

文章编号: 1001-4934(2002)03-0030-04

模具的失效分析

杨凌平¹, 杨有才², 丁文伟³

(1. 南阳市华骏电源技术有限公司, 河南 南阳 473006;

2. 河南红阳机械厂技术处, 河南 南阳 474678;

3. 南阳利宏光学有限公司, 河南 南阳 473006)

摘要: 概述了模具失效的基本形式及影响模具寿命的因素, 剖析了模具失效形式形成的原因, 提出了防止或延缓模具失效的措施。

关键词: 模具; 失效形式; 措施

中图分类号: TG306

文献标识码: B

Abstract: The basic forms of die failure and the factors affecting die life are introduced. The reasons of die failure forms are analyzed and the measures taken to prevent or postpone the failure are given.

Key words: die; failure forms; measures

0 引言

目前, 我国的模具产业在制造技术、材料技术方面均不逊色于国际先进水平, 而我国的模具寿命却难及工业发达国家的二分之一, 甚至三分之一。究其原因, 就是我国模具行业的管理技术普遍落后, 设计技术尚不精湛, 从而造成非正常失效的模具数量居高不下, 因此, 研究模具的失效规律, 剖析其失效机理, 对提高模具使用寿命, 降低各行各业的生产成本, 提高产品的市场竞争力, 具有十分重要的意义。

1 模具失效与模具寿命概述

1.1 模具失效

模具的失效可分为非正常失效和正常失效。非正常失效是指模具未能达到一定工业技术水平下所公认的寿命就无法继续服役的失效, 也称模具的早期失效, 其形式有塑性变形、断裂、局部严重磨损等; 正常失效是指模具经长时间服役, 因缓

慢塑性变形、蠕变、均匀磨损以及疲劳断裂, 致使其不能继续服役而造成的报废。研究模具的失效规律及机理, 其目的就是要防止和避免模具的非正常失效(早期夭折), 同时寻找模具失效的原因。

1.2 模具寿命

模具正常失效前, 生产出的合格产品数量, 称为模具的正常寿命(简称模具寿命 S), 模具首次修复前生产出的合格产品数量称为首次寿命 S_1 , 模具首次修复后到下一次修复前所生产的合格产品数量, 称为修模寿命 S_2 , 依次类推, 模具寿命是首次寿命与多次修模寿命的总和:

$$S = \sum_{i=1}^n S_i = S_1 + S_2 + \dots$$

模具寿命与模具类型、结构和形貌有关, 同时, 它是一定时期内模具材料性能、模具材料冶金水平、模具设计思路与方案、模具制造技术水平、模块锻造技术、模具热处理水平、模具使用与维护水平以及模具工程系统管理水平的综合体现。图 1 大体上描述了影响模具寿命的各种因素。

2 模具的失效形式

收稿日期: 2001-11-07

作者简介: 杨凌平(1965~), 男, 工程师

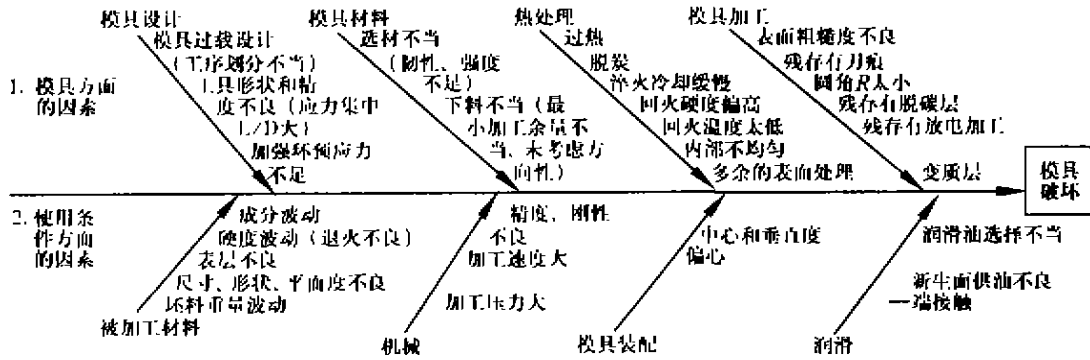


图1 影响模具破坏寿命的各种因素

模具失效形式大致为磨损、断裂(包括开裂、碎裂、崩刃、掉块和剥落等),塑性变形三大类:

3 模具的磨损

按磨损的机理可分为磨粒磨损、粘着磨损、疲劳磨损和腐蚀磨损。

3.1 磨粒磨损

磨粒磨损按照磨损形态和应力或冲击载荷的施加方式,可细分为凿削式磨粒磨损、研磨式磨粒磨损和划伤式磨粒磨损。

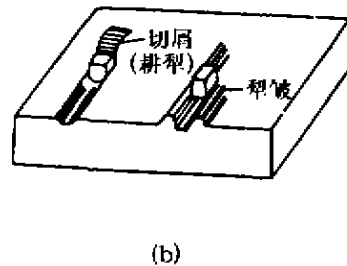
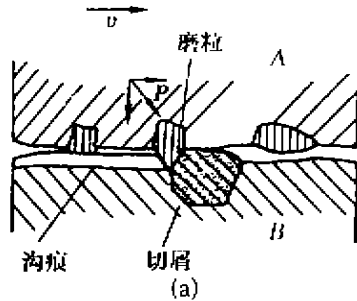


图2 磨粒磨损的机理

a. 磨粒磨损机理模型

b. 磨粒犁与犁破模型

图3为钢铁材料的硬度、组织和表面硬化处理对磨粒磨损的影响。由图3可知,耐磨性与硬度密切相关,而硬质碳化物的存在可显著提高耐磨性。由此可见,提高模具的抗磨损性能的主要方法是模具工作表面具有高的硬度。

3.2 粘着磨损

粘着磨损多发生于拉伸凸、凹模的棱角处。粘着磨损的微观模型见图4。

为了防止粘着磨损,最重要的是进行润滑以防温升的产生,而在非润滑条件下使用时,则应尽力减小金属表面摩擦系数,以便即使在高的接触应力下也尽量减小温升,在有温升的条件下,应尽量减小因温升所造成的软化现象。表1是各种硬

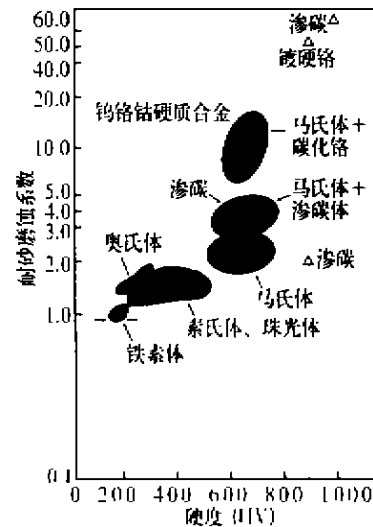


图3 组织、硬度和耐砂磨蚀性

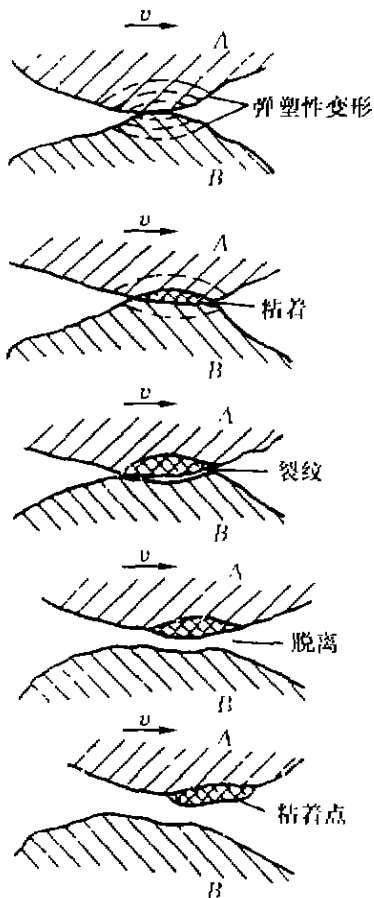


图4 粘着磨损微观模型

化处理对粘着磨损性能的比较。

表1 耐粘着磨损性(耐咬合性)能比较

钢种+处理方法	耐咬合值	钢种+处理方法	耐咬合值
SKH9+淬火、回火	1.2	含Cr渗氮钢+渗氮+渗硫	3.8
SKD11+淬火、回火	1.8	SKD61+VC(TD)	5.6
SCM435+渗碳淬火	1.0		
含Cr渗氮钢+渗氮	2.9	SKD61+TiC(CVD)	5.8

注: SKH9 (W6Mo5Cr4V2), SKD11: Cr12Mo1V, SCM435 (35CrMo), SKD61 (4CrSiMoV1Si), TD—熔盐浸镀法被覆碳化物(VC, NbV, Cr23C6+Cr7C3); CVD—化学气相沉积法被覆碳化物(TiC, TiN)。

由此可见,为了最大限度地降低粘着磨损,应选用抗回火软化能力强的基材并辅之以表面硬化处理,使之与摩擦密切相关的表层部分获得必要的硬度、自润滑性和耐磨性最为有效。

3.3 疲劳磨损

为了防止疲劳磨损,材料本身必须具有足以抵抗形成的切应力的强度。最大切应力只产生在表层部分(图5),故能够提高表层部分强度的表

面硬化处理对防止疲劳磨损最为有效。然而,当表层部分有微小裂纹或缺陷存在,则以这些缺陷为始源地也会发生同样的异常磨损,在这种情况下,不应过份提高硬度,而应提高塑性变形能力,当然这不适合模具的工作要求。

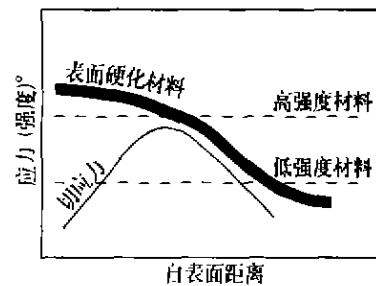


图5 切应力和材料强度分布的关系

疲劳磨损多出现于型腔模,如:压铸模、注塑模、热固性塑料压模、粉末冶金压模、金属粉末注射成型模等。

3.4 腐蚀磨损

车轴等压入部位或嵌台部位由于微小振幅的相对滑动以及在金属与液体界面处由于气泡的反复形成和破裂所造成的磨损均属此类,前者叫摩擦腐蚀,后者叫气蚀。

模具常见的腐蚀磨损有氧化磨损、特殊介质磨损等方式。

模具服役过程一般都会出现氧化磨损。在压制乙烯基塑料制品时,由于在较高的压制温度下,塑料会发生分解并释放出腐蚀性气体,引起模腔的腐蚀,从而导致模具腐蚀磨损。镀铬可有效防止这种腐蚀磨损。冲蚀磨损与前述的气蚀又是疲劳磨损的派生形式。压铸模的热浸蚀属于此类。

腐蚀磨损与疲劳磨损形成机理虽然不同,但二者有一定的内在联系,都易发生在型腔模中。防止腐蚀磨损的最有效方法是镀硬铬或作TD处理。一般来说,若材料组织均匀,具有较好的抗疲劳性和抗腐蚀性,又具有较高的强度和韧性,则抗气蚀和冲蚀磨损性能就好。

3.5 磨损的交互作用

在模具与工件(或坯料)的相对运动中,摩擦磨损情况极其复杂,磨损往往并不局限于一种形态,而是多种形式交织在一起,相互影响,相互派生,相互促进。

模具与工件表面产生粘着磨损后,部分材料脱落形成磨粒磨损;磨粒磨损出现后,使得模具表面变得粗糙,又进一步造成粘着磨损和疲劳磨损。

模具出现疲劳磨损后,同样出现磨损后的磨粒

物质,从而造成磨粒磨损,磨粒磨损使得模具表面出现沟痕,粗化,这又加剧了粘着磨损和疲劳磨损。

模具出现腐蚀磨损后,随之会出现磨粒磨损,进而派生出粘着磨损和疲劳磨损。

3.6 预防磨损或降低磨损速度的措施

为了降低磨损的速度,最有效的方法是对模

具工作表面进行各种强化处理,方法如表2。同时应对模具进行维护和保养,如及时清理模具工作面的附着物,对模具进行合理的润滑、冷却等。

4 模具的断裂失效及预防

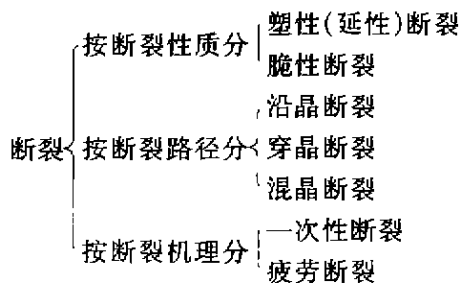
断裂对模具来说是最严重的失效形式,它是

表2 常用模具的表面强化方法及性能比较

处 理 方 法	工 具 钢 淬 火	硬 质 合 金	表面改性处理					表面被覆处理				表面硬化处理				
			渗 碳 淬 火	氮 化	渗 硼	多 元 共 渗	离 子 注 入	镀 铬	化 学 气 相 沉 积 (CVD)	物 理 气 相 沉 积 (PVD)	等 离 子 化 学 气 相 沉 积	盐 浴 浸 渍 VC (TD)	火 焰 淬 火	高 频 淬 火	激 光 强 化	喷 丸 强 化
表 层 硬 度	室 温	1	3	2	2	3		2	5	5		5	2	2	2	
	高 温	2	4	-	3	4		1	5	5		5	2	2	2	
	加 热 后 室 温	1	3	-	2	3		1	5	5		5	-	-	-	
耐 磨 性	1	4	2	2	3		2	5	5		5	1	1	1		
抗 粘 附 性	1	4	2	2	3		3	5	5		5	1	1	1		
抗 氧 化 性	2	3	2	2	4		3	1	1		1	2	2	2		
韧 性	5	1	4	2	2		4	5	5		5	5	5	5		
抗 变 形 开 裂	-	-	-	5	3		1	3	3		3	-	-	-		
疲 劳 强 度	4	-	4	5	3		5	3	3		3	4	4	4		
抗 剥 落 性	-	-	5	5	5		1	5	3		5	-	-	-		
热 韧 性	3	1	3	4	2		-	5	5		5	3	3	3		

注:5~1依次为好~差。

各种原因萌生的裂纹扩展的最终结果。根据断裂力学和断口分析理论,可将断裂进行分类:



模具的断裂失效一般表现为脆性断裂。因此,本文只对模具的脆性断裂进行讨论。

脆性断裂是指断裂时不发生或发生较小的宏观塑性变形(小于2%~5%)的断裂。脆性断裂包括一次性断裂和疲劳断裂。

4.1 一次性断裂

按裂纹扩展路径的走向,一次性脆性断裂可分为穿晶断裂和沿晶断裂。

当模具材料韧性差,存在表面缺陷(尤其是表面开口缺陷)而承受高的冲击载荷时,易发生穿晶

断裂。热作模具很少出现这种断裂。

一般来说,晶界键合力高于晶内,只有晶界被弱化时,才会产生沿晶断裂。下列两种情况可造成晶界弱化:(1)晶界沉淀第二相物质;(2)杂质元素的偏聚。

4.2 疲劳断裂

疲劳裂纹总是在应力最高、强度最低的部位上形成,模具的疲劳裂纹萌生于外表面,次表面。疲劳裂纹总是从模具表面和内部某一缺陷处开始的,当模具内部受力不均匀时,局部区域就会出现较大的应力集中,在载荷的反复作用下,应力集中处最先出现裂纹,裂纹的尖端形成尖锐的缺口,又造成新的应力集中,在连续使用中,该处还会继续开裂。这样一来,裂纹变得越来越大,模具上能够传递应力的材料越来越小,直至不足以传递载荷时,模具就突然破坏(开裂成两块或碎裂为数块)。

4.3 模具的断裂失效原因及预防

(下转第54页)

法进行了改进,使之能够适应不产生重叠和相交三角面片的要求。

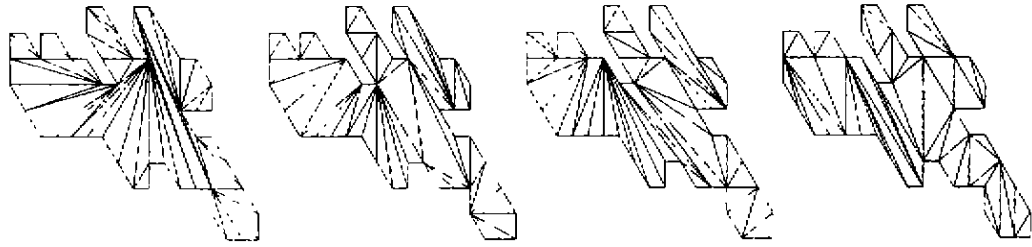


图3 遗传算法的进化过程

参考文献:

- [1] Fang T P, Piegl L A. Delaunay Triangulation Using a Uniform Grid[J]. IEEE Computer Graphics And Application, 1993, 13(5): 36~47.
- [2] Sloan S W. A Fast Algorithm for Generating Constrained Delaunay Triangulations[J]. Computers & Structures, 1993, 47(3): 441~450.
- [3] Goldberg D E. Genetic Algorithms in Search, Optimization And Machine Learning[M]. Addison - Wesley, 1989.
- [4] 席裕庚等,遗传算法综述[J]. 控制理论与应用, 1998,13(6):697~710.
- [5] Schumaker L L. Triangulation in CAGD[J]. IEEE C. G. & A.,1993,13(1): 47~52.

(上接第33页)

模具的断裂是由裂纹萌生及裂纹扩展两个过程形成的,其影响因素为:(1)设计强度不足,截面过渡不平滑(突变、凹槽、尖角等);(2)制造质量差,工作面粗糙,工作面有原始缺陷(如发纹、凹坑、麻点等);(3)模具材料的冶金质量及加工质量对断裂失效影响较大,具体反映在材料的断裂韧性上;(4)模具的热处理方法和质量进一步产生影响。防止断裂失效的措施:(1)选择优质纯洁的钢材;(2)正确、合理的结构设计;(3)正确的锻造以改善材料的原始组织缺陷;(4)有效的预备热处理,使模块获得均匀、细致的组织基础;(5)对模具进行强韧化处理和表面强化处理。

5 模具的塑性变形失效及预防

塑性变形表现形式为塌陷、弯曲、扭曲、墩粗等。

5.1 塑性变形失效机理

模具在服役时,承受巨大的应力和载荷,一般是不均匀的,当模具的某个部位所受的应力超过了当时温度下模具材料的屈服强度时,就会以滑移、孪晶、晶界滑移等方式产生塑性变形,造成模具无法修复而报废。

在室温下服役的模具(冷作模具),其塑性变形是模具材料在室温下的屈服过程,是否产生塑性变形,起主导作用的是机械负荷以及模具的室温强度,而模具的室温强度取决于所选择的模具材料及热处理制度。在高温下服役的承载模具

(如压铸模、塑料注射模、热锻模等)其屈服过程是在较高温度下进行的,是否产生塑性变形,主要取决于模具的工作温度和模具材料的高温强度。

5.2 避免塑性变形或降低其倾向的措施

对室温下工作的冷作模具钢,应选择高强度钢种并进行硬化处理;对高温下工作的热作模具钢,选择蠕变强度高的热强钢并辅之以优质的热处理,另外,还应对模具进行循环冷却。

6 结束语

模具的工作条件极为复杂和恶劣,一副模具在使用过程中往往交织着多种损伤形式,这些损伤相互作用、相互促进,最后以一种或多种形式失效,在实际生产中,所看到失效模具往往不局限为一种形式。因此,只有对模具的基本失效形式和机理进行剖析,进行综合全面的预防和优化管理,才能收到良好效果。

参考文献:

- [1] 日本热处理技术协会.热处理须知(上)[M].北京:机械工业出版社,1987
- [2] 程培源.模具寿命与材料[M].北京:机械工业出版社,1999.
- [3] 模具实用技术丛书编委会.模具精饰加工及表面强化技术[M].北京:机械工业出版社,1999.