

编者按:影响塑料模具寿命的主要因素有:模具结构、模具材料、模具加工质量、模具工作状态、产品零件状况等。其中模具材料本身的特性及热处理,起着至关重要的作用。

THE METHOD OF CHOOSING MATERIAL OF 合理选用模具材料 PLASTIC MOULD REASONABLY TO EXTEND ITS LIFE 提高塑料模具的使用寿命

□乐燕 刘斌

摘要:本文简要介绍了塑料模具的工作条件及其失效因素和模具钢的基本要求,并在此基础上详细阐述了常用塑料模具材料;最后,展望了我国塑料模具材料的发展。

关键词:模具材料;塑料模具;失效因素;使用寿命

Abstract: The working condition and invalidation factors of plastic mould and the basic claim of mould steel have been introduced briefly. The usual materials of plastic mould have been expatiated in this paper. Finally, the development trends of mould materials have been predicted.

Key Words: mould material; plastic mould; invalidation factors; mould life

由于塑料原料丰富,质地优良,轻巧耐用,用途广泛和投资效益显著,目前世界上的体积产量已经赶上和超过了钢铁,成为人类使用的主要工程材料。

塑料模具是塑料成型加工中不可缺少的工具,在总的模具产量中所占的比例逐年增加,据统计^[1],塑料模具约占成型模具总量的33%,因此,塑料模具的应用在我国国民经济中的地位愈来愈重要。其钢材耗用量大,品种规格多,形状复杂,表面粗糙度值要求低,制造难度大。

影响塑料模具寿命的主要因素有:模具结构、模具材料、模

具加工质量、模具工作状态、产品零件状况等。其中模具材料本身的特性及热处理,起着至关重要的作用。

塑料模的工作条件

模具的用途很广,各种模具的工作条件差别很大。根据塑料成型工艺性能的不同,塑料模具的工作条件归纳如表1所示。

模具材料范围很广,在模具材

料中应用最广的当属模具钢。模具的受载类型和工作温度状态的不同,对模具钢的机械性能的要求完全不同。模具钢的机械性能指标主要是由成份、冶炼质量及热处理组织决定。目前我国模具钢的成分大多是合金钢和高合金钢,冶炼质量均是优质或高级优质钢,不同成份的模具钢有不同的机械性能,相同成份的模具钢通过不同的热处理能得不同的金属显微组织,可实现

表1 塑料模的工作条件

条件 分类	工作压力 (MPa)	工作温度 (°C)	摩擦状况	进入型腔 时物料状态	腐蚀状态	小结
热塑性 塑料模	300~600	150~250	摩擦系数小,若加入某些润滑 材料时(如玻璃纤维、石英粉) 摩擦较大	黏流状态	有时有腐蚀	受压、受力 磨损较小
热固性 塑料模	200~300	150~250	摩擦磨损大	固体的未状态 或预制品料	有时有腐蚀	受压、受力、 磨损较大

不同的机械性能指标。

塑料模失效因素分析

一般模具失效因素分析

一般模具制造中包括模具设计、选用材料、热处理、机械加工、调试与安装等过程。根据调查表明^[2]：模具失效的因素中，模具所使用的材料与热处理是影响使用寿命的主要因素(详见表2)，其比例约占70%。从全面质量管理的角度出发，不能把影响模具使用寿命的诸因素作为多项式之和来衡量，而应该是多因素的乘积，这样，模具材料与热处理的优劣在整个模具制造过程中就显得特别重要。

表2 模具失效因素分析

失效因素	热处理	原材料	使用	机械加工	锻造	设计
失效比例/%	10	15	5	5	5	5

塑料模具失效因素分析

从模具失效的普遍现象分析，塑料模具的重要失效形式可分为磨损失效、局部塑性变形失效和断裂失效。

(1) 磨损失效。造成塑料模具磨损失效的根本原因就是模具与物料间的摩擦。但磨损的具体形式和磨损过程则与许多因素有关，如模具在工作过程中的压力、温度、物料变形速度和润滑状况等。当塑料模具使用的材料与热处理不合理时，塑料模具的型腔表面硬度低，耐磨性差，其表现为：型腔面因磨损及变形引起的尺寸超差；粗糙度值因拉毛而变高，表面质量恶化。尤其是当使用固态物料进入塑模型腔时，它会加剧型腔面的磨损。加之塑料加工时含有氯、氟等成份受热分

解出腐蚀性气体 HCl、HF，使塑料模具型腔面产生腐蚀磨损，形成侵蚀失效。

(2) 局部塑性变形失效。主要是由于模具材料的强度水平不高，或是热处理工艺不正确，未能达到钢材的最佳强韧性，以及模具的使用不当等引起局部超载发生。塑料模具所采用的材料强度与韧性不足，变形抗力低；当填充的物料进入塑模型腔内，有超载、持续受热，周期受压，而应力分布不均匀，以及塑模型腔面硬化层过薄，从而使塑模产生局部的塑性变形而引起的表面皱纹、凹陷、麻点、棱角堆塌，以至超过要求限度而造成失效。

(3) 断裂失效。塑料模具形状复杂，多棱角薄边，应力严重集中在韧性不足之处。同时，塑料模采用合金工具钢，回火不充分以及淬火过程中引起的残余应力，也会发生断裂失效。

塑料模具用钢的基本性能要求

塑料模具的工作条件与冷冲模不同，一般须在 150℃~200℃ 下进行工作，除了受到一定压力作用外，还要承受温度影响。从塑料模的失效形式可知，合理的选用塑料模具材料和热处理是十分重要的，因为它们直接关系到模具的使用寿命。所以，塑料模具用钢应满足以下要求：

(1) 足够的表面硬度和耐磨性。塑料模的硬度通常在 50~60HRC 以下，经过热处理的模具应有足够的表面硬度，而且心部要有足够的强韧性以免脆断和保证模具有足够的刚度。模具在工作中由于塑料的填充和流动要承受较大的压应力和

摩擦力，要求模具保持形状的精度和尺寸精度的稳定性，保证模具具有足够的使用寿命。

(2) 优良的切削加工性。大多数塑料成型模具，除 EMD 加工外还需进行一定的切削加工和钳工修配。为延长切削刀具的使用寿命，提高切削性能，减少表面粗糙度，塑料模具用钢的硬度必须适当。

(3) 良好的热稳定性。塑料注射模的零件形状往往比较复杂，淬火后难以加工，因此应尽量选用具有良好的热稳定性的材料，当模具成型加工经热处理后因线膨胀系数小，热处理变形小，温度差异引起的尺寸变化率小，金相组织和模具尺寸稳定，可减少或不再进行加工，即可保证模具尺寸精度和表面粗糙度要求。

(4) 良好的抛光性能。高品质的塑料制品，要求型腔表面的粗糙度值小。例如，注塑模型腔表面粗糙度值要求小于 Ra0.1~0.25 的水平，光学面则要求 Ra<0.01nm，型腔必须进行抛光，以减小表面粗糙度值。为此选用的钢材要求材料杂质少、组织微细均一、无纤维方向性、抛光时不应出现麻点或桔皮状缺陷。

(5) 耐腐蚀性。有些塑料在注射成型时，受热分解出具有腐蚀性的气体，如 HCl、HF 等。因此，要求模具钢具有耐腐蚀性。

(6) 焊接性。模具使用了一段时间后由于各方面的原因可能要进行修磨以成型符合要求的制品，若要对模具进行焊接处理，则要求模具钢具有良好的锻造工艺性能。

料成型用模具材料

细致分析塑料制品使用的材料后,就要选取最为合适的模具材料。在模具材料选取时,除了要根据制品材料是否改性和有否增加填充剂,添加何种添加剂来选取适合的模具材料外,还要依据制品大小、结构、尺寸精度等。

我国过去无专用的塑料模具用钢,一般塑料模具用正火的45钢或40Cr钢经调质后制造,因而模具硬度低、耐磨性差、粗糙度值高,加工出来的塑料产品外观质量较差,而且模具使用寿命低。而精密塑料模具及硬度高的塑料模具采用CrWMn、Cr12MoV等^[3]金工具钢制造,不仅机械加工性能差,而且难于加工复杂的型腔,更无法解决热处理变形问题。

20世纪80年代以来,塑料产品蓬勃发展,我国在引进国外塑料模具钢的同时,还专门研发了一批塑料模具钢。大致分为以下五类:

(1) 预硬型塑料模具钢。这类钢采用中碳合金钢预先经过淬火和高温回火状态,达到要求硬度30~35HRC后供模具制造厂家使用,如国家标准中的3Cr2Mo钢、3Cr2NiMnMo钢^[4]。该类钢应用较广,加工型腔后不再处理,无变形,可缩短模具制造周期。

(2) 时效硬化型塑料模具钢。由于时效温度低,变形小,而且有规律,适用于制造形状复杂,尺寸精度要求高的模具,如25CrNi3MoAl钢、10Ni3Mn2AlCu钢(PMS)、20CrNi3AlMnMo钢(SM2)和06Ni6CrMoVTiAl钢(06Ni)等。国外的有如美国ASTM标准钢号P21,日本大同特殊钢公

司的NAK55(2Ni2AlCuMoS),NAK80等。

这类钢在固溶后硬度很低,加工完成后再进行低温时效硬化处理,以获得要求的综合力学性能和耐磨性。

(3) 冷挤压成型塑料模具钢。我国一般采用低碳钢和低碳合金钢,如15、20、20Cr、12CrNi2、20Cr2Ni4和20CrMnTi等钢。我国研制的LJ钢(0Cr4NiMoV)为专用的冷挤压成型塑料模具钢。

(4) 耐蚀塑料模具钢。有些塑料制品如聚氯乙烯、氟化塑料、阻燃塑料等在压制过程中对模具具有腐蚀作用,因此,对此类塑料模具一般采用马氏体不锈钢和沉淀硬化型不锈钢,3Cr13、4Cr13、9Cr18等^[5]。PCR(0Cr16NiCu3Nb)钢是我国自行开发的耐腐蚀塑料模具钢,有较好的综合力学性能和良好的抗蚀性。国外的有如瑞典ASSAB公司的STVAX(4Cr13)等。

(5) 无磁塑料模具钢。为了适应磁性塑料制品的生产,我国也发展了一些无磁塑料模具钢,将奥氏体型模具钢通过时效硬化处理得到要求的硬度强度和低的导磁率,如7Mn15Cr2A13V2WMo等。国外的有如日本日立金属公司的HPM7^[6]。

此外,为了适应塑料模具制造过程中的一些对钢的工艺性能的特殊要求,我国还发展了以下四类专用的特种塑料模具钢种。

1) 镜面磨削用塑料模具钢。纯净度、致密度高,材质均匀性好,且淬、回火硬度较高。适用于制做光学仪器、电子设备的透明制品,如SM3Cr2NiMo、10Ni3MnCuAlMo(PMS)等。

2) 非调质型预硬塑料模具钢。锻(轧)后直接得到要求的硬度,一般为30~40HRC。如我国的3Cr2MnMo-VS钢等。

3) 高焊接性塑料模具钢。此类钢焊接性能很好,可以避免或简化焊前预热或焊后处理工艺,以便模具的堆焊修复工作。如日本大同特殊钢公司开发的PXZ、PX5及NAK55等。

4) 易切削预硬型塑料模具钢。在钢中加入易切削元素如S、Pb、Ca等,如8Cr2MnWMoVS钢(8Cr2S)、Y55CrNiMnMoVS钢(SM1)、5CrNiMnMoVSCa钢(5NiSCa)等。这类钢的杂质少、组织微细均匀、无纤维方向性,制模后,型面的表面质量高。

塑料模材料的发展展望

20世纪80年代以来,我国塑料模具钢发展迅速,形成了一些自己的模具钢系列,但是在生产技术和产品质量方面还存在不足,很多制造大型、精密、长寿命模具的钢材仍需进口。针对以上问题,我们亟待展开以下工作:

(1) 完善塑料模材料系列,合理使用材料。结合塑模工业的发展,形成我国新的塑模钢系列,相应地开展模具钢强化机理及模具失效机理的研究工作,指导材料研究,并相应地开展测试手段和测试技术的开发工作。

(2) 进一步提高塑料模具钢的质量。我国一些特殊钢厂已采用炉外精炼、真空冶炼、快锻机和精锻机,模具钢有大幅度提高,但是与国外相比,我国还需要在这方面展

开进一步工作^[7]。

(3) 加强先进模具热处理技术的推广与应用。塑模制造业正在向通用化、标准化、系列化、高效率、短制造周期方向发展, CAD 和 CAM 的应用将日益普及, 为了适应塑料模制造业发展的需要, 我国塑料模材料将日益向多品种、精细化、制品化的方向发展。

结论

选用塑料模具材料时, 应根据不同的生产批量、工艺方法和加工对象进行选择, 以取得最佳的技术经济效益。在大批量生产中, 应选用长寿命的模具材料, 如硬质合金, 高强韧、高耐磨模具钢; 在批量生产中, 选用通用模具钢; 对小批量或新产品试制可采用锌合金、铍锡合金等模具材料。

为了提高模具使用寿命, 模具行业的工程技术人员应该根据实际生产需要选择高质量的合适钢材并选择合理的热处理工艺, 充分发挥材料的各种性能, 提高模具的使用寿命。另外, 研制高性能、长寿命、高性价比和高效的新型模具材料,

取代昂贵的进口钢材, 将会带来明显的技术效果和经济效益。^④

参考文献

[1] 黄虹主编. 塑料成型加工与模具[M]. 化学工业出版社, 2003.

[2] 蒋美丽. 合理选用塑料模具的材料与热处理, 提高模具使用寿命[J]. 机床与液压, 2004(1): 142-143

[3] 肖海燕. 模具设计之材料选用[J]. 机械设计, 2006(1): 83-85

[4] 赵昌盛. 我国模具材料的应用及模具的表面强化技术[J]. 表面工程及热处理专辑, 2005(6): 24-26

[5] 牟红霞. 模具材料的发展与动向. 现代制造技术与装备, 2006(4): 83-85

[6] S. I. Bakhtiyarov. Thermophysical Property Measurements on Mold Materials: Thermal Expansion and Density. International Journal of Thermophysics, Vol. 26, No. 1, January 2005: 1539-1560

[7] 崔昆. 模具钢及其热处理的研究进展[J]. 金属热处理学, 1999(增刊): 15-17

乐 蕊: 女, 1984 年生, 在读硕士研究生, 研究方向: 模具 CAD/CAE/CAM。

刘 斌: 男, 1969 年生, 工学博士, 副教授, 广东省模具工业协会会员, 广东省模具工业协会模具专家组成员, 全国计算机软件专业高级程序员, 主要研究方向为模具 CAD/CAE/CAM 和材料成型装备及数控技术, 已在国内外学术杂志和会议上发表科技论文 60 余篇, 多次参加国内外学术会议。

华南理工大学聚合物新型成型装备国家工程研究中心, 聚合物成型加工工程教育部重点实验室, 广州, 510640。

齐二机床国际合作取得成效

近年来, 齐二机床集团以振兴装备制造业为己任, 以打造国际知名机床品牌为目标, 不断加强与国际知名企业合作取得成效。

齐二机床通过合作引进日本阪村株式会社数控自动锻压机、瑞典 APT 公司重型数控液压机等著名机床企业的设计制造技术, 经过消化吸收和二次

开发, 已形成了自主创新产品系列。他们还与意大利法比特、德国罗特乐、罗马尼亚环球、德国海德汉等公司, 就重型、超重型数控铣镗床、多工位压力机等技术进行了合作, 取得了初步成效。

2007 国际紧固件和精密冷锻件制造及国际线材展览会日前在美国举行。齐二机床与日本阪村公司合作

研发的 BP-430SS 型自动螺栓微锻机首次赴美参展, 受到了国外客商和参观者的好评。齐二机床展出的这台螺栓微锻机, 可生产最大直径为 10 毫米的螺栓, 每分钟可生产 230 件。^④

(摘自中国工业报)