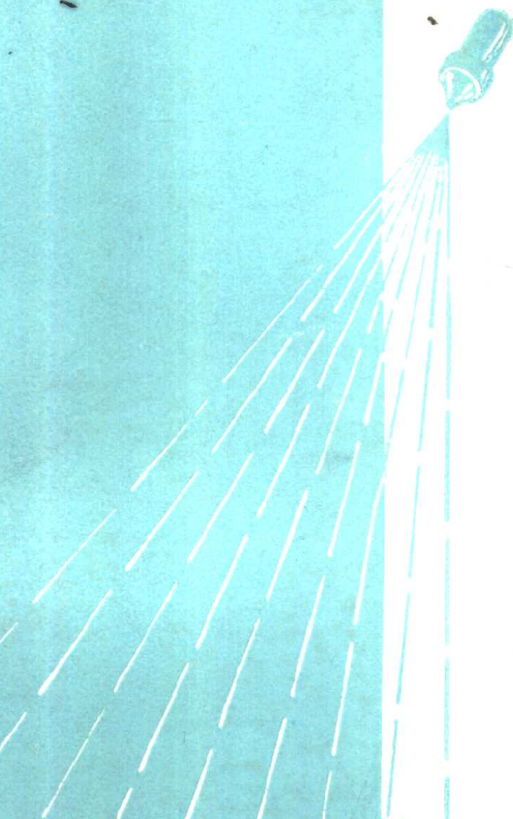


农业机械化丛书

刘祖毅 编著



喷涂

机械工业出版社



农业机械化丛书

尼龙喷涂

刘祖毅 编著



机械工业出版社

本书主要介绍尼龙喷涂的基本原理, 尼龙和各种改性材料的成分、性能和配制方法, 尼龙喷涂的工艺过程、设备和操作要点, 喷涂层的热处理和机械加工, 尼龙喷涂层的性能试验, 另外还介绍了数种采用尼龙喷涂修复农机旧件的实例。

本书可供从事农机修理工作的技术人员和工人参考, 也可作为培训农机修理人员的教学参考书。

农业机械化丛书

尼龙喷涂

刘祖毅 编著

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $3 \frac{1}{4}$ · 字数 68 千字

1978 年 12 月北京第一版 · 1978 年 12 月北京第一次印刷

印数 00,001—14,000 · 定价 0.25 元

*

统一书号: 15033 · 4582

《农业机械化丛书》出版说明

在全国人民高举毛主席的伟大旗帜，贯彻执行以华主席为首的党中央抓纲治国的战略决策，团结战斗的大好形势下，为了大力宣传毛主席关于“农业的根本出路在于机械化”的教导，普及农业机械化知识，提高农业机械化队伍的思想、技术水平，发挥亿万群众的积极性和创造性，大搞农业技术改革，加快农业机械化的步伐，以适应普及大寨县和一九八〇年基本上实现农业机械化的需要，中央和地方有关出版社联合出版这套《农业机械化丛书》。

《农业机械化丛书》包括耕作机械、农田基本建设机械、排灌机械、植物保护机械、运输机械、收获机械、农副产品加工机械、化肥、农药、塑料薄膜、林业机械、牧业机械、渔业机械、农村小型电站、半机械化农具、农用动力、农机培训、农机管理、农机修理、农机制造等二十类。可供在生产队、公社、县从事农业机械化工作的贫下中农、工人、干部、知识青年和技术人员参考。

本书属于《农业机械化丛书》农机修理类。

前 言

农机修理是农业机械化中的一个重要环节。随着农业机械化事业的不断发展，各种农业机械和农业动力的数量，会增加很快。因此，搞好农机修理，对于保证农业机械的技术状态，具有重要的意义。

在农机修理中广泛采用旧件修复工艺，可以延长零件的使用寿命，降低修理成本，并可节省大量的原材料。

尼龙喷涂是一项较新的旧件修复工艺，它可以用来修复多种农机旧件。愈来愈多的事实证明，随着工业技术的高度发展，塑料-金属复合材料将更多地取代单一品种的材料。因此，尼龙喷涂这项工艺，有着广阔的发展前途。

一项新的工艺，从不完善到完善，从应用范围较小到广泛应用，总要有一个过程。编写本书的目的，就在于介绍尼龙喷涂工艺，指出它的特点和应用范围；并希望广大的农机修理工作者重视它，研究它，发展它，完善它，使这项工艺在实现农业机械化、现代化的伟大事业中，起到更重要的作用。

对于书中的错误和不妥之处，恳请读者指正。

编者

目 录

概 述	1
第一章 尼龙喷涂的基本原理和喷涂方法	3
一、尼龙喷涂的基本原理	3
1. 粘附理论	4
2. 粘附理论的应用	5
二、喷涂方法	6
1. 洒涂法	6
2. 冷喷涂法	7
3. 流化床法	7
4. 静电喷涂法	8
5. 静电流化床法	9
6. 氧-乙炔焰喷涂法	9
7. 等离子弧焰喷涂法	10
第二章 尼龙喷涂的特点和应用范围	12
一、尼龙喷涂的特点	12
二、尼龙喷涂的应用范围	14
第三章 尼龙和改性材料	17
一、尼龙	17
1. 尼龙的简单鉴别	17
2. 尼龙的牌号和化学构成	17
3. 尼龙的化学性质	19
4. 尼龙的物理、机械性能	19
5. 喷涂用尼龙粉	20
二、改性材料	21
1. 二硫化钼粉	21

V

2. 石墨粉	23
3. CM-1 粉剂	23
4. 二硫化钨	23
5. 铝粉、铜粉	24
6. 玻璃纤维或玻璃粉	24
7. 石英粉	24
8. 云母粉	24
9. 石棉粉	24
10. 氟塑料粉	24
11. 炭黑	25
12. 颜料	25

第四章 喷涂前的准备

26

一、喷涂粉料的除油、干燥和配制

26

1. 除油	26
2. 干燥	26
3. 配制粉料	29

二、工件表面的除油处理

29

1. 初清洗	30
2. 加温除油	30
3. 化学除油和电化学除油	30
4. 超声波清洗	32
5. 除油效果的检验	32

三、工件表面的除锈处理

32

1. 机械除锈	33
2. 喷砂处理	33
3. 化学除锈和电化学除锈	34

四、工件表面的粗糙化处理

36

1. 化学处理	36
2. 电化学处理	39

五、预热工件	40
1. 预热工件的设备	40
2. 工件预热温度的测量	47
第五章 喷涂工艺	50
一、洒涂	50
1. 设备	50
2. 操作要点	53
二、冷喷涂	54
1. 设备	54
2. 操作要点	58
三、流化床喷涂	58
1. 设备	58
2. 操作要点	62
四、静电喷涂和静电流化床喷涂	63
1. 设备	63
2. 操作要点	66
五、氧-乙炔焰喷涂	67
1. 设备	67
2. 操作要点	69
第六章 喷涂层的热处理和机械加工	71
一、喷涂层的热处理	71
1. 加热处理	71
2. 水中淬火处理	72
二、喷涂层的机械加工	72
第七章 喷涂层质量检查、缺陷分析和性能试验	74
一、喷涂层质量检查	74
二、喷涂层缺陷分析	74
三、喷涂层性能试验	75
1. 布氏硬度试验	76

2. 磨耗试验	77
3. 软化点试验	78
4. 剥离试验	78
5. 剪切试验	79
6. 击穿强度试验	80
第八章 安全生产和尼龙粉料的回收	82
一、防毒	82
二、防火	82
三、通风	83
四、尼龙粉料的回收和利用	83
第九章 尼龙喷涂实例	84
一、发电机电枢轴的修复	84
二、整流子的修复	85
三、轴承座杯的修复	86
四、齿轮油泵泵盖平面的修复	87
五、滑动轴承的修复	88
六、凸轮轴的修复	90
七、推力盘的修复	90
八、机床导轨的修复	91
九、气缸套的修复	92
十、导线绝缘层的修复	93
附：尼龙制品的胶接修复	95

概 述

机器在使用过程中，会出现磨损和损坏，如轴瓦、轴承座孔、机床导轨的磨损；气缸套、水泵叶轮的穴蚀、气蚀；一些电气元件绝缘层的损坏。对于这些零件，通常在修复时采用堆焊、镶套、铆接等方法。但是，在某些情况下，这些修复方法不一定适用。如机床导轨经堆焊后会发生变形，磨损的轴瓦又难于堆焊和镶套等。若能设法修复这些零件，则会有大批废旧件被恢复使用，这对于降低修理成本，节约原材料都有着重要的意义。

由于科学技术的发展，新型的工程材料——塑料已经大量生产并投入使用。塑料是一类有可塑性的高分子有机化合物的总称。塑料有优良的物理、机械和化学性能，甚至有某些特性是一般的金属材料所不能比拟的。比如：一般塑料的比重约在 0.83~2.3 之间，均小于金属，只有钢铁的六分之一，铝的二分之一；塑料的单位重量强度（即比强度）高于金属，某些塑料的单位重量拉伸强度可高达 1700~4000 公斤/厘米²，而一般钢材则为 1600 公斤/厘米² 左右；塑料又有优异的电气绝缘性能、耐电弧性能和高频特性；塑料的化学稳定性也很好，对酸、碱等化学药剂有良好的抗腐蚀能力，当遇到溶剂、气体、蒸汽、水分时，大部分不起化学变化；多数塑料的摩擦系数很小，耐磨性强，可作为减磨材料，尤其是塑料具有良好的容纳异物的性能，对于在有磨粒或杂质存在的恶劣条件下工作的摩擦配合件更为有利。此外，塑料还具有成型性能和

加工性能好、韧性优于一般金属以及绝热、消声、减震等许多特点。因此，塑料在许多场合可作为金属的代用品。通常将这类可代替金属(特别是有色金属)材料的塑料泛称为工程塑料，尼龙就是其中的一种。

尽管塑料有许多优良的特点，但也存在一定的缺点。如塑料的耐热性(导热性)比金属差；热膨胀系数比金属大3~10倍；在载荷的作用下，塑料会逐渐产生塑性流动或变形，即所谓“蠕变”。此外，塑料在日光、大气、长期机械应力或某些介质的作用下，会老化等。因此，这就限制了塑料的应用范围。那么，能不能设法将塑料与金属结合起来，使它们各自发挥自己的优点，而又相互弥补缺点呢？在金属工件表面喷涂一层塑料覆盖层，即可以做到这一点。尼龙喷涂就是其中的一种。

所谓尼龙喷涂，通常是将尼龙粉末喷涂到金属工件表面，熔化成流动性很差的胶粘状液体，经冷却凝固后形成覆盖层。这样，一方面使工件既能保持金属的刚性、硬度、导热性等优点，又可获得尼龙塑料所具有的各种优良性能；另一方面，仅在工件表面喷涂尼龙覆盖层，可以大大减少尼龙的用量，因而相对地降低了生产成本。目前，我国为数众多的农机修造厂已经或正在采用尼龙喷涂工艺修复各种拖拉机、柴油机、汽油机以及农业机械的废旧零件，做到了废件不废，旧件更生。然而，实际上有越来越多的零件，在制造时就已经从设计上采用了这种复合型的材料。可以预见塑料-金属复合材料由于具备了金属、塑料的双重优点而有着广阔的发展前途，它将在实现农业机械化中发挥日益重要的作用。

第一章 尼龙喷涂的基本原理和喷涂方法

一、尼龙喷涂的基本原理

尼龙在工件表面形成覆盖层的过程是十分简单的，先是固体的尼龙颗粒变为熔融状态，再均匀地涂敷在工件表面，然后经过冷却凝固而牢固地粘附在工件表面，形成覆盖层。

尼龙-金属工件复合层可粗略地分为三层，见图 1-1。第一

层是尼龙层，具有尼龙本身的

种种特性。第三层是金属本体

层，具有金属工件本身的性

质。关键在于第二层，此层称

为结合层或连接层，复杂的粘

附过程和机械、物理、化学等

变化都发生在这一层。喷涂层

的结合强度，喷涂工艺的成

败，取决于这一层的性质和状态。那么，究竟是什么原因使尼龙覆盖层与金属本体能够牢固地粘附在一起呢？到目前为止尚无一种理论能够准确地、全面地描述粘附现象的本质。因为要将结合层与其他两层分开是非常困难的，而且结合层的几何尺寸很小，又难于孤立出来。所以，用普通的试验方法（如拉伸、剪切、剥离试验）来测量尼龙与工件之间的结合强度是很不准确的。这样试验的结果，往往只能体现出尼龙

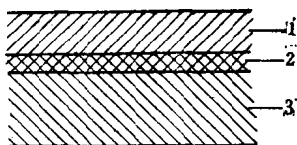


图1-1 喷涂层结构示意图

1—尼龙层 2—结合层（连接层）

3—金属本体层

本身的强度，而不是结合层的强度。因此，喷涂理论的确立，尚需进行更深一步的探讨和努力。

1. 粘附理论

当前对粘附现象的种种解释，虽然都不够完善，而只强调了某一个侧面，但是对于继续研究粘附理论，对于指导生产实践是很有意义的。下面简单介绍几种粘附理论。

（1）机械连接理论

这种理论强调，由于工件表面的粗糙和存在孔隙，而使尼龙在熔融状态时能够包裹和渗入工件的凹凸处和孔隙内，形成无数细微的“销钉”，在这种销钉的锚定作用下，尼龙层与工件连接在一起。

（2）吸附理论

这种观点认为，任何物质分子之间都存在着物理吸附的作用力，即分子内力。这种吸附力的大小取决于连接表面的化学性能和相对表面张力（即表面自由能）。分子之间的吸附作用力虽然较弱，但在分子数目多，接触十分紧密而又充分的情况下，总的吸附力还是很强的。

（3）化学反应理论

化学反应理论指出，粘附不单纯是物理现象，同时也包含有化学反应，即在塑料与工件表面之间形成了化学链，由这种链节将二者牢固地连接起来。

（4）扩散理论

这种理论认为，物质的分子是处于运动状态的。两种物质接触时，分子链或其碎片会相互扩散，而形成强有力的连接。扩散的程度取决于分子的链结构和运动能力。

（5）电理论

该理论认为，物质的接触表面形成了双电层，因而出现

了起源于电的，作用在分子、原子和离子间的引力。这种引力的大小，决定于物质的化学、电学性质。

2. 粘附理论的应用

应该指出，粘附是机械、物理、化学以及电的综合作用的结果。因此，在尼龙喷涂中应根据加工对象的不同，有侧重地、尽可能多地造成几种粘附条件，以避免工艺操作的盲目性。这里提出几点带有普遍性的问题。

(1) 工件表面应该是粗糙的

粗糙的工件表面有利于发生机械联接。粗糙按其程度可分为两类；一类是宏观的，即工件表面存在着肉眼可以看到的凸起和凹陷。这通常是由机械加工（粗车、刨）、电拉毛和喷砂等方法来实现的。另一类是微观的孔隙，这类孔隙对喷涂层的结合强度具有更重要的意义。微观的孔隙是肉眼所看不到的，也是一般机械加工方法所不能及的，通常采用化学或电化学的方法，即一般所说的化学、电化学处理（或称为腐蚀）来实现。

(2) 工件表面应该是活泼的

工件表面活泼有利于发生吸附、化学的和电的粘附力。这种活泼通常被理解为暴露工件基体金属，实际上是难于作到的。因为在空气中特别是在加热的情况下，纯粹的金属晶格表面不可能稳定地存在。所以，一般所说的活泼，是用化学、电化学处理的方法，在工件表面造成极性较强、结构坚实、致密的氧化层。这种氧化层是比较稳定的，可以在空气中维持相当的时间，而且，它的厚度应该很薄。因为氧化膜实际是存在于尼龙覆盖层与工件本体之间的一个夹层，若氧化膜厚度过大，则本身强度便会急剧降低，这对于粘附效果反而不利。因此，必须提醒操作者，在进行化学、电化学处理

时，要防止过腐蚀。

(3) 尼龙覆盖层应该完全浸润工件

完全浸润的目的在于使尼龙层与工件整个表面全部接触，否则在结合层里就会留有孔隙，孔隙部位显然不能形成粘附的条件，更严重的是，孔隙部位的周围会发生应力集中，而极大地降低结合强度，甚至会在这种应力的作用下使孔隙逐渐发展形成裂痕，以至于造成整个喷涂层的崩溃。

为保证工件的完全浸润，须注意两个方面：第一，应使工件具有最大的表面张力。为此就要保持工件表面的清洁、干燥、无油污、无锈迹和灰尘。第二，应使尼龙具有最小的表面张力。为此就要做到将尼龙充分熔化，使其粘度尽可能降低，并不得混入油脂、水分和其他杂质。

二、喷涂方法

尼龙喷涂的方法很多，但不管采用哪种方法，都要达到两个目的：一是使尼龙粉末材料较均匀地附着在工件表面；二是要使尼龙粉末充分熔化后与工件表面发生粘附。尼龙喷涂的方法，以使尼龙粉末附着在工件表面的方式而区分，有洒涂法、喷涂法和静电喷涂法等。依据使尼龙粉熔化时加热方法的不同又可以分为冷喷（即尼龙粉在喷送中不加热）和热喷（即尼龙粉在喷送中加热成熔或半熔状态）。下面分别介绍几种喷涂方法的概念。

1. 洒涂法

洒涂法是最简单的一种喷涂方法。即用粉勺、粉斗或机械送粉装置将尼龙粉送出，流洒到经过预热的工件表面，尼龙粉即在工件本身的加热下熔化而形成覆盖层（图 1-2）。洒涂法属于冷喷。其特点是工艺和设备简单，但生产效率较

低，大面积洒涂时，粉料不易均匀。此外，洒涂还具有冷喷所共有的弊病，即当喷涂层厚度要求较大时，必须重复加热—喷涂的过程。这是因为尼龙粉熔化所需要的热量来源于工件的余热，当工件体积较小（即热容量小）时，便很容易冷却，至使尼龙粉熔化不良。因此，当喷涂层厚度较大时，必须重复加热—喷涂的过程。反复加热工件会造成生产效率降低，同时也使加工过程变得繁杂。

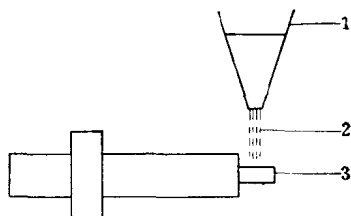


图1-2 洒涂法示意图

1—粉斗 2—尼龙粉 3—工件

2. 冷喷涂法

冷喷涂法是用压缩空气将尼龙粉从喷枪中送出，喷射到经过预热的工件表面，尼龙粉即在工件的加热下熔化而形成覆盖层（图1-3）。实际上冷喷涂法就是用喷枪和压缩空气系统来代替洒涂法中的粉斗、粉勺等。这种方法比洒涂法的生产效率高得多，特别是对于大面积喷涂更为有利。但是同样存在着工件容易冷却，需要反复加热的缺点。

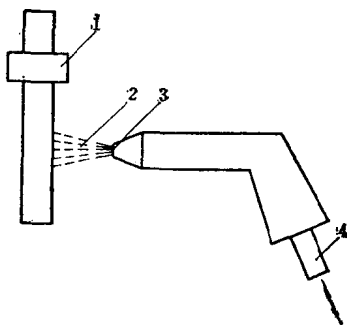


图1-3 冷喷涂法示意图

1—工件 2—尼龙粉 3—喷枪出粉口

4—尼龙粉和压缩空气入口

3. 流化床法

流化床法也属于冷喷涂。它是将尼龙粉用压缩空气吹动，使之悬浮在一

个容器（流化床）中，经过预热的工件在流化床内被悬浮的尼龙粉包围，而附着在工件表面的尼龙粉便被工件加热熔化，形成覆盖层（图 1-4）。尼龙粉在流化床中飘浮翻滚，很像液体沸腾时的状况，因此又有将流化床法叫做沸腾法的。压缩空气进入气室后，通过有无数细微小孔的透气隔板，就成为许多弱的小股气流，这种气流将透气隔板上部的尼龙粉托起，使之悬浮并粘附在热的工件上。流化床法的生产效率更高，非常适合于半自动化、自动化的连续生产，但也同样存在着冷喷的缺点。

4. 静电喷涂法

静电喷涂法与冷喷涂法相似，仅在工件与喷枪之间施加一个高压静电场。尼龙粉在压缩空气和静电引力的作用下，飞逸到工件表面（图 1-5）。由于静电作用，尼龙粉并不会从工件表面很快地失落。因此，静电喷涂时工件可不必预

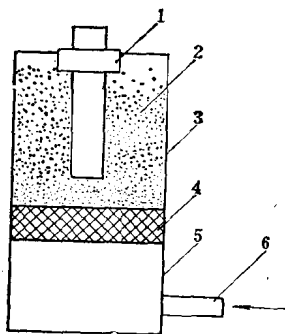


图1-4 流化床法示意图

1—工件 2—悬浮尼龙粉 3—粉槽
4—透气隔板 5—气室 6—
压缩空气入口

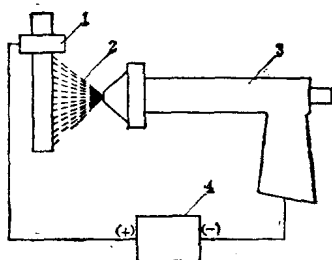


图1-5 静电喷涂法示意图

1—带正电的工件 2—带负电
的尼龙粉 3—静电喷枪 4—
高压静电发生器