

В. В. 科斯特金 П. А. 高列兹柯 原著

摩擦表面的
处理

第一輯 民間傳說 一、民間傳說 二、民間傳說 三、民間傳說

第二輯 民間傳說 一、民間傳說 二、民間傳說 三、民間傳說

第三輯 民間傳說 一、民間傳說 二、民間傳說 三、民間傳說

第四輯 民間傳說 一、民間傳說 二、民間傳說 三、民間傳說

摩擦表面的滲硫处理

[苏联] B. B. 科斯特金 著
П. A. 高列茲柯

吳 振 寰 譯

姚 律 白 校

內 容 提 要

本書是蘇聯明斯克汽車製造廠的工程技術人員集體進行的研究報告，其中介紹了一種能提高零件摩擦表面耐磨性的新的熱處理方法——滲硫。書內除對滲硫的基本理論有所闡述外，對於滲硫的應用及工藝方法亦有較詳的說明。

本書可供熱處理研究工作者、技術人員參考之用。

摩擦表面的滲硫處理

СУЛЬФИДИРОВАНИЕ
ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ

原 著 者 [蘇聯] В. В. КОСТКИН
П. А. ГОРЕЗКО

原出版者 ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕ-
МИИ НАУК БССР-МИНСК
1955 年版

譯 者 吳 振 襄

*

科學技術出版社出版
(上海南京西路2004號)

上海市書刊出版業營業許可證出079號

上海啓智印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號: 15119·591

開本 787×1092 1/32 · 印張 23.16 · 字數 45,000

1957年12月第1版

1957年12月第1次印刷 · 印數 1—2,200

定價: (10) 0.32 元

作者序

这本小冊子是叙述明斯克汽車制造厂的工程技术人员們，尤其是編輯組^{①②}，所进行的摩擦表面渗硫工作，在这些作者中必須指出的是工程师 Я. С. 布拉雅、П. А. 米申和 Т. П. 达尼連科等人。

本書的作者們都是研究渗硫过程的直接参加者，也是渗硫摩擦表面某些性質的发现与研究直接参加者，但他們并不認為此項工作已趋完善。如果进一步探討与研究渗硫过程的化学作用，就能发现更完善的渗硫方法，以及对渗硫层的物理特性能作出更精确的測定。

但是，我国的工业工作者对于这项新的工作表現着极大的兴趣，这就促使作者在現阶段所获得初步結果的基础上，写出与出版这本小冊子。因为如不把这一範圍內的研究工作作广泛的交流，就不仅会使所进行的工作多走弯路和重复別人已发生过的錯誤，同时也会阻碍更进一步地探求更好的渗硫方法及其新工艺的广泛运用。

① 根据第 14215, 15011, 15012 及 15148 号申請書，在 1953 和 1954 年登記了這項工作。

② 相当于我国工厂里的合理化建議委员会(下同)——譯者

目 录

作者序

緒論.....1

第一章 摩擦表面的耐磨性.....3

1. 摩擦与磨損之間的相互关系.....3

2. 摩擦和磨損的分子理論.....5

3. 切削刀具的磨損特性.....8

第二章 硫在工业中的应用.....10

1. 硫的某些性質.....10

2. 金属中的硫.....10

3. 潤滑油中的硫.....14

4. 硫化鉄复盖层.....15

第三章 渗硫的方法及其应用.....16

1. 原始的根据.....16

2. $540\sim 560^{\circ}\text{C}$ 与 $850\sim 930^{\circ}\text{C}$ 固体介質渗硫.....19

3. 低溫渗硫法.....22

4. $540\sim 560^{\circ}\text{C}$ 液体渗硫法.....24

第四章 渗硫工艺过程.....26

1. 表面的制备.....27

2. 保溫時間.....28

3. 在热油中处理.....29

4. 鹽槽成分的控制.....30

5. 渗硫处理質量的檢查方法.....30

6. 生产工段的組織.....	37
第五章 滲硫法的本質和特性的某些問題.....	40
1. 滲硫层活性性質的持久再生現象.....	40
2. 滲硫层磨損生成物的性質.....	41
3. 滲硫表面磨損的某些規律性.....	43
4. 滲硫表面的硬度与耐磨性.....	46
5. 滲硫对于被处理零件尺寸的影响.....	48
第六章 推行滲硫法的几个实例.....	49
結論.....	53
附录.....	56
参考文献	

緒 論

延長機器、儀器和機構的使用壽命，對於我們的社會主義國民經濟有着重大的意義。

設備、工具在實際使用工作中過早的磨損，會大大地引起產品成本的增加，降低了設備的生產率和它的精密度，從而大大地增加動力的消耗。個別零件的過度磨損，阻礙着整套機構生產率的提高，限制了設計師們的設計能力與意圖，迫使他們在個別零件上減低負荷，因而就不得不增加設備的重量與尺寸。

在國民經濟的各個部門中，工藝過程的強化堅決地要求提高摩擦表面的耐磨性。因此，我們認為金屬及合金的耐磨性問題，它的意義並不亞於金屬的強度問題。

要解決這個重大的問題，只有改善在摩擦條件下工作的機器零件的磨合過程和增加其耐磨性。這樣不但可以節約大量的金屬和財富，而且還可以挖掘出巨大的生產潛力、降低設備的修理費用、延長機器的實際使用壽命。

在蘇聯黨和政府的決議里，指出了必須重視節約原材料、運用價格低廉的材料、廣泛運用有效的代用材料及先進的生產工藝等問題。

為了增加在摩擦條件下工作的機器零件的耐磨性，僅僅在最近幾年，蘇聯的熱處理工作者制訂了大量的摩擦表面的附加加工過程，諸如氮化、滲碳、氰化等。這些過程的特性是增加金屬表面層的硬度，也就是現今大家知道的降低磨損的最有效果

的方法。

石油工业的工艺工作者和化学家們，已經創造出必需的高质量潤滑油品种。使用这些潤滑油，大大地增加了在摩擦条件下工作之机器的速度范围和單位負荷。

我們的工业每年都在生产大量的各种机床、发动机、汽車、拖拉机、复杂的农业机器及用于生产中相应数量的各种工具。很多的机器与机构，特别是农业机器（拖拉机，联合收割机等），由于在特殊而繁重的土壤中工作（实质是在磨料介质中工作），与其他一些工作条件較輕的机器比較，磨損当然要快得多。每年要花費大量的資金和生产力来修理和补充不能再用的零件。因此，即使机器与机构的使用寿命稍延長一些，也可以挖掘出巨大的生产潜力和财富。这些财富可用之于更进一步的发展国民經济，以加强我国的实力，提高人民的物質水平。

在这本小冊子中，叙述了提高摩擦表面耐磨性的一种新方法——表面渗硫法（金属表面层被硫所饱和）。如果这种方法能获得广泛的应用，則可以解决大部分节约原材料和生产資料的現實問題，并能普遍采用廉价的代用品。

明斯克汽車制造厂工程技术人員們所創造的鋼鉄零件及工具的渗硫法，与現有的几种提高摩擦表面耐磨性的方法比較，無論在增加摩擦表面耐磨性的效果方面，或者在其广泛应用的可能性方面，都具有一系列的优越性。

大量的研究与实验工作发现与証实，鋼鉄零件經過渗硫后，其摩擦表面具有完全新的性質。因此在摩擦接触表面上不会发生“咬合”（焊接）現象。这样不仅可以增加在摩擦条件下工作的鋼鉄零件的耐磨性，同时可以在机器与机构的結構中用鋼鉄代替有色金属。

作者擬訂與檢驗了許多滲硫方法与工艺过程,其中包括:在熔化鹽槽內滲硫、在固体介質箱內滲硫,以及在特种裝置上气体滲硫。当遵照一定的工艺規程特别是溫度規范时,这几种方法能够給予增加被处理表面耐磨性以良好的結果。

用表面滲硫获得之新的物理性能的发現与其耐磨性的有效提高——这一主要和基本的任务解决之后,至于滲硫用槽的成分与配方問題可由各种方法解决。在目前,已經有許多滲硫槽成分的配方。这些配方是科学研究所和工厂(化工机器科学研究所,国立白俄罗斯大学,莫斯科古比雪夫变压器厂,高尔基城莫洛托夫汽車制造厂,罗斯托夫农业机器厂等)补充制訂的。但是,只有大規模地应用新工艺过程,繼續研究与比較实际应用結果,才能获得更有效的滲硫配方。

作者認為,所謂在固体介質和在气体介質——硫化氫中的滲硫法,是机器零件的簡易可行的滲硫法。对于高速鋼工具的滲硫,与固体介質中滲硫一样,建議利用在熔化鹽槽中的处理方法——表面硫飽和的热化学法。

以全部或部分消除摩擦时的分子咬合力,从而解决提高摩擦表面耐磨性問題,滲硫是一种新的化学热处理方法。

第一章 摩擦表面的耐磨性

1. 摩擦与磨損之間的相互关系

摩擦和磨損,乃是一种不可分开的、相互伴隨着的現象。

在接触表面作相对的移动时,即产生了阻碍此移动的摩擦。在克服此力时,就要消耗一定的功。因此我們說磨損是摩

擦的結果。

科学总是企图指示摩擦与磨损的规律，目的在于控制摩擦与磨损，提高机器与机构的耐用度，創造在摩擦上最小损失的条件，后者在目前还是很大的。我們可以断言，即使是最新式的內燃发动机，其消耗于克服摩擦力上的功率就不低于本身功率的20%。

苏联的研究工作者指出，下列因素对摩擦和磨损过程的产生有影响：摩擦的种类和特性、摩擦物体的化学成分和結構、它們的尺寸和形狀、摩擦表面的質量、物体間的壓力、摩擦物体的溫度、它們的相对移动速度、磨损生成物的性質等。

虽然对于摩擦和磨损过程的影响有这許多因素，但是在工业中要予以特別注意的是摩擦表面的物理机械性能。因为在其他各种条件都保持相同时，摩擦表面的物理-机械性能的变化，就会引起耐磨性的急剧变化。

在現代工业中，广泛地应用着用某些元素扩散滲入金属表面层的各种化学热处理方法。諸如：碳——滲碳，氮——氮化，碳和氮——氰化，硼——滲硼，鋁——滲鋁以及其他許多方法。这些元素的应用，取决于提高硬度、耐磨性和耐热强度等的設計与实际使用的要求。为了提高零件的耐磨性，保証提高金属表面层硬度的化学热处理方法，应用得最为广泛。因为提高金属或金属表面层的硬度(用淬火、滲碳与氰化法等)，可以大大地提高摩擦表面的耐磨性。相反，降低硬度則引起耐磨性的急剧降低。

到現在为止，保証延長机器零件与切削刀具寿命达4~6倍的氰化法，被認為是增加耐磨性的最有效的方法。但是，由于这种方法有毒，且利用生产廢品的巨大复杂性，以及生产过程的昂貴，都阻碍着这种方法的广泛应用。所有这些因素就限制了氰

化法在小工厂、拖拉机站及小作場中应用的可能性。

为了增加摩擦表面的耐磨性而应用的各种方法，它們的片面性是其重大的缺点，即經处理后的摩擦表面的耐磨性，增加得不够均匀，而且与其相接触的表面的耐磨性，也未等量增加。

以增加摩擦表面的耐磨性为目的，因而改变其物理-机械性能大家所熟知的方法，是基于摩擦表面的硬度与其耐磨性之間存在着直綫关系。对于鋼鉄零件，公認这种关系是适用的。但是，在摩擦部件中应用“較軟的”耐磨合金时，已証明在摩擦和磨損过程中起决定性作用的不仅是摩擦表面的硬度，而且是它的物理-机械性能。

2. 摩擦和磨損的分子理論

当研究摩擦与磨損时所产生的現象时，摩擦和磨損的分子-机械理論获得最广泛的应用。这个理論認為，摩擦表面分子力的相互作用与此表面的“咬合”(焊接)現象，在摩擦与磨損过程中起决定性的作用。

摩擦表面的結構分析証明，当干摩擦与界限摩擦时，即使表面經過非常精細的研磨和用小量負荷工作，也会很快从这些表面之一方或双方产生磨損。

在显微鏡下面研究摩擦表面时，我們能够清楚地看到此表面是粗糙的，具有若干不均匀处，且可发现有凸峰与凹谷。

我們用这种方法查明，相互接触的实际表面积，不是物体的整个表面，而是其中較小的一部分。因此，人們力求获得尽可能光洁的摩擦表面，因为在表面光洁的情况下，相同的压力会使比压(在單位面积上所承受的压力)减小，这对减少磨損有良好的影响。

在粗糙表面的相对移动过程中(在摩擦过程中), 显微不均匀处將如此接近, 以致相互咬合起来, 相互粘合的分子力便在接触处开始起作用, 結果就使金属表面的微粒破断, 这便是我們所看到的磨損生成物。

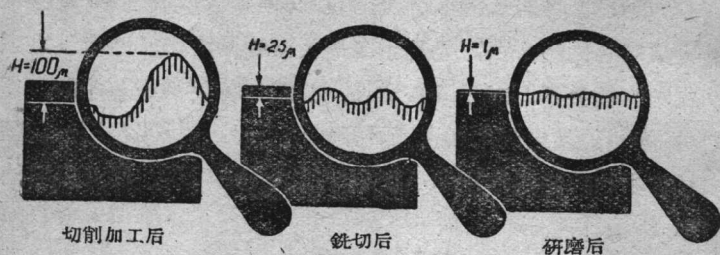


图 1. 在倍率很大时摩擦表面的形状

把仔細拋光过的鋼試块互相压紧时, 可以观察到光洁金属表面分子力的相互作用现象。为了使微粒分裂(破断), 必須加以相当大的外力。Иогансон 平板粘合在一起, 会如此明显地表示出, 如將結合层的一端夾紧于虎鉗上, 用錘子相击, 則在其一之上面殘留下粘层金属的痕迹, 这似乎是焊接于另一平板表面的痕迹。

当然, 不能根据这点作出为了消除分子力的作用而必需制造粗糙表面的結論。因为摩擦表面愈粗糙, 它就愈容易被磨損; 又因为如果施加全部負荷于个别凹凸的不均匀部分处, 这些凹凸不平处即被压破、剥离、甚至熔接起来, 这就使原来的尺寸很快地損失。当其他各种条件相同时, 摩擦表面愈光洁, 則它的磨損也就愈小。

在摩擦和磨損分子理論中起巨大作用的是, 相互接触表面的“咬合”现象, 这是干摩擦与界限摩擦时的最普遍的形式。

当金属表面相摩擦时，机器零件或切削刀具都会和被加工材料粘合在一起，正如我們所遇到的現象一样，有时从它的表面之一出現另一摩擦表面的金属微粒的粘附。这些表面似发生了“咬合”現象。由于相对移动的结果，金属微粒被割断与被另一表面或被二个表面帶去。因此，我們可以断言磨損現象，其令人信賴的标志是由于微粒的断裂与脫落而使摩擦物体重量減輕。

任何表面，即使經過极其精細拋光过的摩擦表面，都具有一定的显微不均匀性，在直接接触而缺乏潤滑的摩擦时，都会产生“咬合”現象。在实际中，在車床的主軸上，在曲軸的連杆和軸頸上，在絲錐、插齿刀的后界面上等，我們都能遇到象形成划痕的磨損現象。

当运用阻碍金属表面直接接触的界限层潤滑油时，“咬合”現象便减少了；在这种情况下，摩擦系在潤滑油层之間产生。

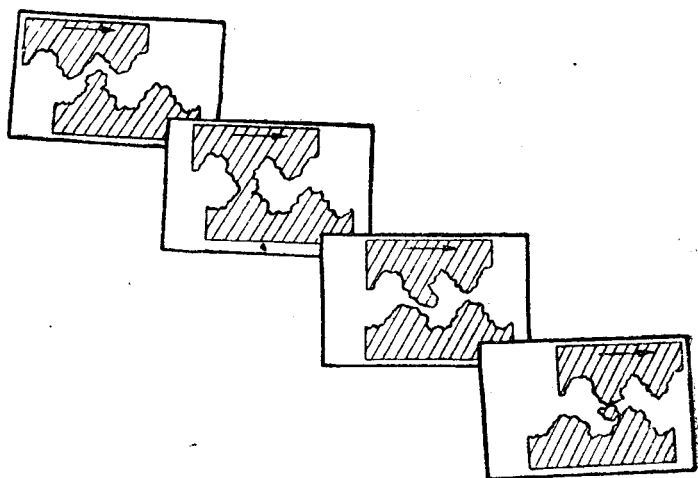


图2. 摩擦表面的“咬合”破渐

潤滑材料的功用在于,用坚固的保护薄膜复盖住摩擦表面,这样减弱了摩擦表面之間“咬合”力的作用。然而,甚至是最优良的潤滑材料,只是当第一次使用时才具有最小的摩擦系数;之后,当有磨損生成物落入原来純洁的潤滑油中时,摩擦系数就急剧的提高了。尽管保持潤滑油的头次性質是保証具有最小摩擦系数值的决定性的因素,但是我們要想获得在摩擦过程中性質不会变化的潤滑油是不可能的。

但是,如果在金属的表面层增加含硫量时,就可以創造出条件,使磨損生成物保持薄膜的潤滑油性能,并阻碍其后摩擦系数的增高。

3. 切削刀具的磨損特性

摩擦及磨損的分子理論,尽管其应用得十分广泛,而且十分正确地 and 机器零件摩擦表面的磨損現象相符合。但是,这一理論却不能令人滿意地解釋当用淬火高速鋼切削刀具加工金属时所發生的現象。

从摩擦与表面“咬合”現象的分子理論出发,切削刀具的磨損可作如下解釋:

1) 在摩擦过程中,沿前界面切下之切屑与沿后界面相接触的被加工零件,使切削刀具表面层的显微組織发生变化。这种变化表现在形成新的、比原来馬氏体組織的耐磨性較低的組織(奧氏-馬氏体、屈氏-馬氏体)。

2) 在摩擦过程中,因接触点具有最高溫度和經受着最大的压力,在軟弱表面产生了焊接。而后,焊接处因切削边界金属的微粒断裂而破坏。

溫度因素对切削刀具的磨損理論起着首要的作用,而刀具

与切屑間的摩擦系数对此也有决定性的意义(因为众所周知,摩擦系数愈大,則表明析出之热愈多,反之亦然)。两者总结成为分子理論的基本原理;在切削过程中所形成的热,使切削刀具的刃口軟化,減輕了摩擦表面的“咬合”条件,终于引起了切削刀具的磨損。

但是,必須考虑到被加工金属的硬度总是比淬火高速鋼(或硬質合金)刀具低得多,“軟化”的被加工金属,引起了切削刀具的强烈磨損。

軟的純鉄体具有較珠光体更大的焊接性能;但是对于切削刀具的磨損,总是比珠光体来得小。这一現象根据摩擦和磨損的分子理論,不能給予令人滿意的解釋。

我們可以推測,象純鉄体和奥氏体这样的組織組成物与由馬氏体(而多半是奥氏-馬氏体或屈氏-馬氏体)組成的切削刀具表层之間存在相当大的“咬合”力;但是我們却很难估計被加工金属的滲碳体或碳化物与高速切削刀具的馬氏体之間会产生多大的“咬合”力。因为这些組織組成物沒有一点塑性,而“咬合”現象可推知有塑性变形的产生。

根据鋼的磨損性能的研究,Э. И. 費里德什欽講師提出了切削刀具的分子-磨料磨損的假設,假設与“咬合”現象和切削刀具边界微粒断裂的同时,存在着被加工金属的硬的微粒(珠光体、滲碳体等)將切削刀具的边界强烈刮伤的現象。被加工金属中的珠光体的分布形狀,对切削刀具边界的磨損有决定性的作用。对刀具磨損最有影响的是片狀珠光体,它象平拉齿条一样切割着切削刀具的界面。

第二章 硫在工业中的应用

1. 硫的某些性質

虽然硫不是以自由相的形式存在于鋼鐵中，而且它在純鐵中的溶解度也极其微小；但是为了闡述滲硫过程的某些問題，我們在这里叙述硫的基本特性、它与鐵的平衡状态图及其在工业中的某些应用实例，还是大有必要的。

硫是属于門德列夫周期表上第六族的元素，它的原子序数是 16。按其本身的性質來說，它是典型的非金属元素。將它和几乎全部元素(除去惰性气体、氮、金、鉑、鈦、鈹和鎂)共同加热，均能直接化合形成硫化物；同时，当制造硫酸时，上述某些元素特别是鉑被用来作为催化剂(SO_2 成为 SO_3 的氧化反应)。在与其他元素化合时，硫可能是 2、4 和 6 价。

硫有二种基本性質截然相异的同素异形体，菱面晶系与單斜晶系，不同变态共計 20 种。

溫度是改变硫存在状态的主要因素，溫度的变化可以同时
• 形成不同分子的混合物、分子成分的变化和由一种变态过渡到另一种变态的复杂轉变。

在自然界中，硫与鐵的化合物大都以二硫化鐵 (FeS_2) 和磁黃鐵矿 (Fe_7S_8) 的形式遇見；除此之外，尚可用各种方法制造出分子式为 FeS 和 Fe_2S_3 的硫化鐵。

2. 金属中的硫

众所周知，硫与金属的合金几乎是不应用的。相反地，我們