

固 体 抗 摩 材 料

中国科学院兰州化学物理研究所
《固体抗摩材料》编写组

内 容 提 要

本书叙述了摩擦、磨损与固体润滑的一般概念,着重论述了固体干膜润滑剂、塑料与金属基抗摩材料等的摩擦、磨损与润滑的性能及其应用。

本书是根据本单位近年来关于固体抗摩材料的制备及其应用的研究结果,国内一些单位的资料,并参考了国外的有关报道,整理、编写而成。

本书可供从事固体抗摩材料成型加工和应用的工人及科技人员参考。

固 体 抗 摩 材 料

中国科学院兰州化学物理研究所
《固体抗摩材料》编写组

*

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1973年12月第一版 开本:787×1092 1/32
1973年12月第一次印刷 印张:8 3/16
印数:0001—16,400 字数:186,000

统一书号:15031·70
本社书号:223·15—3

定价: 0.85 元

目 录

第一章 摩擦、磨损与固体润滑	1
§ 1. 摩擦与运动	1
§ 2. 摩擦与热	1
§ 3. 摩擦与磨损	2
§ 4. 摩擦与磨损的分类	6
§ 5. 润滑	9
§ 6. 固体润滑剂的种类、使用方法和要求	9
§ 7. 一些固体粉末的摩擦-温度特性	14
§ 8. 几种常用固体润滑剂	23
第二章 固体干膜润滑剂	39
§ 1. 概述	39
§ 2. 干膜制备工艺	42
§ 3. 硅酸钠与硅酸钾基干膜	50
§ 4. 环氧树脂基干膜	62
§ 5. 硅树脂基干膜	66
§ 6. 几种干膜抗摩性的比较	70
§ 7. 几种无机物涂层的高温摩擦特性	86
第三章 塑料的摩擦磨损和润滑	97
§ 1. 概述	97
§ 2. 塑料的摩擦机理	100
§ 3. 塑料的磨损	102
§ 4. 塑料的润滑	104

第四章	几种塑料抗摩材料	107
§ 1.	酚醛	107
§ 2.	尼龙(聚酰胺)	124
§ 3.	聚酰亚胺	146
第五章	填充聚四氟乙烯	158
§ 1.	聚四氟乙烯及填充聚四氟乙烯的性能	158
§ 2.	填充聚四氟乙烯的成型	181
§ 3.	填充聚四氟乙烯塑料在无油润滑压缩机中的 应用	197
第六章	金属基抗摩材料	221
§ 1.	概述	221
§ 2.	金属基抗摩材料的制备工艺	224
§ 3.	混入法制备的几种金属基抗摩材料	229
§ 4.	氟塑料浸渍的青铜基与不锈钢基抗摩材料	244
附录 1	248
附录 2	255

第一章 摩擦、磨损与固体润滑

长期以来，我国劳动人民在向自然界作斗争中熟练地掌握和使用了各种各样的机械。由于各种机械的运动形式和使用条件的不同，因而产生了具有各种不同性质与特征的摩擦与磨损。所以，我们在讨论固体抗摩材料的应用之前，必须对摩擦、磨损与固体润滑的基本概念、特性和辩证关系等一般情况有所了解。

§ 1. 摩擦与运动

在自然界中，虽然运动是各式各样的，但就机械运动来说，它们有一个共性，即在一切运动中都是一种物体与其他物体相接触，或者与其周围的液体或气体介质相接触，从而产生摩擦。这种接触对运动有着很大的影响，其影响表现为使运动物体的速度减慢和停止。根据牛顿惯性定律，在质量不变的情形下，力是使运动速度增加或减少的唯一原因，阻止运动物体的运动，而使运动速度减慢和停止的力叫做摩擦力 (F) 或介质阻力。摩擦力的方向与运动切向力的方向相反。通常把摩擦力与施加在摩擦部件的垂直负荷 (N) 之比值称为摩擦系数 (μ)，即 $\mu = F/N$ 。这就是阿芒汤摩擦定律的数学式。

§ 2. 摩擦与热

在自然界中，要使静止的物体开始运动，就要用力去克服

静摩擦力(即阻止物体初位移达到极大值的力),要使运动的物体继续运动,就要时时刻刻用力去克服摩擦力(即物体在等速运动时与外施力相等的力)。若要产生力就要消耗功。为了获得功就要消耗某种形式的能。用来克服摩擦力的功跑到哪里去了呢?正如恩格斯所说:“**每当发生摩擦时,动能的消失,并不是作为动力学意义下的位能,而是作为分子运动,即一定形态的热而重新出现。**”由此看来,摩擦与热是密切相联的。摩擦生热这是日常的生活现象。一般来说,摩擦热都散失掉了,因此,用来克服摩擦力的功叫做无用功。若摩擦热不能从摩擦界面及时散掉,它必然加热摩擦物体,使摩擦物体的温度上升。从摩擦、磨损角度来看,摩擦热在某些情况下是有利的,但在大多数情况下,它是有害的。因此,人们力求使摩擦热产生得少,散得快。润滑剂的使用是减少摩擦生热的主要手段;而摩擦偶件材料和润滑剂的导热性以及促使散热的各种措施是解决散热快的主要方法。

§ 3. 摩擦与磨损

这里,我们仅对本书各章中所谈及的摩擦与磨损的基本概念给予简单地说明。

一、摩擦与磨损的起因

摩擦与磨损是在压力作用下相互接触的两物体,在其接触面相对运动时所引起的现象。摩擦是这个现象本身的力学特性;磨损则是与摩擦表面损坏有关的问题。

在机器与机构工程的效率和寿命的计算中,总是拿摩擦与磨损来衡量。摩擦引起能量的损失致使机械效率降低,所以近代技术是尽力减少摩擦偶件中的摩擦系数,从而提高机

械效率。磨损是决定机械寿命长短的重要因素，所以近代技术是力求提高摩擦偶件材料的耐磨损性能，从而达到延长机械的使用寿命。当然，在日常生活与生产斗争中，也有要求增大摩擦与磨损的，如车辆的制动器、摩擦离合器、皮带与钢丝绳传动装置等，都是力求获得最大的平稳的摩擦力；砂纸与砂轮的打磨等也力求获得最大的磨损。由此看来，对待摩擦与磨损要作具体分析。问题的关键就在于如何了解它、克服它、改善它和把握规律利用它。

关于摩擦与磨损的起因问题，至今尚未取得一致的看法。现将目前常用的干摩擦“粘着理论”和“分子-机械理论”作一简单介绍。这两种理论都认为：摩擦物体的表面的加工甚至在极仔细地抛光后，表面也是相对的平滑，即表面总是高低不平的(如表 1-1 所示)。由于固体表面的光洁度，使得两个物体表面总是在个别点上发生接触，因此，真实接触面积(物体接触的实际微小面积总和)比名义接触面积(接触物体的外形尺寸)小得多，其比值因接触材料的机械性能及接触表面的光洁度等情况的不同，可在 1/100000 至 1/10 的范围内变化。因为真实接触面积 (A) 很小，所以，甚至在负荷 (N) 很小的时候，真实接触面积上也产生很大的单位压力。

粘着理论认为：在很大的单位压力的影响下，即使是硬和韧的金属也将发生塑性变形，这时塑性接触点上的应力等

表 1-1 在各种不同的加工时钢表面的光洁度的最大尺寸

加工的种类	凸峰高度或凹谷深度(微米)
车 削	2.8
精 磨	1.4
研 磨	0.32
细 磨	0.131
超 精 磨	0.025

于较软金属的压缩屈服强度极限或流动压力 (P_m), 而真实接触面积等于负荷与流动压力之比, 即 $A = \dot{N}/P_m$ 。

在摩擦时, 接触点产生瞬时高温 (达 1000°C 以上, 且可持续千分之几秒钟) 引起两物体发生粘着 (“冷焊”), 在相对移动时 “粘着点” 又将被剪切断掉, 两物体发生 “滑溜”。摩擦就是粘着与滑溜交替进行的跃动式过程 (当摩擦速度增加时, 跃动式过程变为不明显)。这种过程就使运动受到阻力, 这阻力等于各 “粘着点” 被剪断时阻力的总和。它是构成摩擦力的主要原因, 被称为摩擦力的剪切项, 这项摩擦力等于剪切面积 (A) 与材料剪切强度 (S) 的乘积, 即 $F = A \cdot S$ 。该理论还认为: 在摩擦偶件表面粗糙时, 硬物可嵌入软物并形成粘着, 在相对移动时, 这些 “粘着点” 也将被剪断, 这是构成摩擦力的另一原因, 它被称为摩擦力的粗糙度项 (“刨削项”)。当表面不太粗糙时, 这项力可以不计。这时, 摩擦系数为材料剪切强度与流动压力之比, 即 $\mu = F/N = A \cdot S/A \cdot P_m = S/P_m$ 。摩擦时, “粘着点” 的形成和破坏就造成磨损。

分子-机械理论认为: 在很大单位压力的影响下, 摩擦偶件接触时是弹塑性混合状态, 且表面互相啮合而接触, 并且在相对滑动时, 互相啮合的部分便被剪断, 因而构成相对运动的阻力, 摩擦力就是在各个接触点上所产生的阻力总和。此外, 在表面互相接触的部位上, 产生分子吸引力 (N_0), 这个分子引力的作用, 就如所施加的负荷一样。因此, 摩擦乃是由下列两个因素决定的过程: 一方面是克服机械的互相啮合, 另一方面是克服分子引力。由此看来, 分子-机械理论所定义的摩擦系数 (μ') 是摩擦力与垂直负荷和两物体分子引力之和的比值, 即

$$\mu' = \frac{F}{N + N_0}$$

或摩擦力

$$F = \mu'(N + N_0)$$

这就是人们所说的摩擦二项式定律。摩擦时，表面的互相啮合与分子引力的形成和破坏就造成磨损。

摩擦二项式定律与阿芒汤摩擦定律的关系可用下式表达：

$$\mu = \frac{F}{N} = \mu' \left(1 + \frac{N_0}{N} \right)$$

此式中的 μ' 称为真实摩擦系数，是一个恒量，一般计算出来的摩擦系数 (μ) 不是一个恒量，而是随着负荷的增加而减小的，这与实际结果相符合。

以上干摩擦理论反映了摩擦现象的部分规律，虽然摩擦系数是在一定条件下测定的，但在一般工程计算中尚有一定的适用性。

二、影响摩擦与磨损的因素

影响摩擦系数的因素是复杂的。但人们经过反复实践，已确定了一些影响摩擦系数的因素。目前，在理论上证明了负荷、光洁度、滑动速度和温度等因素对摩擦系数的影响，这就可以用适当地控制这些因素的办法，来改变摩擦过程。影响摩擦系数的因素至少有七种：(1) 材料的本性（刚度和弹性等）及摩擦表面上是否有膜（天然的与人为的）；(2) 负荷与施加负荷的速度；(3) 摩擦表面相对移动的速度；(4) 摩擦偶件的温度状态；(5) 摩擦表面的质量、光洁度与接触特性；(6) 摩擦偶件静止接触时间；(7) 摩擦偶件周围的各种介质如真空、水汽、各种气体及液体等。

影响磨损的因素也是很多的。一种材料的耐磨性由材料的本性（如材料的强度、硬度、弹性以及与其对磨材料的相互

间粘着)与材料摩擦表面的光洁度以及工作条件(时间、负荷、速度、温度、有无润滑剂及润滑的状态、摩擦偶件与周围介质的作用,如腐蚀)等等所支配。

由上所述,影响摩擦与磨损的因素是复杂的。因此,在有关某一材料的摩擦与磨损的数值中,若没有指明得出该值时的各种条件与采用何种测试设备时,则这些数值就只有参考意义,且相互间不便于进行分析、比较。这一点应予以注意,以免发生错觉。

本书中的大部分摩擦与磨损数据均为附录 1 中所列的铁姆肯(Timken)、斯考达(Skoda)、高温二号、高温三号和粘-滑试验机等五种测试设备上取得的。

§ 4. 摩擦与磨损的分类

摩擦与磨损的分类表达了人们对摩擦与磨损基本规律的看法。分类的目的是为了将机械中各式各样的摩擦与磨损归纳为几个基本类型,更好地解决生产实际问题。

一、摩擦的分类

根据运动学的特征,摩擦可分为滑动、滚动和旋转三种形式,亦可同时兼备两种以上的形式。

根据物体位移的大小及其与切向力的关系,摩擦力可划分为动摩擦力、非全静摩擦力和全静摩擦力三种形式。

根据摩擦物体表面状态以及是否有润滑剂,摩擦可划分为下列四种:

(1) 纯净摩擦: 纯净摩擦也称物理干摩擦,该摩擦是指在两个物体表面上均无他种介质(吸附膜、化合物膜以及其他人为加入物)的摩擦。这种摩擦可在物体表面发生显著塑性

变形时形成,因为这时可裸露出纯净的表面;也可在实验室中(或宇宙空间中)的真空下获得。纯净金属的摩擦会产生表面的粘着。

(2) 干摩擦:是指在摩擦表面之间没有人为加入的任何润滑剂下所发生的摩擦。所谓干摩擦,严格地说,是指两接触物体表面的直接摩擦,其摩擦系数很高,如钢对钢为 0.7—0.8。实际上,由于摩擦有热和塑性变形的发生,促使金属和周围介质起化学变化,如氧化等,这就会使摩擦系数降低,如钢对钢一般降为 0.15 左右,所以一般干摩擦的概念是扩大为无润滑下的摩擦。

(3) 混合摩擦:混合摩擦也称为中间形式的摩擦。它包括边界摩擦、半干摩擦和半液体摩擦。其特点是摩擦表面上有一层很薄的介质(0.1 微米或更薄)或介质层只盖住一部分表面。

边界摩擦:在边界摩擦时,摩擦表面之间由介质(油、脂或固体等)膜隔开,但又未完全隔开的情况。这层介质膜极薄(0.1 微米或更薄),以致使其具有与介质的整体性质不同的特殊性质,且与摩擦表面的本性及其状态有关。这时的介质具有分层的结构:介质分子的活性端(如 MoS_2 的硫原子)固定在金属表面上,好象是形成了“细毛”。

半干摩擦:这是一种混合的摩擦,即在摩擦表面上同时存在干摩擦和边界摩擦情况的摩擦。

半液体摩擦:这也是一种混合的摩擦,即在摩擦表面上同时存在液体摩擦和边界摩擦,或液体摩擦和干摩擦情况的摩擦。

(4) 液体摩擦:在液体摩擦时,两个物体的摩擦表面有一层连续的薄膜,摩擦表面完全被介质层分开。如将气体也包括在内,则统称为流体摩擦。

根据摩擦发生在同一物体之中或两个物体之间的特征又可划分为外摩擦与内摩擦。

(1) 外摩擦：它是两个相互接触物体的相对移动而发生的摩擦。它仅与两个物体的接触部分的表面的相互作用有关，而与物体的内部状态无关。严格说来，只有当固体间没有润滑层的情况下，两个物体才能有直接的接触，才会出现外摩擦。

(2) 内摩擦：它是同一物体诸部分间的相对移动而发生的摩擦。流体的特征是本身诸部分间容易发生相对位移。可是，尽管固体不象流体那样容易发生本身诸部分间的移动，但是也可能发生固体的内摩擦，如石墨、 MoS_2 等固体润滑剂以及塑性加工的过程中。

二、磨损的分类

磨损是摩擦的必然结果，它是一种综合的物理-化学-机械现象。一种材料的耐磨性通常以单位行程的磨损体积（或磨损重量）来表示。单位行程的磨损体积又叫线磨损。线磨损的倒数叫做耐磨性。

目前尽管磨损的分类方法很多，但还没有统一的看法。

现将几个主要分类介绍如下：

根据摩擦表面发生的现象，磨损可分为氧化磨损、热磨损、研磨磨损（或称磨粒磨损，机械磨损）和点蚀磨损。

根据摩擦表面破坏的原因，磨损可分为研磨磨损（或称磨粒磨损，机械磨损）、分子-机械磨损、腐蚀磨损和接触疲劳磨损。

根据磨损发生的本质（机械作用）可将磨损分为

机械磨损：包括研磨磨损（或称磨粒磨损，机械磨损）、啮合磨损、表面疲劳磨损和擦伤磨损；

分子-机械磨损：主要是粘着磨损；
腐蚀-机械磨损：主要包括化学腐蚀磨损和氧化磨损。
根据摩擦偶件两物体的相对物理性质，磨损可分为
软物体被硬物体所磨损；
硬物体被软物体所磨损；
相同物体的磨损。

§ 5. 润 滑

摩擦与磨损的对立面是润滑。润滑的目的则是为了降低摩擦，减少磨损。人们总是对磨损更为重视，降低 1/1000 的磨损比降低 1/10 的摩擦力更有意义。因此，润滑的首要作用是减少磨损，其次才是降低摩擦。

按照润滑剂的状态不同可将润滑分为气体润滑、液体润滑、半固体润滑（润滑脂等）、固体润滑和兼有上述两种状态的润滑。

§ 6. 固体润滑剂的种类、使用方法和要求

固体润滑就是用固体粉末、薄膜或组合材料代替润滑油脂来隔离相互接触的摩擦面，以达到减小表面间的摩擦和磨损的目的。

我们都知道要得到摩擦面的最小的摩擦和磨损，采用流体润滑是很有效的。为什么还要考虑固体润滑呢？科学技术的发展，不断提出新的课题。固体润滑这一新生事物的出现，是人类不断总结经验的必然结果。

1958 年，我国人民在毛主席无产阶级科技路线的指引下，对具有润滑能力的无机固体物质进行了研究和生产。无

产阶级文化大革命以来，我国一些地区先后召开了节油工作会议，使固体润滑剂得到了更广泛的应用。实践证明：MoS₂等固体润滑剂以各种不同方法使用时，不但能够在一般条件下取得提高设备利用率、延长设备使用寿命、节约电力消耗和石油产品、降低成本、解决设备漏油和节约有色金属等显著成效，而且在高低温、高负荷、高速度、强辐射、强腐蚀以及特种介质等苛刻条件下，也具有优异的润滑效应。由于固体润滑材料对国民经济具有重大的意义，因此，近几年来，上海、本溪、北京等地都先后生产了各种质量优异的 MoS₂ 等固体润滑剂（产品企业标准详见附录 2 中表 1 至表 5）。以我国生产固体润滑剂最早的上海井岗山化工厂的产品产量为例（表 1-2），就可以充分说明，固体润滑材料的应用是日趋广泛的，它的发展前途也是大为可观的。

表 1-2 上海井岗山化工厂历年来 MoS₂ 的产品产量的比较值

品 种	产 量	产 量 比 值								
	年	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
试剂 MoS ₂ 粉	1	0.6	7.3	13.3	26.6	10.1	23.4	33.3	20.8	
粉剂 MoS ₂ 粉	1	2.8	27.8	112.0	118.0	123.8	418.3	277.1	156.9	
油剂(含 MoS ₂ 30%)	1	17.6	34.4	520.4	223.9	228.8	294.2	301.1	297.2	
水剂(含 MoS ₂ 25%)	1	2.2	30.8	180.7	50.8	92.3	311.5	107.7	135.4	
合 计	4	23.2	100.3	826.4	419.3	455.0	1048.4	719.2	610.3	

从国内外一些实践中看到，采用固体润滑有如下的优点：
 (1) 可在极高负荷下工作；(2) 可在很低速度下工作，从而降低粘-滑现象和“冷焊”；(3) 有较宽的使用温度范围；(4) 可在无封闭的、有尘土的环境中使用；(5) 可简化或取消润滑设计、润滑系统，消除润滑系统（指油循环系统）的不可靠性；(6) 长时间放置不会形成不均匀的润滑膜；(7) 和环境

气氛、溶剂、燃料、助燃剂不起反应；(8) 有比润滑油脂好的真空性能和抗辐照能力。但是，采用固体润滑时的摩擦系数一般要比用油脂润滑时来得高，且不能带走摩擦热，在防锈、排除磨屑和润滑剂的补充等方面也比不上用油脂润滑。

固体润滑剂的种类很多，使用方法也不相同。固体润滑问题有两个方面：首先是寻找一种具有良好润滑性(减摩、耐磨)的物质；其次是决定使用它的最佳办法。表 1-3 和表 1-4 分别列出了固体润滑剂的种类和使用方法。表 1-3 中所列的固体润滑剂必须根据润滑的目的和具体使用它的条件来确定选用。

为了说明对固体润滑剂性质的要求，可先分析一下摩擦

表 1-3 固体润滑剂的种类

类 别	说 明
金 属	许多软金属，如铅、锡、铟、锌、钡、银、金等。这些金属用在压力加工与辐照、真空、高温等条件下，具有良好的效果
金属的化合物	<p>金属的氧化物，如一氧化铅 (PbO)、四氧化三铁 (Fe₃O₄) 等金属氧化物都具有润滑效应，特别是在高温下</p> <p>金属的卤化物，如氟化钙 (CaF₂)、氟化钡 (BaF₂)、氯化镉 (CdCl₂)、氯化钴 (CoCl₂)、氯化铬 (CrCl₂)、氯化镍 (NiCl₂)、溴化铜 (CuBr₂)、碘化镉 (CdI₂) 等</p> <p>金属的硫化物，如二硫化钼 (MoS₂)、硫化钨 (WS₂)、硫化铅 (PbS)、硫化亚铁 (FeS) 等</p> <p>金属的硒化物，如二硒化钨 (WSe₂)、二硒化钼 (MoSe₂)、二硒化铌 (NbSe₂)、二硒化钒 (VSe₂) 等</p> <p>金属的磷酸盐，如磷酸锌 [Zn₃(PO₄)₂] 等</p> <p>金属的硫酸盐，如硫酸银 (Ag₂SO₄)、硫酸锂 (Li₂SO₄) 等</p> <p>有机酸盐，如各种金属脂肪酸皂等</p>
其他无机物质	石墨、玻璃(在压力加工过程中的熔融状态下，起瞬时的润滑作用)、滑石、云母(虽润滑性较差，但电绝缘性好，在特殊情况下也有使用的)、氮化硼 (BN) 等
有机物质	蜡、固体脂肪酸和醇、联苯、各种颜料和染料(如阴丹士林、酞菁)、各种树脂和塑料(聚氟乙烯、聚酰胺[尼龙]、聚酰亚胺、聚氯乙烯、酚醛树脂等)等

表 1-4 固体润滑剂使用方法

固体润滑剂使用方法	摘 要
用固体润滑剂粉末构成薄膜	<ol style="list-style-type: none"> (1) 将粉末与挥发性溶剂混合后,喷在摩擦表面上 (2) 将粉末用擦涂或机械加压等方法固定在摩擦表面上 (3) 在运转时将粉末随气体输送到摩擦表面上
用粘剂粘固固体润滑剂粉末构成薄膜	<ol style="list-style-type: none"> (1) 以各种树脂粘固的 (2) 以各种无机物粘固的 (3) 以金属陶瓷粘固的
以特殊方法形成固体润滑膜	<ol style="list-style-type: none"> (1) 在多孔的材质中浸入固体润滑剂 (2) 用蒸涂、喷涂、溅射等方法形成固体膜 (3) 用电镀、电泳法形成固体膜 (4) 用化学反应法形成固体膜(供给适当的气体、液体而使表面反应) (5) 用烧结法形成固体膜 (6) 热挤压用玻璃润滑剂,常温为固体,使用时熔融而起作用 (7) 用薄膜作衬垫
将固体润滑剂粉末压制成材作为摩擦面	<ol style="list-style-type: none"> (1) 由压制成型后再加工而成 (2) 由压制、浸渍(树脂、金属、陶瓷)烧结、切削加工而成 (3) 用金属衬来加强 (4) 镶嵌在金属面上
固体润滑剂粉末混在其他固体材料里	<ol style="list-style-type: none"> (1) 与塑料粉相混合、压制、烧结为成型材料(塑料抗摩材料) (2) 与金属粉相混合、压制、烧结为成型材料(金属基抗摩材料) (3) 与金属-塑料粉相混合、压制、烧结在金属背上为成型材料(金属-塑料类)
固体润滑剂粉末分散在液体或胶体中	<ol style="list-style-type: none"> (1) 分散在润滑油中(油剂与油膏) (2) 分散在切削液与水中(水剂) (3) 分散在润滑脂中(各种润滑脂类) (4) 将硬脂酸、石蜡等熔融后,将固体润滑剂均匀分散其中(固体润滑蜡笔)

系数公式: $\mu = S/P_m$, 这个公式在摩擦系数与摩擦接点材料变形的关系上说明了这个问题。也就是可以通过材料的剪切强度和流动压力的性质估计摩擦情况。从这个摩擦公式看,对能够作为固体润滑剂使用的物质,基本上应提出如下要求:

(1) 本身与摩擦表面附着力强(物理的或化学的结合),若对表面有强附着力,摩擦系数便反映了材料的剪切强度;如果附着力不强,它就被迅速地扫离摩擦表面而形成干摩擦。

(2) 本身具有异向异性的晶体强度性质,即抗压强度大,剪切强度小。

(3) 若本身为非异向异性的晶体,则其剪切强度必须低于摩擦材料。

(4) 任何环境条件的变化不应对上述特征有根本的改变。

从一般油脂润滑剂比固体润滑剂的摩擦系数小,但却使用固体润滑剂的原因来看,应提出如下要求:

(1) 耐热性好。

(2) 化学稳定性好,即对于酸、碱以及周围的气氛等具有稳定性。

(3) 耐腐蚀性好。

(4) 真空下蒸发率低。

(5) 抗辐照性能好。

从润滑的一般要求看,应提出如下要求:

(1) 不侵蚀金属和其他材料。

(2) 热传导率高。

(3) 容易被粉碎,杂质少。

(4) 在水和其他溶剂或介质中不溶解。

从实用方面与经济观点看,应提出如下要求:

(1) 价格便宜,容易得到。

(2) 最好能够再生和反复使用。

以上要求是综合起来提出的,对某一具体使用情况来说,应进行具体分析,提出具体要求。