

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101879612 A

(43) 申请公布日 2010. 11. 10

(21) 申请号 201010211139. 2

(22) 申请日 2010. 06. 28

(71) 申请人 株洲钻石切削刀具股份有限公司
地址 412007 湖南省株洲市天元区黄河南路

(72) 发明人 刘王平 陈响明 王社权 李秀萍

(74) 专利代理机构 湖南兆弘专利事务所 43008
代理人 赵洪

(51) Int. Cl.

B23B 27/00 (2006. 01)

C23C 16/34 (2006. 01)

C23C 16/36 (2006. 01)

C23C 16/40 (2006. 01)

C23C 16/44 (2006. 01)

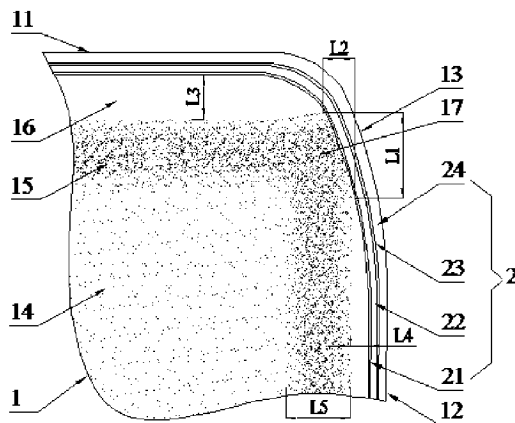
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 2 页

(54) 发明名称

用于钢材车削的硬质合金涂层刀片

(57) 摘要

本发明涉及一种车削用的硬质合金涂层刀片,具体公开了一种用于钢材车削的硬质合金涂层刀片,包括硬质合金基体和其上涂覆的涂层,基体包括至少一个由前、后刀面相交所形成的刃口,刃口两侧的硬质合金均呈现由内层的均相合金区过渡到立方碳氮化合物富集区、再过渡到粘结相富集表面区的梯度变化结构,基体中立方相化合物含量为 4 ~ 8wt%;梯度变化结构在刃口处的交汇区域主要为立方碳氮化合物富集区,且暴露于刃口处的该区域在垂直于前刀面方向上的长度大于或等于后刀面方向上的长度的 2 倍;所述涂层由里到外依次包括有 TiN 层、TiCN 层、TiCO 过渡层和最外层的 α -Al₂O₃ 层。本发明的涂层刀片具有耐磨性好、刃口强度高、高温性能好等优点。



1. 一种用于钢材车削的硬质合金涂层刀片,包括硬质合金基体和其上涂覆的涂层,所述硬质合金基体包括至少一个由前刀面和后刀面相交所形成的刃口,所述刃口两侧位于前刀面和后刀面的硬质合金均呈现梯度变化结构,该梯度变化结构是指由内层的均相合金区过渡到立方碳氮化合物富集区、再过渡到粘结相富集表面区,其特征在于:所述硬质合金基体包含以 WC 为基础的硬质相、以 Co 为基础的粘结相和以取自周期表 IVb、Vb 和 / 或 VIb 族金属元素的立方相化合物,所述立方相化合物的含量为 4wt%~8wt%;所述梯度变化结构在刃口处的交汇区域主要为立方碳氮化合物富集区,且暴露于刃口处的立方碳氮化合物富集表面区域在垂直于所述前刀面方向上的长度 L1 大于或等于其垂直于所述后刀面方向上的长度 L2 的 2 倍;

所述涂层为细晶多层涂层,由里到外依次包括有:

- 最里层的 TiN 层,厚度为 $0.1\mu\text{m} \sim 2\mu\text{m}$,该层晶粒为等轴晶粒,平均晶粒度 $\leq 0.5\mu\text{m}$;

- 一层 TiCN 层,厚度为 $1.5\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$,该层晶粒为柱状晶,平均晶粒度为 $0.1\mu\text{m} \sim 2\mu\text{m}$;

- 一层 TiCO 过渡层,厚度为 $0.1\mu\text{m} \sim 1.5\mu\text{m}$,该层晶粒为针状晶粒或等轴晶粒,平均晶粒度 $\leq 0.5\mu\text{m}$;

- 最外层的 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 层,厚度为 $2\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$,等轴晶粒,平均晶粒度为 $0.2\mu\text{m} \sim 2.5\mu\text{m}$,在 $300\mu\text{m}$ 的长度上测得的表面粗糙度 $R_a \leq 0.25\mu\text{m}$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片,其特征在于:位于前刀面且接近刃口区域的所述粘结相富集表面区的厚度 L3 大于位于后刀面且接近刃口区域的所述粘结相富集表面区的厚度 L4;所述 L3 的取值为 $10\mu\text{m} \leq L3 \leq 70\mu\text{m}$ 。

3. 根据权利要求 2 所述的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片,其特征在于:位于后刀面且接近刃口区域的所述粘结相富集表面区的厚度 L4 等于零。

4. 根据权利要求 1 或 2 或 3 所述的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片,其特征在于:所述 Co 的含量为 5wt%~12wt%。

5. 根据权利要求 4 所述的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片,其特征在于:所述 Co 的含量为 6.5wt%~11wt%。

6. 根据权利要求 1 或 2 或 3 所述的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片,其特征在于:位于前刀面且接近刃口区域的所述粘结相富集表面区的厚度 L3 的取值为 $20\mu\text{m} \leq L3 \leq 50\mu\text{m}$,该粘结相富集表面区内 Co 的含量为硬质合金基体中 Co 标称含量的 1~1.5 倍。

7. 根据权利要求 1 或 2 或 3 所述的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片,其特征在于:所述立方碳氮化合物富集区的厚度为 $20\mu\text{m} \sim 60\mu\text{m}$,该立方碳氮化合物富集区内立方相化合物的含量为硬质合金基体中立方相化合物标称含量的 1~1.3 倍。

8. 根据权利要求 1 或 2 或 3 所述的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片,其特征在于:所述 TiN 层的厚度为 $0.2\mu\text{m} \sim 1\mu\text{m}$;所述 TiCN 层的厚度为 $3\mu\text{m} \sim 7\mu\text{m}$;所述 TiCO 过渡层的厚度为 $0.2\mu\text{m} \sim 1\mu\text{m}$;所述 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 层的厚度为 $3\mu\text{m} \sim 8\mu\text{m}$ 。

9. 根据权利要求 1 或 2 或 3 所述的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片,其特征在于:所述 TiCN 层为中温化学气相沉积涂层,所述 TiCN 层的平均晶粒度为 $0.3\mu\text{m} \sim 1.5\mu\text{m}$;所

述 α - Al_2O_3 层的平均晶粒度为 $0.5\ \mu\text{m} \sim 1.5\ \mu\text{m}$ 。

用于钢材车削的硬质合金涂层刀片

技术领域

[0001] 本发明涉及一种硬质合金刀片,尤其涉及一种车削用的硬质合金涂层刀片。

背景技术

[0002] 在金属切削加工过程中,刀具存在两种失效机制:磨损和破损。刀片磨损主要包括磨蚀磨损、粘结磨损、扩散磨损和氧化磨损。在不同的切削条件下,加工不同材料的工件时,其磨损的主要原因可能是其中的一种或两种。一般来说,切削温度较低时以磨蚀磨损为主,切削温度较高时以扩散磨损、氧化磨损为主。刀片破损主要是脆性破损(崩刃、碎裂、剥落、裂纹破损等)和塑性变形。实验数据表明,刀片早期破损受热应力影响较小,主要是受机械冲击作用所致的脆性破损;刀片后期疲劳破损主要是在机械和热冲击作用下刀片内裂纹失稳扩散所致的脆性破损和过高的加工温度导致的塑性变形。

[0003] 钢材是含碳量在 0.04%~2.3%之间的铁碳合金,具有很高的韧性和塑性。加工钢材过程中发生塑性变形时,因塑性区域增大而使塑性变形功增大,导致切削力增大,切削温度偏高,从而易导致刀具发生粘结磨损,并且多形成带状切屑,切屑与前刀面产生剧烈的摩擦而形成高温。因此,高效车削加工钢材会产生较大的切削力和较高的切削温度,刀具主要的失效模式有在切削力和切削温度作用下导致刃口发生的塑性变形,也有高温下工件材料与刀具材料粘结导致的粘结磨损、扩散磨损和氧化磨损。为了适应钢材高速高效车削加工的要求,刀片应当具有更高的韧性、高温强度和高温硬度。

[0004] 目前,具有粘结相富集表面区域的涂层硬质合金刀片广泛用于钢材等合金的机械加工中,粘结相富集表面区域拓宽了刀片的应用范围,使之能应用于更富韧性的切削操作。含有 α - Al_2O_3 涂层的多层涂层提高了刀片的耐磨性能,使刀片的寿命得到增加,涂层和刀片基体各自的优越性在涂层刀片中实现了较好的统一。

[0005] 在刀片基体的制备中,制造含有 WC、立方相和粘结相富集表面区的硬质合金属于梯度烧结技术,在部分专利文献中(例如 US4277283 和 US4610931 号美国专利文献,以及 CN1079179A、CN1134470A、CN1229442A、CN1532014A、CN1854320A、CN1891842A 号中国专利文献)已经公开了粘结相含量梯度变化的硬质合金基体及其制备方法,可以获得基本上不具有立方相的粘结相富集表面区。特别是 CN1079179A 号中国专利文献,其涉及一种具有改进韧性和塑变抗力的硬质合金刀片,该刀片是用已知的方法在真空中烧结含氮的材料后,再在 1280°C~1430°C 温度、40mbar~400mbar 氮气中处理刀片 5min~100min,得到一种具有粘结相富集表面区的硬质合金,其在粘结相富集表面区下层的区域中,粘结相的含量为该刀片内部含量的 0.85~1,而立方相的含量基本恒定且等于该刀片内部的含量。此种刀片结构对改进刀片韧性和塑变抗力起到了一定作用。从断裂力学的观点来看,具有富集粘结相表面区的硬质合金可以吸收裂纹扩展能,防止裂纹的扩展,从而改进刀片的韧性,表现更加强韧的性质。然而,在其后的应用实践中,我们发现富集粘结相表面区的存在降低了刀片材料的屈服强度和硬度,导致刀片刃口容易产生塑性变形,后刀面抗磨损能力下降。CN101214743A 号中国专利文献公开了一种用于加工铸铁的涂层刀片,该刀片基体的刃口两

边形成粘结相富集表面区, 粘结相富集表面区中间的扇形区域为立方相富集区, 该结构提高了刃口的抗塑性变形能力, 但是在钢材的车削加工中, 其后刀面抗磨损能力表现较差, 抗塑性变形能力也有待进一步提高。

[0006] 在刀片基体表面涂层的制备中, 在刀具表面涂覆高硬度的涂层(如 TiN、TiC、TiCN、CrN 等)可减轻刀片的磨蚀磨损、粘结磨损和扩散磨损, 增加刀片的耐用度;而在刀片表面涂覆高硬度的 Al_2O_3 涂层可以有效避免氧化磨损。采用 CVD 方法在切削刀片基体上沉积钛的氮化物、碳化物、碳氮化物以及氧化铝, 这在现有的很多专利文献中已经有描述。例如 US4490191 和 US3736107 号美国专利文献、EP0408535A1 和 EP0738336A1 号欧洲专利文献以及 CN1091683A 和 CN1107901A 号中国专利文献等公开了氧化物涂层刀具的制备方法以及各种提高氧化物涂层附着性能的预处理方法。JP7075903A 号日本专利文献、SE511089C2 号瑞典专利文献以及 W00052225A1 号国际公布专利文献公开了 MTCVD-TiC 或 TiCN 涂层的制备方法以及该涂层在立方氮化硼刀具、硬质合金刀具、多涂层刀具中的应用。现有涂层刀片的 CVD 涂层普遍采用 MTCVD-TiCN 涂层和 Al_2O_3 涂层的外层设计, 典型涂层结构为 TiCN(外层)+ Al_2O_3 (中层)+TiCN(内层)的多层式结构, 该多层式结构虽具有一定的通用性, 能适用于各加工领域的切削刀片, 但是其通用性也限制了其在某些特殊领域(例如钢材车削)的针对性。

[0007] 综上, 我们有必要对刀片基体和刀片涂层的微观结构及各项参数指标作进一步调整、组合和优化, 以适应不同加工对象、不同加工方式的需要。

发明内容

[0008] 本发明要解决的技术问题是克服现有技术的不足, 提供一种耐磨性好、刃口强度高、高温性能好的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片。

[0009] 为解决上述技术问题, 本发明提出的技术方案为一种用于钢材车削的硬质合金涂层刀片, 包括硬质合金基体和其上涂覆的涂层, 所述硬质合金基体包括至少一个由前刀面和后刀面相交所形成的刃口, 所述刃口两侧位于前刀面和后刀面的硬质合金均呈现梯度变化结构, 该梯度变化结构是指由内层的均相合金区过渡到立方碳氮化合物富集区、再过渡到粘结相富集表面区; 所述硬质合金基体包含以 WC 为基础的硬质相、以 Co 为基础的粘结相和以取自周期表 IVb、Vb 和 / 或 VIb 族金属元素的立方相化合物, 所述立方相化合物的含量为 4wt%~8wt%; 所述梯度变化结构在刃口处的交汇区域主要为立方碳氮化合物富集区, 且暴露于刃口处的立方碳氮化合物富集表面区域在垂直于所述前刀面方向上的长度 L_1 大于或等于其垂直于所述后刀面方向上的长度 L_2 的 2 倍(即 $L_1 \geq 2L_2$);

[0010] 所述涂层为细晶多层涂层, 由里到外依次包括有:

[0011] - 最里层的 TiN 层, 厚度为 $0.1 \mu m \sim 2 \mu m$, 该层晶粒为等轴晶粒, 平均晶粒度 $\leq 0.5 \mu m$;

[0012] - 一层 TiCN 层, 厚度为 $1.5 \mu m \sim 10 \mu m$, 该层晶粒为柱状晶, 平均晶粒度为 $0.1 \mu m \sim 2 \mu m$;

[0013] - 一层 TiCO 过渡层, 厚度为 $0.1 \mu m \sim 1.5 \mu m$, 该层晶粒为针状晶粒或等轴晶粒, 平均晶粒度 $\leq 0.5 \mu m$;

[0014] - 最外层的 $\alpha-Al_2O_3$ 层, 厚度为 $2 \mu m \sim 10 \mu m$, 等轴晶粒, 平均晶粒度为 $0.2 \mu m \sim$

2.5 μm , 在 300 μm 的长度上测得的表面粗糙度 $R_a \leq 0.25 \mu\text{m}$ 。

[0015] 根据我们长期的实践和观察,硬质合金中粘结相含量高则韧性好,但抗磨损能力会下降,容易产生塑性变形;硬质合金中添加立方碳氮化合物后则高温硬度提高,抗磨损能力增强,但韧性会相对降低,容易产生裂纹和崩刃。在金属切削过程中,切屑和工件材料与刀片刃口产生作用,产生很大的切削力和很高的切削温度,刃口部位的粘结相富集表面区去除后,暴露出含有立方碳氮化合物富集区并形成骨架支撑结构,该骨架支撑结构可以有效地提高刀片刃口的高温性能,避免粘结相富集表面区覆盖的刃口在切削力和切削热的作用下产生塑性变形,这是本发明具备的一个基础优势。但更重要的是,本发明除了关注刃口的塑性变形,还要同时提高刀片的抗磨损能力,基于此,本发明采用了使暴露于刃口处的立方碳氮化合物富集表面区域在垂直于所述前刀面方向上的长度 L_1 大于其垂直于所述后刀面方向上的长度 L_2 的处理方式,该结构设计可以有效避免由于立方碳氮化合物富集区在前刀面上的过渡暴露而导致的刃口强度下降和刃口崩刃,同时提高刀片刃口和后刀面的抗磨损能力。另外,将上述带梯度功能表面且刃口结构改善的刀片基体与所述的细晶厚的多层涂层结合,这在保持刀片基体的强韧度和刀刃抗塑性变形能力的基础上,大大提高了刀片的硬度和耐磨性。

[0016] 上述的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片中,位于前刀面且接近刃口区域的所述粘结相富集表面区的厚度 L_3 优选大于位于后刀面且接近刃口区域的所述粘结相富集表面区的厚度 L_4 ;所述 L_3 的取值优选为 $10 \mu\text{m} \leq L_3 \leq 70 \mu\text{m}$ 。更优选的,位于后刀面且接近刃口区域的所述粘结相富集表面区的厚度 L_4 等于零,即位于后刀面且接近刃口一定区域内的表层粘结相富集层被完全去除。本发明硬质合金刀片的前刀面采用粘结相富集表面区的设计可以有效降低切削过程中热裂纹的扩展,提高刀片刃口强韧性;而后刀面上粘结相富集表面区对改善刀片刃口强韧性没有明显的作用,因此,后刀面采用相对较薄的粘结相富集表面区或无粘结相富集表面区的设计,可以进一步提高刀片后刀面的抗磨损能力,提高刀片的使用寿命。

[0017] 上述的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片中,所述 Co 的含量优选为 5wt%~12wt%。更优选的,所述 Co 的含量为 6.5wt%~11wt%。较高的 Co 含量可以改善刀片的强度和韧性,而添加较多的含氮立方化合物或由这些立方化合物组成的固溶体为主的添加剂,可以明显地提高刀具的高温性能(例如高温硬度、高温强度),改善刀具在钢材高效加工条件下的性能。特别是在结合本发明表面富钴的梯度结构和改善后的骨架支撑刃口结构后,在保证刃口的高温性能的基础上,进一步改善了刀具的韧性和刃口强度。

[0018] 上述的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片中,位于前刀面且接近刃口区域的所述粘结相富集表面区的厚度 L_3 的取值优选为 $20 \mu\text{m} \leq L_3 \leq 50 \mu\text{m}$,该粘结相富集表面区内 Co 的含量为硬质合金基体中 Co 标称含量的 1~1.5 倍。

[0019] 上述的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片中,所述立方碳氮化合物富集区的厚度优选为 $20 \mu\text{m} \sim 60 \mu\text{m}$,该立方碳氮化合物富集区内立方相化合物的含量优选为硬质合金基体中立方相化合物标称含量的 1~1.3 倍。该梯度硬质合金基体的粘结相富集表面区的存在有利于阻止刀片涂层中产生的微裂纹向基体扩展,使之表现出比普通硬质合金基体更好的抗冲击性和抗崩刃能力,可以降低立方相化合物导致的基体整体强韧度的下降所带来的消极影响;而适量的立方碳氮化合物的加入又可以有效地提高刀具的高温性能和硬度,

将立方碳氮化合物富集区内立方相化合物的含量优选为硬质合金基体中立方相化合物标称含量的 1 ~ 1.3 倍可以避免立方碳氮化合物在局部区域内过渡富集导致刀具韧性和强度的下降。

[0020] 上述的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片中,所述 TiN 层的厚度优选为 $0.2\mu\text{m} \sim 1\mu\text{m}$;所述 TiCN 层的厚度优选为 $3\mu\text{m} \sim 7\mu\text{m}$;所述 TiCO 过渡层的厚度优选为 $0.2\mu\text{m} \sim 1\mu\text{m}$;所述 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 层的厚度优选为 $3\mu\text{m} \sim 8\mu\text{m}$ 。本发明优选采用的相对较厚的涂层设计,在保证涂层刀片的强度和较大的抗切削承载能力的基础上,可以有效地提高刀片的耐磨损性能。

[0021] 上述的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片中,所述 TiCN 层优选为中温化学气相沉积涂层(即 MT-TiCN 层),所述 TiCN 层的平均晶粒度优选为 $0.3\mu\text{m} \sim 1.5\mu\text{m}$;所述 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 层的平均晶粒度优选为 $0.4\mu\text{m} \sim 1.5\mu\text{m}$ 。MT-TiCN 涂层的内应力较小,可以在相同厚度下提高涂层的韧性,阻止裂纹的扩散,减少刀具崩刃;或在相同应力下增加涂层的厚度,提高耐磨性。将 MT-TiCN 涂层作为涂层刀片的主涂层,兼有 TiN 的良好韧性和 TiC 的良好硬度,可以显著地提高刀具的使用寿命。而 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 具有优异的力学性能、热稳定性和抗氧化性,更为重要的是 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 与钢铁类工件材料具有很小的化学亲和力,在加工中表现出良好的抗粘结磨损、扩散磨损和氧化磨损性能。

[0022] 上述用于钢材车削的硬质合金涂层刀片基体的具体制备方法是:

[0023] 将碳化钨粉、钴粉 (Co) 和立方碳氮化合物或由这些立方化合物组成的固溶体添加剂混合制备成均匀的粉末混合料,并对粉末混合料进行压制,然后采用梯度烧结技术进行烧结,在硬质合金基体表面形成一层粘结相富集表面区,在粘结相富集表面区下形成一层立方碳氮化合物富集区;所述粘结相富集表面区内 Co 的含量大于硬质合金基体中 Co 标称含量,立方碳氮化合物富集区内碳氮化合物的含量大于等于硬质合金基体中碳氮化合物标称含量;然后,对制备得到的具有梯度结构的硬质合金基体采用倒棱、喷砂、研磨、抛光、磨刷等方法中的一种或多种组合,对刀片的刃口、后刀面、前刀面进行处理,有选择性地去除刃口、后刀面、前刀面上的粘结相富集表面区以及部分立方碳氮化合物富集区,最后得到本发明的改善刃口结构的硬质合金刀片。

[0024] 在上述制备的硬质合金刀片基体上通过以下现有工艺的组合可以得到多层涂层:先采用现有的 CVD 工艺在硬质合金基体上沉积最里层的 TiN 层;再利用 MTCVD 工艺(也可利用 CVD 法)在 TiN 层上沉积 TiCN 层;然后利用现有的 CVD 工艺在 TiCN 层上沉积一层 TiCO 层;最后利用 CVD 工艺在 TiCO 层上沉积最外层的 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 层。对涂覆涂层后的硬质合金涂层刀片采用喷砂、含硅尼龙刷抛光等表面处理,在 $300\mu\text{m}$ 的长度上测得的表面粗糙度 $R_a \leq 0.25\mu\text{m}$ 。

[0025] 与现有技术相比,本发明的优点在于:本发明针对钢材车削加工的特点,对硬质合金刀片基体及涂层的组分、含量、结构和厚度等进行了改进和优化组合,并根据切削刀片前刀面、刃口、后刀面部位的功能特性对具有粘结相富集表面区的刃口结构进行优化设计和改进,通过添加适量的含氮立方化合物或由这些立方化合物组成的固溶体为主的添加剂,结合梯度烧结工艺制备了表面富钴的梯度硬质合金基体,再通过对刃口进行处理,形成上述 L1 大于 2L2 的刃口骨架支撑结构;再将该基体与厚的 TiN/MTTiCN/TiCO/ Al_2O_3 涂层结合,得到本发明的用于钢材高效车削的硬质合金涂层刀片。在前刀面采用保留粘结相富集表面

区的设计,在刃口处暴露出立方碳氮化合物富集区,在后刀面采用薄层的粘结相富集表面区或无粘结相富集表面区的设计,这三个特点结合形成的刃口结构可以有效避免因热裂纹扩展导致的刃口崩缺、高温塑性变形导致的烧刀和加工硬化导致的后刀面磨损,可以在提高刃口强度的同时,大大提高硬质合金刀片前、后刀面的抗磨损能力。

[0026] 此外,本发明通过对粘结相富集表面区、立方碳氮化合物富集区及多层涂层的厚度和微观结构进行优化,使得本发明的硬质合金涂层刀片具有更加优良的综合性能,该硬质合金涂层刀片在钢材的车削加工中实施效果非常好,在钢材的车削加工中显示出其高温性能、韧性和耐磨性能的良好结合。

附图说明

[0027] 图 1 为本发明实施例 1 中硬质合金刀片的结构示意图。

[0028] 图 2 为本发明实施例 2 中硬质合金刀片的结构示意图。

[0029] 图 3 为本发明具体实施方式中对比产品 A 的结构示意图。

[0030] 图例说明:

[0031] 1、硬质合金基体;11、前刀面;12、后刀面;13、刃口;14、均相合金区;15、立方碳氮化合物富集区;16、粘结相富集表面区;17、交汇区域;2、涂层;21、TiN 层;22、TiCN 层;23、TiCO 过渡层;24、 α -Al₂O₃ 层;25、TiNO 过渡层。

具体实施方式

[0032] 实施例 1

[0033] 一种如图 1 所示的本发明的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片,包括硬质合金基体 1 和其上涂覆的涂层 2,硬质合金基体 1 包括至少一个由前刀面 11 和后刀面 12 相交所形成的刃口 13,刃口 13 两侧位于前刀面 11 和后刀面 12 的硬质合金均呈现梯度变化结构,该梯度变化结构是指由内层的均相合金区 14 过渡到立方碳氮化合物富集区 15、再过渡到粘结相富集表面区 16,梯度变化结构在刃口 13 处的交汇区域 17 主要为立方碳氮化合物富集区 15,且暴露于刃口 13 处的立方碳氮化合物富集表面区域在垂直于前刀面 11 方向上的长度 L1 为 40 μ m,其垂直于后刀面 12 方向上的长度 L2 为 20 μ m;

[0034] 涂层 2 为细晶多层涂层,由里到外依次包括有:

[0035] - 最里层的 TiN 层 21,等轴晶,厚度为 0.5 μ m,平均晶粒度 \leq 0.5 μ m;

[0036] - 一层 TiCN 层 22,柱状晶,厚度为 7 μ m,平均晶粒度为 0.8 μ m;

[0037] - 一层 TiCO 过渡层 23,针状晶粒,厚度为 0.5 μ m,平均晶粒度 \leq 0.5 μ m;

[0038] - 最外层的 α -Al₂O₃ 层 24,等轴晶粒,厚度为 4.5 μ m,平均晶粒度为 1.1 μ m,在 300 μ m 的长度上测得的表面粗糙度 Ra = 0.25 μ m。

[0039] 本实施例的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片的制备方法如下:将碳化钨粉、钴粉 (Co) 和立方碳氮化物或由这些立方化合物组成的固溶体添加剂混合制备成均匀的粉末混合料,并对粉末混合料进行压制,然后采用梯度烧结技术进行烧结(在 1440°C 下烧结,高温烧结后在脱 N 气氛下冷却),在硬质合金基体 1 表面形成一层粘结相富集表面区 16,在粘结相富集表面区 16 下形成一层立方碳氮化合物富集区 15;粘结相富集表面区 16 的厚度为 20 μ m,其内 Co 的含量为硬质合金基体 1 中 Co 标称含量的 1.3 倍;立方碳氮化合物富集区

15 的厚度 L_5 为 $35\ \mu\text{m}$, 其内碳氮化合物的含量为硬质合金基体 1 中碳氮化合物标称含量的 1.2 倍。该方法制得的具有梯度结构的硬质合金基体 1 的组成包含有 5.5wt% 的 Co、8wt% 的 Ti 和 Ta 的立方碳氮化物, 余量为 WC; 然后, 对制备得到的具有梯度结构的硬质合金基体 1 采用与刀片后刀面 12 成 80° 角的方式对该刀片进行湿喷砂处理, 使刀片刃口 13 圆化, 同时部分去除后刀面 12 表层的粘结相富集表面区, 使位于后刀面 12 且接近刃口 13 区域的粘结相富集表面区的厚度 L_4 为小于 $12\ \mu\text{m}$, 而位于前刀面 11 且接近刃口 13 区域的粘结相富集表面区的厚度 L_3 仍然保持为 $20\ \mu\text{m}$, 得到本实施例的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片的基体。

[0040] 对上述制得的硬质合金基体 1 在同一涂层周期中沉积如下涂层:

[0041] 1) 先利用现有的 CVD 法在硬质合金基体 1 上沉积一层上述的 TiN 层 21;

[0042] 2) 然后利用 MTCVD 工艺 (也可利用 CVD 法) 在 TiN 层 21 上沉积一层上述的 TiCN 层 22 (具体为 $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}$ 层);

[0043] 3) 再利用现有的 CVD 法在 TiCN 层 22 上沉积一层上述的 TiCO 过渡层 23;

[0044] 4) 最后利用 CVD 法在 TiCO 过渡层 23 上沉积一层上述的 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 层 24 作为最外层, 得到本实施例的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片。

[0045] 对上述制得的硬质合金涂层刀片采用喷砂、含硅尼龙刷抛光等表面处理, 在 $300\ \mu\text{m}$ 的长度上测得的表面粗糙度 $R_a = 0.25\ \mu\text{m}$ 。

[0046] 实施例 2:

[0047] 一种如图 2 所示的本发明的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片, 包括硬质合金基体 1 和其上涂覆的涂层 2, 硬质合金基体 1 包括至少一个由前刀面 11 和后刀面 12 相交所形成的刃口 13, 刃口 13 两侧位于前刀面 11 和后刀面 12 的硬质合金均呈现梯度变化结构, 该梯度变化结构是指由内层的均相合金区 14 过渡到立方碳氮化合物富集区 15、再过渡到粘结相富集表面区 16, 梯度变化结构在刃口 13 处的交汇区域 17 主要为立方碳氮化合物富集区 15, 且暴露于刃口 13 处的立方碳氮化合物富集表面区域在垂直于前刀面 11 方向上的长度 L_1 为 $30\ \mu\text{m}$, 其垂直于后刀面 12 方向上的长度 L_2 为 $15\ \mu\text{m}$;

[0048] 涂层 2 为细晶多层涂层, 由里到外依次包括有:

[0049] - 最里层的 TiN 层 21, 等轴晶, 厚度为 $0.5\ \mu\text{m}$, 平均晶粒度 $\leq 0.5\ \mu\text{m}$;

[0050] - 一层 TiCN 层 22, 柱状晶, 厚度为 $7\ \mu\text{m}$, 平均晶粒度为 $0.8\ \mu\text{m}$;

[0051] - 一层 TiCO 过渡层 23, 针状晶粒, 厚度为 $0.5\ \mu\text{m}$, 平均晶粒度 $\leq 0.5\ \mu\text{m}$;

[0052] - 最外层的 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 层 24, 等轴晶粒, 厚度为 $4.5\ \mu\text{m}$, 平均晶粒度为 $1.1\ \mu\text{m}$, 在 $300\ \mu\text{m}$ 的长度上测得的表面粗糙度 $R_a = 0.25\ \mu\text{m}$ 。

[0053] 该涂层刀片的制备方法也与实施例 1 相同, 制得的具有梯度结构的硬质合金基体 1 的组成包含有 8wt% 的 Co、5wt% 的 Ti 和 Ta 的立方碳氮化物, 余量为 WC; 粘结相富集表面区的厚度为 $40\ \mu\text{m}$, 其内 Co 的含量为硬质合金基体 1 中 Co 标称含量的 1.2 倍; 立方碳氮化合物富集区的厚度 L_5 为 $60\ \mu\text{m}$, 其内碳氮化合物的含量为硬质合金基体 1 中碳氮化合物标称含量的 1.3 倍; 然后, 对烧结合制备得到的具有梯度结构的硬质合金基体 1 采用研磨去除后刀面 12 的粘结相富集表面区 16, 再用含 SiC 的尼龙刷对刃口 13 进行圆化处理, 使位于后刀面 12 且接近刃口区域的粘结相富集表面区的厚度 $L_4 = 0\ \mu\text{m}$, 而位于前刀面 11 且接近刃口区域的粘结相富集表面区的厚度 L_3 仍然保持为 $40\ \mu\text{m}$, 得到本实施例的用于钢材车削的硬

质合金基体 1。再采用与实施例 1 相同的涂覆方法按上述涂层结构进行涂层,得到本实施例的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片。

[0054] 实施例 3

[0055] 一种本发明的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片,该涂层刀片的基体结构及组成与实施例 1 完全相同,但是其采用以下方式对本实施例的硬质合金刀片基体在同一涂层周期中沉积涂层:

[0056] 1) 先利用现有的 CVD 法在硬质合金基体上沉积一层 TiN 层,等轴晶,厚度为 $0.5\ \mu\text{m}$,平均晶粒度 $\leq 0.5\ \mu\text{m}$;

[0057] 2) 然后利用 MTCVD 工艺在上述的 TiN 层上沉积一层 TiCN 层(具体为 $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}$ 层),柱状晶,厚度为 $8\ \mu\text{m}$,平均晶粒度为 $0.8\ \mu\text{m}$;

[0058] 3) 再利用现有的 CVD 法在上述的 TiCN 层上沉积一层 TiCO 过渡层,针状晶粒,厚度为 $0.5\ \mu\text{m}$,平均晶粒度 $\leq 0.5\ \mu\text{m}$;

[0059] 4) 最后利用 CVD 法在上述的 TiCO 过渡层上沉积一层 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 层作为最外层,等轴晶粒,厚度为 $8\ \mu\text{m}$,平均晶粒度为 $1.2\ \mu\text{m}$,在 $300\ \mu\text{m}$ 的长度上测得的表面粗糙度 $R_a = 0.25\ \mu\text{m}$,得到本实施例的用于钢材车削的硬质合金涂层刀片。

[0060] 对比实验

[0061] 对比产品 A

[0062] 将碳化钨粉、钴粉 (Co) 和立方碳氮化物或由这些立方化合物组成的固溶体添加剂混合制备成均匀的粉末混合料,并对粉末混合料进行压制,然后采用梯度烧结技术进行烧结(在 1440°C 下烧结,高温烧结后在脱 N 气氛下冷却),在硬质合金基体表面形成一层粘结相富集表面区,在粘结相富集表面区下形成一层立方碳氮化合物富集区;该粘结相富集表面区内 Co 的含量为硬质合金基体中 Co 标称含量的 1.2 倍,立方碳氮化合物富集区内碳氮化合物的含量为硬质合金基体中碳氮化合物标称含量的 1.3 倍,制得的具有梯度结构的硬质合金基体组成包含有 6wt% 的 Co、1wt% 的 Ti 和 Ta 的立方碳氮化物,余量为 WC;然后,对制备得到的具有梯度结构的硬质合金基体采用与刀片前刀面成 45° 角的方式对该刀片进行湿喷砂处理,去除刀片刃口的粘结相富集表面区,使刀片刃口圆化,最后得到如图 3 所示的对比产品 A 的硬质合金基体 1。

[0063] 该对比产品 A 的硬质合金基体 1 包括一个由前刀面 11 和后刀面 12 相交所形成的刃口 13,刃口 13 两侧位于前刀面 11 和后刀面 12 的硬质合金均呈现梯度变化结构,该梯度变化结构是指是指由内层的均相合金区 14 过渡到立方碳氮化合物富集区 15、再过渡到粘结相富集表面区 16,刃口 13 两侧的梯度变化结构在刃口 13 处的交汇区域 17 为立方碳氮化合物富集区,暴露于刃口 13 处表面的立方碳氮化合物富集表面区在垂直于前刀面 11 方向上的长度 L_1 约为 $20\ \mu\text{m}$,暴露于刃口 13 处表面的立方碳氮化合物富集表面区在垂直于后刀面 12 方向上的长度 L_2 约为 $25\ \mu\text{m}$,位于前刀面 11 且接近刃口 13 区域的粘结相厚度 L_3 约为 $50\ \mu\text{m}$,位于后刀面 12 且接近刃口 13 区域的粘结相厚度 L_4 约为 $50\ \mu\text{m}$ 。立方碳氮化合物富集区 15 的厚度 L_5 为 $80\ \mu\text{m}$ 。

[0064] 采用实施例 1 的方法对上述对比产品 A 的硬质合金基体 1 进行涂层,最后得到的涂层 2 结构为:

[0065] 第一层(最里层)为 $0.5\ \mu\text{m}$ 厚的 TiN 层 21;

[0066] 第二层为 $8\ \mu\text{m}$ 厚的柱状晶粒的 TiCN 层 22(具体为 $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}$ 层), 平均晶粒度为 $0.8\ \mu\text{m}$;

[0067] 第三层为 $0.5\ \mu\text{m}$ 厚的 TiNO 过渡层 25(具体为 $\text{TiN}_{0.5}\text{O}_{0.5}$ 层);

[0068] 第四层为 $6\ \mu\text{m}$ 厚的 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 层 24, 平均晶粒度为 $1.3\ \mu\text{m}$ 。

[0069] 对上述对比产品 A 的涂层刀片采用喷砂、含硅尼龙刷抛光等表面处理, 在 $300\ \mu\text{m}$ 的长度上测得的表面粗糙度 $R_a = 0.2\ \mu\text{m}$ 。

[0070] 对比产品 B

[0071] 选取实施例 2 烧结得到的硬质合金基体, 采用与刀片前刀面成 45° 角的方式对该刀片进行湿喷砂处理, 去除刀片刃口的粘结相富集表面区, 使刀片刃口圆化, 最后得到对比产品 B, L1 约为 $20\ \mu\text{m}$, L2 约为 $25\ \mu\text{m}$, 涂层结构与实施例 2 相同。

[0072] 对比产品 C

[0073] 对比产品 C 为现有市场上销售的普通涂层刀片, 该涂层刀片的基体组成包含有 6wt% 的 Co, 余量为 WC, 其涂层包含有一层 $8\ \mu\text{m}$ 厚的 TiC_xNyO_z 层和一层 $7\ \mu\text{m}$ 厚 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 外层。

[0074] 对比实验

[0075] 上述实施例 1、2、3 与对比产品 A、B、C 在不同切削条件下的对比试验数据及测试结果如下:

[0076] 1、纵向车削 45# 钢材棒, 对上述刀片的耐磨性能进行比较测试。刀具寿命标准为后刀面磨损为 0.25mm 时的加工时间。

[0077] 切削条件:

[0078]

| | |
|------|-------------------|
| 材料 | 45# 钢 (HB170-190) |
| 切削速度 | 450m/min、360m/min |
| 进给量 | 0.2mm |
| 切深 | 1mm |
| 冷却剂 | 无 |

[0079] 测试结果:

[0080]

| 测试产品 | 刀片寿命/切削速度 | |
|-----------|-----------|-----------|
| | 450m/min | 360 m/min |
| 本发明的实施例 1 | 6'02" | 10'15" |
| 本发明的实施例 2 | 5'40" | 26'30" |
| 本发明的实施例 3 | 6'30" | 15'20" |
| 对比产品 A | 4'40" | 6'15" |
| 对比产品 B | 2'10" | 3'25" |
| 对比产品 C | 5'20" | 8'20" |

[0081] 试验结果表明：在钢材的高速车削加工中，本发明的实施例 1、2、3 由于具有立方相富集区形成的支撑结构及改善的刃口结构，同时具有针对钢材车削加工优化的基体和涂层的结构组成，其相比于对比产品 A、B 和 C，刀具的使用寿命得到明显改善。

[0082] 2、纵向车削 45# 钢材棒，对上述刀片的失效模式进行比较。刀具失效标准为刀刃崩缺、变形烧刀、过度磨损（后刀面磨损为 $\geq 0.3\text{mm}$ ）。

[0083] 切削条件：

[0084]

| | |
|------|-------------------|
| 材料 | 45# 钢 (HB170-190) |
| 切削速度 | 450m/min |
| 进给量 | 0.2mm |
| 切深 | 1mm |
| 冷却剂 | 无 |

[0085] 测试结果：

[0086]

| 测试产品 | 450m/min | 失效方式 |
|-----------|----------|------|
| 本发明的实施例 1 | 6' 20" | 过度磨损 |
| 本发明的实施例 2 | 7' 4" | 过度磨损 |
| 本发明的实施例 3 | 8' 30" | 过度磨损 |
| 对比产品 A | 5' 40" | 刀刃崩缺 |
| 对比产品 B | 4' 35" | 刀刃崩缺 |

| | | |
|--------|----------|------|
| 测试产品 | 450m/min | 失效方式 |
| 对比产品 C | 6' 10" | 变形烧刀 |

[0087] 试验结果表明：在钢材棒的纵向高速车削加工中，根据本发明的实施例 1、2、3 相比于对比产品 A、B、C，刀具的稳定性和使用寿命得到了明显改善。

[0088] 3、纵向车削 42CrMo 材棒，对上述刀片在高速下加工高合金钢材的耐磨性能进行测试。刀具寿命标准为后刀面磨损为 0.25mm 时的加工时间。

[0089] 切削条件：

[0090]

| | |
|------|----------|
| 材料： | 42CrMo |
| 切削速度 | 300m/min |
| 进给量 | 0.2mm |
| 切深 | 1mm |
| 冷却剂 | 无 |

[0091] 测试结果：

[0092]

| 测试产品 | 刀具寿命 |
|-----------|---------|
| 本发明的实施例 1 | 11' 50" |
| 本发明的实施例 2 | 12' 05" |
| 本发明的实施例 3 | 12' 50" |
| 对比产品 A | 10' 02" |
| 对比产品 B | 7' 30" |
| 对比产品 C | 11' 22" |

[0093] 在刀片涂层厚度基本一致的情况下，测试表明：在合金钢材高速加工中，本发明的涂层刀片与现有技术的刀片相比，其耐磨性能有所改善。

[0094] 4、纵向切削一个圆柱形开槽棒，对上述刀片的抗冲击性能进行测试。刀具寿命标准为刀刃剥落、崩刃时的冲击次数。

[0095] 切削条件：

[0096]

| | |
|------|----------|
| 材料： | 45 号钢 |
| 切削速度 | 280r/min |
| 进给量 | 0.2mm |
| 切深 | 2mm |
| 冷却剂 | 无 |

[0097] 实验结果：

[0098]

| 测试产品 | 产品失效时的冲击次数 |
|-----------|------------|
| 本发明的实施例 1 | 612 |
| 本发明的实施例 2 | 4400 |
| 本发明的实施例 3 | 325 |
| 对比产品 A | 126 |
| 对比产品 B | 46 |
| 对比产品 C | 310 |

[0099] 试验结果表明：在钢材的非连续、高速条件下加工中，本发明实施例 1、实施例 2、实施例 3 比对比产品 A 和对比产品 B 的抗冲击性能和刀尖韧性有明显改善。

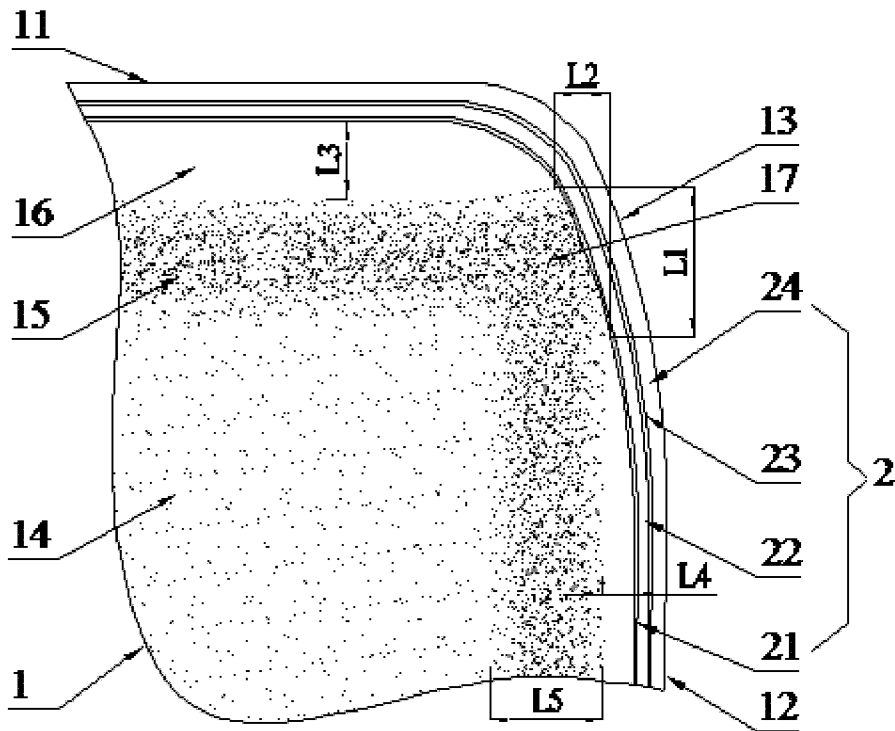


图 1

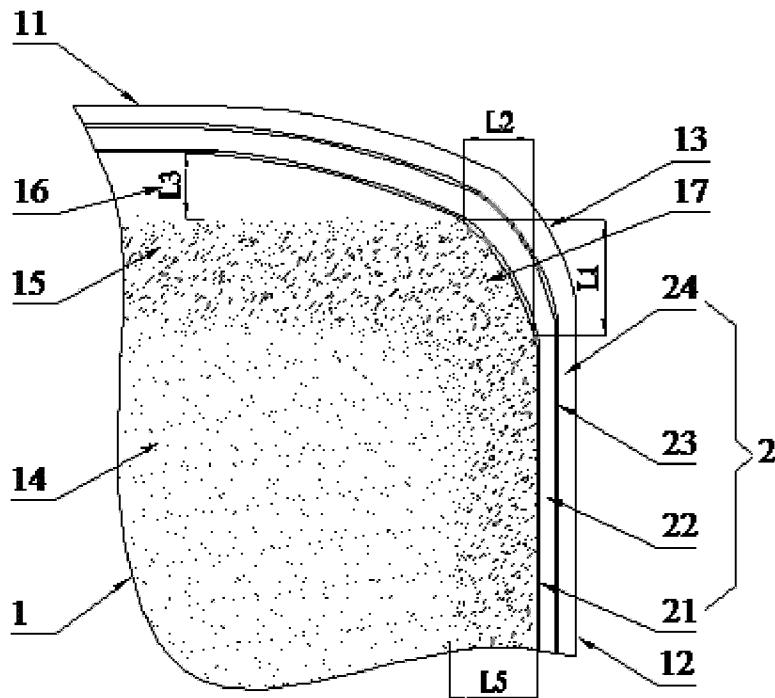


图 2

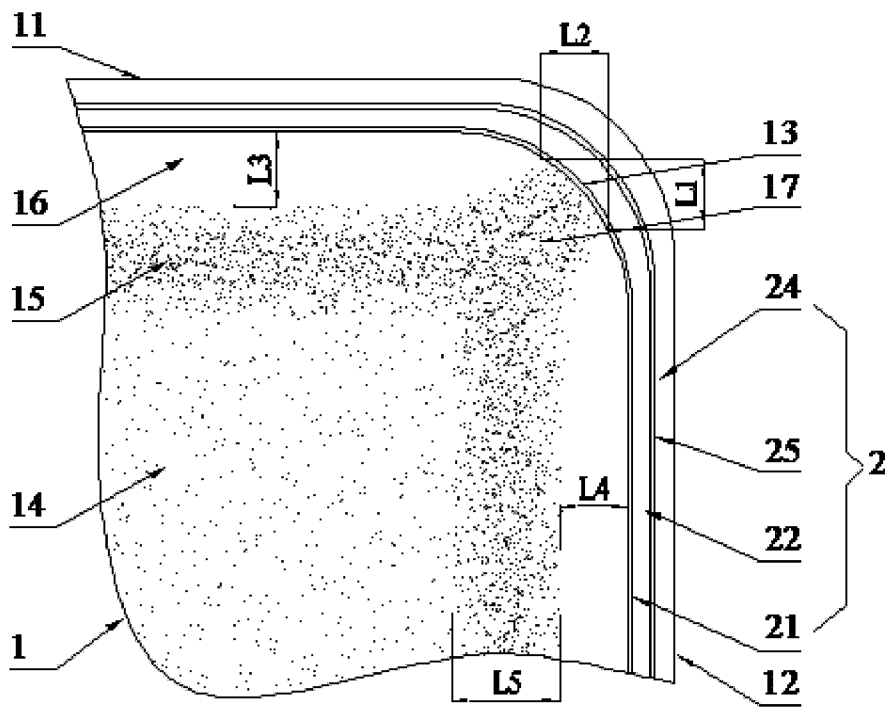


图 3