0.1% 以上)、2% 以下(更优选为 0.7% 以下)。

[0086] [Mn :0.3 ~ 1.8%]

[0087] Mn 作为脱氧剂发挥作用,并在用于降低氧化物系夹杂物而提高钢部件的内部品质上是有效的元素。另外在提高淬硬性,增大钢部件的芯部硬度和硬化层深度,确保部件强度上也是有效的元素。但是,若 Mn 含量过剩,则助长 P 的晶界偏析,使疲劳强度降低。因此 Mn 含量为 0.3% 以上(更优选为 0.5% 以上)、1.8% 以下(更优选为 1.5% 以下)。

[0088] [P :大于 0 但在 0.03% 以下]

[0089] P 是钢材中不可避免被包含的元素(杂质),会助长热加工时的裂纹,因此优选尽可能地降低。因此,将 P 量定为 0.03% 以下(更优选为 0.02% 以下,进一步优选为 0.01% 以下)。P 在工业上很难使其含量为 0%。

[0090] [S :大于 0 但在 0.02% 以下]

[0091] S 与 Mn 反应形成 MnS 夹杂物,使钢部件的冲击强度的各向异性增大,优选尽量降低。因此, S 含量定为 0.02% 以下(更优选为 0.015% 以下)。但是, S 是钢中不可避免被包含的杂质,在工业上使其含量为 0% 困难。

[0092] [Cr :0.3 ~ 2.5%]

[0093] Cr 在用于提高钢材的淬硬性,确保稳定的硬化层深度和必要的芯部硬度上是有效的元素。特别是为了用钢制造尺轮等结构构件时,其在用于确保该构件的静态强度和疲劳强度上是有效的元素。但是,若 Cr 含量过剩,则 Cr 碳化物在旧 γ 晶界偏析,疲劳强度降低。因此 Cr 含量定为 0.3% 以上(更优选为 0.8% 以上),2.5% 以下(更优选上限为 2.0% 以下)

[0094] [Al :0.0001 ~ 0.01%]

[0095] Al 在用于形成低熔点的复合氧化物上是有效的元素。但是,若 Al 含量过剩,则高熔点且硬质的 Al_2O_3 大量生成,使切削时的工具磨耗增大。因此 Al 含量定为 0.0001% 以上(更优选为 0.002% 以上),0.01% 以下(更优选 0.005% 以下)。

[0096] [Ca :0.0001 ~ 0.005%]

[0097] Ca 在用于形成前述这样的低熔点的复合氧化物上是有效的元素。另外, Ca 抑制钢中的硫化物的伸展,能够抑制冲击特性的各向异性。但是若 Ca 含量过剩,则粗大的含 Ca 复合氧化物生成,强度有或能降低。因此 Ca 含量定为 0.0001% 以上(更优选为 0.0005% 以上),0.005% 以下(更优选为 0.003% 以下)。

[0098] [Mg :0.0001 ~ 0.005%]

[0099] Mg 在用于使前述这样的低熔点的复合氧化物上是有效的元素。另外, Mg 与 Ca 一样能够抑制钢中的硫化物的伸展, 从而抑制冲击特性的各向异性。但是若 Mg 含量过剩, 则高熔点且硬质的 MgO 大量形成, 反而引起工具寿命的降低。因此 Mg 含量定为 0.0001% 以上 (更优选为 0.0002% 以上), 0.005% 以下 (更优选为 0.002% 以下)。

[0100] [N :大于 0 但在 0.009% 以下]

[0101] N 与其他元素 (Ti 等) 形成氮化物, 有助于组织微细化。因此推荐以优选为 0.002% 以上、更优选为 0.004% 以上的量含有 N。但是, 若 N 含量过剩, 则给热轧加工性和延性带来不利影响。因此, N 含量的上限定为 0.009% (更优选为 0.007%)。还有, N 在钢中不可避免地含有, 工业上使其含量为 0% 有困难。

[0102] [O :大于 0 但在 0.005% 以下]

[0103] 若 O 含量过剩, 则粗大的氧化物系夹杂物生成, 对钢的热加工性和延性带来不利影响。因此将 O 含量的上限定为 0.005% (更优选为 0.003%)。但是, 为了确保形成覆盖膜的低熔点复合氧化物而需要 O。因此, 推荐以优选为 0.0005% 以上、更优选 0.0010% 以上的量含有 O。

[0104] [从 Li、Na、K、Ba 和 Sr 中选出的一种以上的元素 :合计 0.00001 ~ 0.0050 质量%, Ti :0.01 ~ 0.5 质量%]

[0105] 这些元素与钢中的 O 反应而成为氧化物, 被纳入 CaO-Al₂O₃-SiO₂ 系氧化物而形成低熔点氧化物 (例如 CaO-Al₂O₃-SiO₂-TiO₂), 作为覆盖膜附着在切削时的工具表面, 因此能够改善被削性。特别是使用被覆有 AlTiN 的 HSS 工具时, 由含有这些元素的氧化物形成的覆盖膜的附着性提高, 使工具磨耗进一步降低。其中, Ti 与 C 和 N 反应而形成 TiN、TiC、Ti(C、N) 等, 还发挥着防止渗碳时的晶粒粗大化的效果。为了发挥这样的效果, 优选含有 Li、Na、K、Ba、Sr 合计为 0.00001% 以上 (更优选为 0.0001% 以上), 优选含有 Ti :0.01% 以上。但是, 若 Li、Na、K、Ba、Sr 等元素过剩, 则也会发生保持钢液的耐火物熔损的情况, 因此优选合计为 0.0050% 以下。Ti 若其含量过剩, 则硬质的粗大碳化物生成, 被削性和韧性劣化, 因此优选为 0.5% 以下。

[0106] 本发明的机械结构用钢的基本成分组成如上所述, 余量实质是铁。但是允许根据原料、物资、制造设备等的状况混入的不可避免的杂质 (例如 As、Sb、Sn、Te、Ta、Co 稀土元素等) 包含在钢中。此外, 在本发明的机械结构用钢中, 根据需要也可以含有以下的选择元素。

[0107] [Mo :大于 0 但在 0.5% 以下和 / 或 B :大于 0 但在 0.005% 以下]

[0108] Mo 和 B 都是在淬硬性提高上有效的元素, 也可以根据需要在钢中含有。详细地说, Mo 在确保母材的淬硬性, 抑制不完全淬火组织的生成上有效。另外 B 除了使淬硬性大幅提高以外, 还使结晶晶界强化, 具有提高钢的冲击强度的作用。因此推荐在钢中以优选 0.05%、更优选 0.10% 以上的量含有 Mo, 以优选 0.0005% 以上、更优选 0.0008% 以上的量含有 B。

[0109] 但是若 Mo 变得过剩, 则芯部的硬度过于硬, 机械加工时的被削性和冷锻性劣化。另外若 B 变得过剩, 则与 N 一起形成 B 白精化物的量增大, 冷加工和热加工性降低。因此含有它们时, Mo 的上限定为 0.5% (更优选为 0.4%), B 的上限定为 0.005% (更优选为

0.003%)。

[0110] [Bi :大于 0 但在 0.1%以下]

[0111] Bi 是使钢的被削性提高的元素,也可以根据需要在钢中含有。为了发挥这一效果,推荐 Bi 以 0.02%以上的量在钢中含有。但是若 Bi 含量过剩,则强度降低。因此在钢中含有 Bi 时,其上限定为 0.1% (优选为 0.08%)。

[0112] [Cu :大于 0 但在 0.5%以下]

[0113] Cu 是在耐气候性提高上有效的元素,也可以根据需要在钢中含有。因此推荐以优选 0.1%以上的量在钢中含有 Cu。但是若 Cu 量过剩,则钢的热加工性和延性降低,容易发生裂纹和瑕疵。因此含有 Cu 时,其含量的上限定为 0.5% (更优选为 0.3%)。

[0114] [Ni :大于 0 但在 2%以下]

[0115] Ni 在基体中固溶,是用于提高韧性有效的元素,也可以根据需要在钢中含有。因此推荐以优选 0.1%以上的量在钢中含有 Ni。但是若 Ni 量过剩,则贝氏体或马氏体组织过于发达,招致韧性的降低。因此含有 Ni 时,其上限定为 2% (更优选为 1%)。

[0116] [从 Zr :大于 0 但在 0.02%以下,V :大于 0 但在 0.5%以下和 W :大于 0 但在 1.0%以下中选出的至少一种]

[0117] Zr、V 和 W 分别与 C 和 / 或 N 形成微细的碳化物、氮化物、碳氮化物,在用于防止晶粒的粗大化上是有效的元素,根据需要也可以在钢中含有。因此推荐分别以上述的量在钢中含有从 Zr、V 和 W 中选出的一种。但是若其含量过剩,则硬质碳化物生成,被覆性劣化,因此截止为上述含量。

[0118] 实施例

[0119] 以下,列举实施例更具体地说明本发明,但本发明并不受以下的实施例限制,在能够符合前述、后述宗旨的范围内当然也可以适当地加以变更实施,这些均包含在本发明的技术范围内。

[0120] 以真空感应炉熔融下述表 1 所示的化学成分组成的钢 150kg,铸造成 ϕ 200mm 的铸锭,进行锻造(均热(soaking):1250°C × 3hr 左右,锻造加热:1000°C × 1hr 左右)和切割,加工成厚 30mm × 宽 100mm × 长 145mm 的板状,并对该板状的锻造材进行正火(900°C × 2hr 后空冷),制作板状的试样。这时,氧化物系夹杂物的组成比例的调整,根据 Si 含量决定 Al 和 Ca,使之达到热力学上计算的低熔点区域。

[0121] [表 1]

[0122]

No.	钢材的化学成分组成 (质量%)													
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Mo	N	Mg	Ca	O	Li	Ti
A1	0.19	0.18	0.78	0.010	0.020	0.0002	1.10	0.19	0.0046	0.0002	0.0011	0.0017	0.00005	—
A2	0.20	0.17	0.81	0.010	0.015	0.0002	1.12	0.00	0.0051	0.0001	0.0013	0.0019	0.00006	—
A3	0.19	0.19	0.85	0.010	0.015	0.0002	1.28	0.19	0.0052	0.0002	0.0013	0.0016	0.00006	—
A4	0.19	0.17	0.81	0.010	0.015	0.0002	1.12	0.19	0.0045	0.0002	0.0010	0.0018	0.00008	—
A5	0.20	0.50	0.80	0.014	0.017	0.0004	1.21	0.20	0.0040	0.0015	0.0009	0.0019	0.00005	—
A6	0.18	0.17	0.79	0.013	0.010	0.0003	1.15	0.19	0.0046	0.0002	0.0010	0.0022	—	—
A7	0.19	0.20	0.78	0.013	0.010	0.0003	1.14	0.00	0.0060	0.0001	0.0009	0.0025	—	—
A8	0.18	0.17	0.79	0.013	0.010	0.0003	1.15	0.19	0.0086	0.0001	0.0008	0.0021	—	—
A9	0.21	0.19	0.80	0.011	0.013	0.0005	1.16	0.18	0.0045	0.0002	0.0010	0.0018	0.00005	—
A10	0.19	0.17	0.78	0.013	0.011	0.0006	1.12	0.19	0.0053	0.0004	0.0009	0.0019	0.00006	—
A11	0.19	0.70	0.8	0.011	0.018	0.0007	1.18	0.17	0.0045	0.0002	0.0010	0.0020	0.00007	—
A12	0.21	0.18	0.76	0.014	0.016	0.0007	1.21	0.17	0.0075	0.0002	0.0011	0.0021	—	—
A13	0.19	0.45	0.80	0.011	0.018	0.0007	1.18	0.17	0.0069	0.0001	0.0009	0.0023	—	—
A14	0.20	0.17	0.81	0.010	0.017	0.0005	1.13	0.18	0.0048	0.0005	0.0012	0.0015	0.00005	—
A15	0.19	0.18	0.77	0.012	0.011	0.0006	1.12	0.19	0.0053	0.0002	0.0013	0.0016	—	—
A16	0.21	0.20	0.78	0.014	0.011	0.0005	1.14	0.19	0.0055	0.0002	0.0011	0.0014	0.00005	—
A17	0.21	0.18	0.81	0.013	0.013	0.0003	1.12	0.19	0.0053	0.0002	0.0015	0.0017	0.00004	—
A18	0.19	0.21	0.78	0.014	0.011	0.0002	1.12	0.19	0.0053	0.0002	0.0012	0.0015	—	0.01
A19	0.19	0.17	0.77	0.013	0.012	0.0002	1.12	0.19	0.0053	0.0002	0.0011	0.0016	0.00006	—
B1	0.21	0.19	0.81	0.020	0.019	0.0300	1.11	0.17	0.0050	0.0003	0.0004	0.0011	—	—
B2	0.21	0.19	0.80	0.020	0.017	0.0300	1.11	0.17	0.0050	0.0001	0.0005	0.0010	—	—
B3	0.19	0.20	0.83	0.017	0.013	0.0030	1.12	0.17	0.0046	<0.0001	0.0028	0.0013	—	—

[0123] * 余量 :铁和不可避免的杂质。

[0124] 对于如前述得到的试样中所含的氧化物系夹杂物,通过钢材的轧制方向截面的 25mm² 的视野中的 X 射线显微分析 (EPMA),测定 CaO、MgO、Al₂O₃、MnO、SiO₂、Na₂O、K₂O、BaO、SrO 和 TiO₂ 等的氧化物含量。所得到的结果显示在下述表 2 中。

[0125] 但是氧化物系夹杂物的 Li₂O 浓度不能由 EPMA 测定,因此通过二次离子质谱 (SIMS) 法,按下述步骤测定。所得到的结果显示在表 2 中。

[0126] (1) 一次标准试料

[0127] 1) 大量制作包括除 Li₂O 以外的夹杂物组成的合成氧化物,和在其中加入了 Li₂O 的合成氧化物,通过化学分析对其 Li₂O 浓度进行定量分析,制成标准试料。

[0128] 2) 测定所制成的各合成氧化物的 Li 对 Si 的相对二次离子强度。

[0129] 3) 绘出 Li 对 Si 的相对二次离子强度和以前述 (1)-1) 中分析的 Li₂O 浓度的检量线。

[0130] (2) 二次标准试料 (测定环境修正用)

[0131] 1) 为了测定时的环境修正,另行制作在 Si 晶片上进行了 Li 离子注入的标准试料,测定 Li 对 Si 的相对二次离子强度,在实施前述 (1)-2) 时进行修正。

[0132] (3) 实际的测定

[0133] 1) 通过 EPMA 测定钢中夹杂物的 CaO 等的各浓度。

[0134] 2) 测定钢中夹杂物的 Li 对 Si 的相对二次离子强度,在前述 (1)-3) 中求得的检量线之中,选择最接近前述 (3)-1) 的分析结果的检量线,由此求得夹杂物的 Li₂O 含量。

[0135] [表 2]

[0136]

No.	夹杂物的平均组成 (质量%)												平均夹杂物组成
	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	MnO	Li ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	SrO	TiO ₂	合计	
A1	25	21	50	1	1	2	—	—	—	—	—	100	CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系
A2	24	18	51	1	1	3	—	—	2	—	—	100	CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系
A3	23	17	54	2	1	3	—	—	—	—	—	100	CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系
A4	17	16	58	2	2	5	—	—	—	—	—	100	CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系
A5	17	15	52	13	1	2	—	—	—	—	—	100	CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系
A6	15	13	65	2	2	—	—	—	3	—	—	100	CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系
A7	14	13	65	1	2	—	5	—	—	—	—	100	CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系
A8	10	15	67	1	3	—	—	4	—	—	—	100	CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系
A9	16	33	45	2	2	2	—	—	—	—	—	100	CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系
A10	13	31	48	5	1	2	—	—	—	—	—	100	CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系
A11	15	32	43	3	1	3	—	—	3	—	—	100	CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系
A12	16	31	46	3	1	—	—	—	—	3	—	100	CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系
A13	15	32	45	2	1	—	—	—	5	—	—	100	CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系
A14	33	34	22	6	2	3	—	—	—	—	—	100	CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系
A15	35	29	27	3	1	—	—	—	5	—	—	100	CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系
A16	38	27	28	1	1	3	—	—	2	—	—	100	CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系
A17	50	7	39	1	1	2	—	—	—	—	—	100	CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系
A18	33	9	51	1	1	—	—	—	2	—	3	100	CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系
A19	30	10	54	2	1	3	—	—	—	—	—	100	CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系
B1	—	70	—	30	—	—	—	—	—	—	—	100	MgO·Al ₂ O ₃
B2	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	Al ₂ O ₃
B3	25	20	50	4	1	—	—	—	—	—	—	100	细陶瓷

[0137] 对于所得到的各种钢板,以下述的条件测定横向的韧性,并且评价连续切削时和断续切削时的被削性。

[0138] [横向的韧性]

[0139] 从各钢材上沿垂直于轧制方向的方向,削出切口形状为 R10(mm) 的摆锤冲击试验片(形状:10mm×10mm×55mm),测定冲击值(横向摆锤冲击值)。其结果显示在表 4 中。

[0140] [连续切削时的被削性评价]

[0141] 为了评价连续切削时的被削性,将 $\phi 80\text{mm} \times$ 长 350mm 的圆棒(正火材)除去氧化皮后,将表面磨削大约 2mm,使用该试料进行外圆车削加工后,通过光学显微镜测定平均后刀面磨耗宽度(工具磨耗量) Vb。这时的外圆车削加工条件如下。其结果显示在下述表 4 中。

[0142] (外圆车削加工条件)

[0143] 工具:超合金 P10(JIS B4053)

[0144] 切削速度:200m/min

[0145] 切削长:3000m

[0146] 送给量:0.2mm/rev

[0147] 切入:1.5mm

[0148] 润滑方式:干式

[0149] [断续切削时的被削性评价]

[0150] 为了评价断续切削时的被削性,评价端铣刀加工的工具磨损。对上述板材(正火材)除去氧化皮后,磨削表面大约 2mm,作为端铣刀切削试验片。具体来说,就是在加工中心(machining center)主轴安装端铣刀工具,通过 HSS 固定由上述方式制造的厚 30mm×宽 100mm×长 145mm 的试样,在干式的切削气氛下进行下切加工。详细的加工条件显示在下述表 3 中。进行 200 次断续切削后,用光学显微镜测定平均后刀面磨损宽度 Vb。其结果显示在表 4 中。

[0151] [表 3]

[0152] 断续切削条件

切削工具	
型号	高速钢铣刀三菱材料制 K-2SL
外径	$\phi 10.0\text{mm}$
涂覆	TiAlN涂覆
切削条件	
轴向切入量	1.0mm
径向切入量	1.0mm
送给量	0.117mm/rev
送给速度	558.9mm/min
切削速度	150m/min
旋转数	4777rpm
切削气氛	干式

[0153]

[0154] [表 4]

No.	连续切削时的退刀面的磨耗宽度 Vb (μm : 200m/min, 3000m)	断续切削时的退刀面的磨耗宽度 Vb (μm : 150m/min, 200cut ^{1/2})	轴向摆锤冲击值 (J)
A1	37	51	12.5
A2	36	52	12.3
A3	37	54	13.3
A4	41	58	14.3
A5	43	61	13.3
A6	38	56	15.1
A7	48	69	14.1
A8	46	71	15.2
A9	35	61	13.1
A10	37	62	14.6
A11	39	56	13.8
A12	38	64	13.9
A13	36	58	14.3
A14	43	61	13.7
A15	46	58	13.4
A16	45	55	14.5
A17	52	57	12.6
A18	49	66	12.8
A19	48	63	13.6
B1	60	75	7.3
B2	103	59	6.9
B3	36	145	11.3

[0155]

[0156] 由表 1 ~ 4 的结果可知, 满足本发明的要件的试样 No. A1 ~ A19, 在连续切削后和断续切削后两方面, 工具的后刀面磨耗宽度小, 在连续切削和断续切削任意一种中, 被削性都优异。

[0157] 相对于此, 试料 No. B1 ~ B3 其 Al 含量均过剩, Al_2O_3 大量生成, 切削时的工具磨耗增大。

[0158] 参照特定的实施方式详细地说明了本发明, 但不脱离本发明的精神和范围能够施加各种变更和修正, 本领域人员应该清楚。

[0159] 本案基于 2008 年 1 月 28 日申请的日本专利申请 (专利 2008-016653), 其内容与之参照并援引。

[0160] 产业上的利用可能性

[0161] 根据本发明, 通过降低 S 含量而使强度优异, 并且通过适当地调整氧化物系夹杂物的各成分而使夹杂物全部在低熔点下容易变形, 从而能够得到在以 HSS 工具进行的断续切削和以超硬工具进行的连续切削的两方面都能够发挥出优异的被削性 (特别是工具寿命) 的机械结构用钢。