

文章编号: 1672 - 058X(2009)01 - 0101 - 04

浅析塑料模具的表面强化技术

廖西平, 陈建红

(重庆工商大学 机械工程学院, 重庆 400067; 重庆工商大学 实验及设备管理处, 重庆 400067)

摘要:阐述了塑料模具的使用性能,并介绍了几种表面处理技术;通过实验,初步摸索了几种表面强化技术的工艺特点和规律,分析了几种强化效果,并做了对比;实验表明:化学镀镍处理效果很好,不仅硬度高,而且耐蚀性极佳;固体渗氮温度较低,不会影响钢的内部组织,强化效果较好;固体渗硼虽然能获得高硬度表层,但存在一些工艺问题,不好解决;讨论了这些技术的特点和适用范围;指出了固体渗硼工艺存在的问题,并提出了解决方法。

关键词:塑料模具;表面强化技术;化学镀;固体渗氮;固体渗硼

中图分类号: TG 76

文献标识码: A

1 问题的提出

塑料模具是模具中的一个重要分支,发达国家已经开发了一系列塑料模具钢,我国目前也在研究和开发塑料模具钢^[1,2]。塑料模具与其他金属成形模具相比,有许多不同的性能要求,比如:(1)尺寸精度要求很高,型腔尺寸精度一般为 3~5 级。(2)表面粗糙度低,一般为 $Ra < 0.4 \mu\text{m}$ 。因为塑料制品往往要求表面美观光亮。(3)耐腐蚀性好。塑料中常含有氯、氟元素,如聚氯乙烯(PVC)、聚四氟乙烯(PTFE)、ABS 塑料等。这些塑料在高温成形时会放出腐蚀性气体腐蚀模具。(4)好的切削加工性。随着塑料制品的大型化、复杂化、精密化,要求模具要具备好的机加工性能,能顺利加工出复杂精密的型腔。(5)良好的耐热疲劳性,塑料都是在模具里热成形的,模具温度可在 150~250℃,会出现热裂倾向。鉴于塑料模具具有这些特殊的性能要求,所以对塑料模具进行表面强化处理时,要慎重选择表面强化技术,否则会出现一些意想不到的问题,达不到强化的效果。

2 塑料模具表面强化技术

塑料模具的表面强化技术有很多种,需要针对具体情况而采用相应的强化技术。如果塑料模具需要好的耐蚀性,可以优先选择化学镀。

2.1 化学镀镍

化学镀镍是通过溶液中适当的还原剂,金属离子在金属工件表面发生自催化反应,从而还原进行的金属沉积过程。它突出优点就是镀层耐蚀性极佳,仿形性好,施镀温度低(60~85℃)、热处理硬化温度不高(400~500℃)、镀层与基体结合力强、摩擦系数低等。这些特性,对于要求耐腐蚀的塑料模具来说非常适用,正在推广应用^[3,4]。

2.1.1 化学镀镍工艺

如图 1 所示,模具(工件)放入化学镀液中,加热管把镀液温度加热到规定温度(在 60~84℃ 之间选择)并保温,搅拌器不停地搅拌镀液循环流动,等到规定的时间(1.5~2 h)取出,然后清洗、热处理硬化。

收稿日期: 2008 - 09 - 19;修回日期: 2008 - 11 - 13。

作者简介:廖西平(1960 -),男,广西鹿寨县人,高级实验师,从事金工实习和表面处理的教学与研究。

整个工艺流程如下:

碱性除油 酸性除锈 弱酸活化 化学施镀 清洗 热处理。

化学镀镍对工件表面清洁要求很高,因此要做好镀前预处理,清除油污和铁锈,保证镀层质量。镀后为了消除镀层内应力和提高硬度,立即要进行热处理,加热温度在 400~500,保温 2 h,炉冷,即可投入使用。

2.1.2 化学镀层性能

化学镀层性能极佳,完全能满足塑料模具的性能要求,经过大量的实验,镀层的耐腐蚀性试验,结果如表 1 所示。

表 1 化学镀层的耐蚀性能及与其他材料的比较*

实验样品	耐盐酸性	耐硫酸性	耐碱性	耐盐性	镀态硬度 /HV	处理后硬度 /HV	说明
酸性镀镍件	0.258 9	0.174 5	$1.157 7 \times 10^{-4}$	$5.652 2 \times 10^{-4}$	527	988	500 ×1.5 h处理
碱性镀镍件	0.206 1	1.119 3	$2.272 7 \times 10^{-4}$	$9.081 7 \times 10^{-4}$	567	896	400 ×1.5 h处理
多元镀镍件	0.054 7	0.001 44	5.246×10^{-4}	7.074×10^{-4}	527	1 040	400 ×1.5 h处理
双层镀镍件	0.096 2	0.005 32					双层 Ni-P镀件
45钢	0.780 7	2.990 7	4.404×10^{-4}	3.605×10^{-3}			多元镀 Ni-Cu-P件
不锈钢	0.008 87	0.046 04	1.082×10^{-4}	$2.652 3 \times 10^{-4}$			18-8型不锈钢
镀铬样品	0.270 4	0.362 5					

* 耐酸、耐碱、耐盐试验是把各种样品分别浸入浓度均为 10%的盐酸、硫酸、NaOH、NaCl溶液中,10 d后取出后冲洗烘干称重,用失重法测定其耐蚀性,单位:mg/cm²·h

由表 1 得知,化学镀层具有很高的耐蚀性,特别是多元镀和双层镀,性能超过镀铬件,已接近不锈钢,完全由可能取代不锈钢作为耐腐蚀模具钢(目前多用马氏体型不锈钢)。大大节约钢材成本(不锈钢的价格一般为普通 45 钢的 2 倍)。

化学镀层的硬度通常为 450~550 ±HV,相当于 47~53 ±HRC,已经能够满足使用要求,经过热处理后可达到 65~70 ±HRC,具有很高的耐磨性。不过此时耐蚀性有所下降。

化学镀镍工艺最大的优点就是施镀温度和热处理温度都不高,低于或接近预硬调质型、时效硬化型塑料模具钢的最终热处理温度,所以模具变形小、基体组织不会改变。加上优良的耐蚀性,非常适用于耐腐蚀性塑料模具。而且镀层属于微晶结构,晶粒细小,具有很好的整平性和仿形性,也很适合于表面质量要求高的塑料模具。

2.2 表面渗氮

渗氮也称氮化,也是最常见的表面处理技术,还有专门的氮化钢。氮化有许多种,如气体氮化、氮化、盐浴氮化、离子氮化等。每一种氮化各有其特点。比如气体氮化时间长(通常需几十个小时),生产效率低,耗能高。盐浴氮化是一种有毒作业,不仅危害人体,还污染环境,而且还有爆炸危险^[5]。离子氮化有许多优点,是氮化技术的发展方向。但是设备投资大(一般在几十万左右),目前还不够普及。现在介绍一种比较实用的固体氮化技术。

2.2.1 固体氮化

固体氮化设备简单,操作方便,容易掌握使用。固体氮化工艺如图 2 所示。工件(模具)埋入渗氮剂中,渗氮剂由氧化铝和尿素组成。铁箱用泥条密封后放入电炉中加热保温。渗氮工艺为:520~550 ×5 h,炉冷至 200 出炉空冷。

固体渗氮最大的优点就是渗氮温度正好也在 520~550,与预硬调质钢、预硬易切削钢、时效硬化钢的最终回火温度基本接近,这样在渗氮时就不会影响钢原有的组织和心部硬度,只提高表面硬度。甚至还可以把高温回火和时效处理结合在一起进行。节约生产周期和能源。

固体氮化最关键的一点就是要均匀化固态渗氮剂,否则达不到氮化效果。

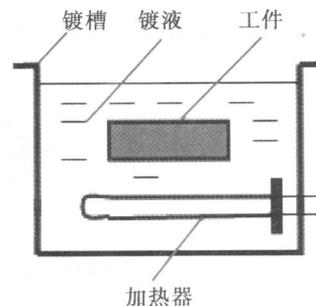


图 1 化学镀镍示意图

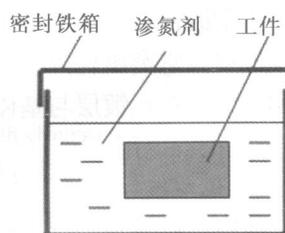


图 2 固体氮化工艺示意图

2.2.2 固体氮化的效果

通过大量正交试验,最终得到比较理想的试验结果,见表 2。

表 2 固体氮化的实验结果**

试验钢种	氮化剂配方	加热温度 /	保温时间 /h	渗层厚度 /mm	硬度 /HV	脆性	摩擦系数
45钢	氧化铝 55% +尿素 45%	500	4.5	0.2~0.3	608	1	0.312
Ti0钢	氧化铝 60% +尿素 40%	560	5.5	0.2~0.3	619	1	
Cr12MoV	氧化铝 53% +尿素 47%	560	5.5	0.2~0.3	891	1	

** 脆性分为 4 个等级,1 级脆性最小(也就是最好);45 钢未渗氮时摩擦系数为 0.329

由表 2 得知,合金钢的氮化效果大于碳素钢,这是因为合金元素 Cr、Mo、V 等会与 N 原子生成 CrN、Mo₃N、VN 等金属化合物,形成坚硬的质点提高表面硬度。而碳素钢中仅靠表层的相(Fe₂N~Fe₃N)和次表层相(Fe₄N)来强化表面。但这些相、相本身硬度并不高,分别为 560 HV、260 HV。所以对碳素钢进行氮化没有实际意义。合金钢则大不一样,特别是 38CrMoAl,强化相 AN 的硬度很高,表面硬度高达 950~1200 HV。并具有良好的热硬性(600 以下仍可使用)。因此,此钢作为氮化专用钢。

3 其他表面处理技术

除了上述表面强化技术以外,渗硼、渗碳、渗金属、物理气相沉积(PVD)、化学气相沉积(CVD)、激光淬火、离子注入、热喷涂、电子束表面处理等等,都可以强化塑料模具表面。但是每一种技术既有它的优点,也有缺点。有些表面处理设备贵,投资大,维修困难;如:有些技术在处理时温度高,会引起模具心部组织和硬度的变化,表面硬度虽然提高了,但心部的硬度却下降了。两者硬度不成合适的配比,同样达不到目的。现在以固体渗硼技术为例,讨论该技术的效果和存在的问题。

3.1 固体渗硼

固体渗硼的基本原理与固体渗氮有相同之处,不过在加热温度和渗剂等方面还有较大的不同。固体渗硼工艺如图 3 所示。固体渗硼能得到 75~150 μm 厚的硬化层,组织为单相组织(Fe₂B)或双相组织(Fe₂B + FeB)。由于双相组织的热膨胀系数不一样,以及 FeB 脆性大,所以希望得到单相 Fe₂B 组织。

由于硼化铁的硬度都很高(在 1400~2000 HV),所以不论是合金钢还是碳素钢,处理后硬度均有大幅度地提高。效果非常显著,是一种比较理想、常用的表面强化技术。

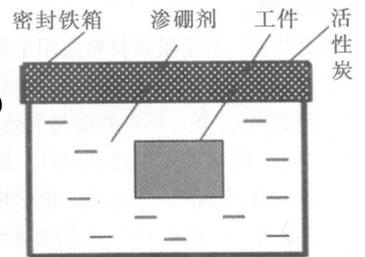


图 3 固体渗硼工艺示意图

表 3 固体渗硼工艺技术及其实验结果***

实验钢种	渗硼剂	加热温度 /	保温时间 /h	硬度 /HV	组织	摩擦系数	说明
45钢	KB ₂ F ₄ 5% + B ₄ C 5% + SiC 70% + Al ₂ O ₃ 20%	860	4	836	Fe ₂ B + FeB	0.320	未硼化 45 钢的摩擦系数为 0.329
Cr12MoV	同上	860	4	1095	Fe ₂ B + FeB		

*** 在渗硼剂的上面覆盖一层活性炭,加入量为渗硼剂总量的 10%

由表 3 得知,硼化后钢的硬度大幅度提高,特别是含有金属化合物的合金钢。然而,硼化与氮化相比,虽然表面硬度更大,但是会出现一些新问题。

3.2 固体渗硼存在的问题

由于固体渗硼的温度比固体氮化高得多,因此出现了两个新问题:

(1) 工件表面氧化。固体渗硼时温度都在 850~1000,工件表面迅速氧化,生成氧化铁,阻止了硼原子的向里扩散。导致渗硼失败。测试表面硬度仅为 146~338 HV。说明表面根本没有硼化铁组织。

(2) 心部组织和硬度发生变化。渗硼时的高温会导致原来的心部组织发生变化,在随后缓慢冷却时心

部组织转变为珠光体,硬度极低。实验中测试到心部硬度小于 20 HRC。达不到 35 ~ 45 HRC 的基本要求。而限于固体渗硼的实际状况又做不到快冷。

针对这些问题,可以采用 2 个措施加以解决:

(1) 渗硼剂中介入石墨或活性炭,加热后碳与空气中的氧生成还原性气氛一氧化碳。减少对工件表面的氧化。使渗硼过程能够顺利进行。经过改进后,渗硼获得了成功,工件表面生成硼化铁组织。

(2) 对于心部硬度软化的问题,只有重新进行淬火加回火,而且要在保护性气氛或还原性气氛中进行。以免硼化铁被氧化脱落。当然最好是气体渗硼或者盐浴渗硼,渗硼后可进行直接淬火。把淬火和渗硼结合起来同时进行。

当然,气体渗硼或者盐浴渗硼也有许多问题难以解决。比如气体渗硼采用的 BCl_3 气体,不仅会腐蚀工件,得到的硼化层疏松严重,而且 BCl_3 气体容易水解,运输也成问题。目前仍在试验阶段。而盐浴渗硼的盐浴对坩埚腐蚀严重,粘盐多,工件很难清洗,这对于要求精确、光洁的塑料模具是致命的缺陷。

4 结 论

塑料模具的发展,也促进了模具表面强化技术的研究和发展。塑料模具的性能特点,决定了各自合适的表面处理技术。对于耐腐蚀性的塑料模具,最好应用化学镀镍进行表面强化处理,不仅硬度高,耐腐蚀性也很好,接近常用的马氏体不锈钢。对于预硬调质型、预硬易切削型和时效硬化型塑料模具,氮化处理是比较理想的强化技术,特别是合金钢,如 38CrMoAlA。碳素钢则没有什么效果。渗硼也是一种很好的表面强化技术,提高硬度很多,热硬性很好,不论是合金钢还是碳素钢。不过也存在工件表面氧化和软化心部硬度等问题,必须采用其他手段加以解决。

参考文献:

- [1] 赵昌盛. 实用模具材料应用手册 [M]. 北京:机械工业出版社, 2005
- [2] 模具实用技术丛书编委会. 模具材料与使用寿命 [M]. 北京:机械工业出版社, 2002
- [3] 曾珊琪,丁毅. 模具寿命与失效 [M]. 北京:化学工业出版社, 2005
- [4] 李宁. 化学镀实用技术 [M]. 北京:化学工业出版社, 2004
- [5] 齐宝森,陈路宾,王忠诚. 化学热处理技术 [M]. 北京:化学工业出版社, 2006
- [6] 韩义军,王宗国. PEN 固相缩聚结晶过程 [J]. 重庆工学院学报, 2008, 22(1): 37

Analysis of surface - strength technology of plastic , moulds

L IAO Xi- ping, CHEN Jian - hong

(School of Mechanical and Packaging Engineering, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China; Experiment and Equipment Management Section, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: The practical properties of plastic mould are expounded and a few surface - treatment techniques are introduced. A series of experiments shows that electroless plating nickel is quite effective technological in that it has high hardness and is exceptionally corrosion - resistant, that the temperature of powder nitriding, compared with that of pack boriding, is lower, hence, powder nitriding does not affect internal structure of steel and treating effect is better and that the pack boriding can contribute to high hardness layer but the corresponding technology problems are difficult to be solved. This paper discusses the characteristics and application range of these techniques, points out that pack boriding technology has problem and puts forward the corresponding solution.

Keyword: plastic mould; surface - strength technology; electroless plating; powder nitriding; pack boriding

责任编辑:代晓红