

模具材料优化选择与系统工程

纪现磊, 潘振鹏, 蔡莲淑, 王桂棠

(广东工业大学 材料与能源学院, 广东 广州 510643)

摘要:以系统工程的观点对模具材料优化选择的决策进行了初步的探讨,并从抓主要矛盾解决问题的方法,就热作模具材料的优化选择提出了三类主要的决策方法:绝大多数热作模具在高温重载下工作,模具寿命短,甚至一个工班要换几个模具,因此用失效抗力性能高的热作模具钢来制造此类模具;对锌、铅、锡等低熔点合金的压铸模或热挤压模,一般在 450℃ 下工作,服役条件相对好,可按产品批量大小选择,例如几十万件的可选合金结构钢 40Cr, 30CrMnSi 等,若批量上百万件的便选用标准热作模具钢 5CrNiMo, H13, 3Cr2W8V 等;热冲裁模工作温度一般在 300℃ 以下,所有的热作模具钢都合用,因此着重从便于生产管理出发来选所用的钢材。

关键词:系统工程;模具材料;优化选择

中图分类号:U422

文献标识码:A

文章编号:1007-7162(2002)02-0037-04

为了满足各种制品的模具制造材料的越来越高的要求,国内外不断发展新型的模具材料。为了应用与选择的方便,对模具材料进行分类而大体分成金属制品冷作模具材料与热作模具材料和塑料制品模具材料三大类,各大类都有上百个甚至几十个钢种和合金^[1-4]。然而对具体制品其模具制造材料要在相应的模具材料大类的几十种用材中选择出一、两种较理想的材料。行业内一般提出“满足制品要求,发挥材料潜力,经济技术合理”的原则。实际上,在保证制品质量的前提下,除了考虑模具寿命与成本,产品的经济性、生产经营管理等因素外,还应考虑材料再 used 与环境保护等可持续发展的因素,因而特定制品的模具材料的选择决策是一个较大的系统工程,而其工作量也是相当巨大的。根据系统科学的原理,系统组成的要素越多,亦即本文模具材料选择考虑的因素越多,其系统就越大,方案优化决策的工作量也越大。然而系统科学认为最终得出的决策只能是相对理想的而决不会是绝对最好的^[5]。另一方面,哲学中“矛盾论”的观点,任何问题都要从抓主要矛盾的方法来解决。这样,就可以使有关的决策问题的解决大大简化。本文拟就模具材料优化选择的系统工程及从抓主要矛盾的方法来进行选材决策作初步的探讨。

1 模具材料选择的系统工程

1.1 模具工作寿命因素的考虑

在保证制品质量的前提下,模具工作寿命往往是选择模具材料主要考虑的因素。由于材料费用仅占模具总成本的 10% ~ 15% 左右,因而选择机械性能好,亦即失效抗力性能高的材料来制作模具,往往比其它材料制成的模具的工作寿命有很大的提高。一些新材料虽然其价格比传统材料要贵 50% 甚至更高,然而其寿命与模具总成本之比仍有相当显著的提高,因而促进了新

收稿日期:2002-01-23

作者简介:纪现磊(1977-),男,在读研究生,主要研究方向为材料加工人工智能与专家系统。

材料的不断研究与开发。

1.2 制品经济性因素的考虑

模具的工作寿命是影响其用材选择的重要因素,然而,纵然对于极大批量生产制品也不能说其模具寿命越长越好,还要考虑模具的整体经济性。此时,模具材料选择优化的目标不再是长寿命而是生产单件制品的生产总成本,包括单件制品的模具成本,生产物耗、能耗、工时、工资诸方面因素的总合,例如一些塑料模具钢加少量 S、Ca 后其易切削性大大提高,但其强韧性稍降低,寿命也会稍下降,但由于切削、抛光等加工的费用占模具总费用的大部分,故在保证制品质量情况下,而选用易切削钢。

1.3 经营管理和可持续发展的考虑

关于可持续发展,资源节约与再用及环境保护是其重要方面,例如某些塑料模具需要表面电镀,在当地电镀行业环保处理不过关而要远途外地处理而大大增加成本时,就应考虑改用其它既耐蚀又表面抛光性好的模具钢来满足产品质量的要求和环保的需要,又如易切削钢,有时特意在钢材中加入一定量的铅,铅在固态及液态均基本不溶于铁,因此,铅呈极细的纤维状沿钢材变形加工的方向分布,而容易使切断屑,使切削性能有了明显的提高。然而近年来,为了避免钢中加铅造成的环境污染和对人体健康的危害,改为加铋而不含铅,铋类似于铅在易切削钢中的作用,虽价格稍高,但避免了铅的危害^[6]。再者,对于用铜、锌、铝等合金以铸造方法来制造某些塑料模具,就要考虑这些合金的资源节约与回收再用。又如 HD2 钢可大大提高汽车气门摩擦压力机锻模具的工作寿命而模具成本仅稍微增加,然而 3Cr2W8V 钢市场很容易买到,而 HD2 钢需要专门渠道才能购到,而且所购得的棒料的直径不一定适合气门模具而增加改锻的费用和废品率,工厂从经营管理方便和材料及时供应,减少流动资金积压考虑,仍然主要地采用 3Cr2W8V 来制造气门模具,因而限制了 HD2 等新钢种的推广应用^[7]。

2 热作模具材料优化选择的三类主要决策方法

用系统工程对模具寿命与成本、制品经济性、生产经营管理及可持续发展诸要素进行综合考虑,是模具材料优化选择的最根本的方法。然而具体问题要作具体分析,而且要从抓主要矛盾来着手解决问题,使有关问题的决策大大简化,而又能达到选择尽量理想材料的目的,下面以热作模具用钢优化选择为例作初步的探讨。

2.1 以失效抗力性能高为选材的主要准则

占热作模具绝大部分的锤锻,压力机锻,黑色金属、铜、铝、镁合金的压铸模具和热挤压模具因与高温工件接触而回火软化,其硬度与强度不断降低,工作温度高、承受载荷大、服役条件恶劣,致使模具寿命不长,往往一个工班便需更换一个甚至多个模具。由于模具用钢成本仅占模具总成本约 10%~15%,因此用失效抗力性能高的热作模具钢^[8]来制造此类模具,以获得长的工作寿命,并降低更换、装卸模具的工时和费用。行内近年内正应用一些新材料来代替传统钢材,虽然模具材料费用提高,然而模具工作寿命与其总成本之比仍有相当显著的提高。例如用 4CrMnSiMoV, 45Cr2NiMoVSi 钢代替传统的锤锻模具钢 5CrNiMo 和 5CrMnMo,用 5Cr4W5Mo2V (RM2), 4Cr3Mo2NiVNbB (HD2), 4Cr3Mo2MnVNbB (Y4) 钢代替原有的压力机锻模具钢 3Cr2W8V,用 2Cr3Mo3V2Nb (HM3), 4Cr3Mo2MnVNbB (ER8) 等钢代替铜材挤压模通常用的 3Cr2W8V 钢等。

2.2 以制品的批量大小为选材主要决策因素

锌合金和铅锡等低熔点合金的压铸模或热挤压模,其工作温度较低,在 450℃ 以下,模具回

火软化缓慢,承受载荷亦不大,服役条件较上述的锤锻、压力机锻等模具好得多,因而模具寿命较长。由于用钢差异,其寿命从几万件至上百万件不等,而且还可用结构钢而不用模具钢制造。例如锌合金压铸件批量在20~30万件时,其模具用钢可选用合金结构钢,如40Cr,40CrMo,30CrMnSi;若压铸件批量高达100万件时,模具需选择标准热作模具钢,如5CrNiMo,5CrMnMo, H11, H13, 3Cr2W8V来制造^[2]。很明显40Cr钢比3Cr2W8V钢便宜得多,而且其热锻、热处理、机加工性能好而加工费用大大降低。因此,对这类热作模具主要是从经济角度而不是机械性能的高低来决定选材。制品的批量大小是选择其模具用钢的重要的甚至是第一的因素。

2.3 从经济性和便于生产及管理为选材重要因素

热冲裁模主要用于锤锻或压力机锻成型坯件的飞边切除。其正常失效形式为刃口磨损,非正常失效为崩刃或断裂,但占总失效不足10%,工作时模具表面温度低于相应的成型模具,一般为300℃,而其承受载荷等工作条件优于相应的成形模具,因此对模具材料的性能要求不高,各热作模具钢在300℃的性能数据表明^[8],几乎所有的热作模具钢均可选作为热冲裁模具的制造材料。其机械性能指标不是选材的重要因素,而应看重材料的经济性,是否供货充足和便于生产及管理。选用价格较低,工艺性能好的钢种有利于降低生产成本,而选用不常用的模具材料将不利于生产管理。一般情况下,锤锻/机锻坯件的热冲裁模具选用5CrNiMo,5CrMnMo/4Cr5MoSiV,4Cr5MoSiV1为宜。行业传统使用的8Cr3,7Cr3钢也可采用。例如某厂的20英寸扳手热冲裁模具原采用3Cr2W8V钢制造,后改用价格便宜的5CrMnMo钢制造。其模具寿命相当但降低了生产成本且模具的锻造,机加工,热处理容易得多。便于生产及管理并取得了显著的经济效益^[8]。

3 讨论与结语

(1)运用系统工程对模具寿命与成本、制品经济效益、生产经营管理、可持续发展等诸要素进行综合与关联的决策考虑,是模具材料优化选择的最根本的方法。

(2)模具寿命是模具材料优化选择的一个重要要素,然而,影响模具寿命的因素是多方面的,除了模具材料本身是重要因素外,模具的基体与表面热处理强化,表面新技术如热喷涂,热熔覆,离子注入等技术的应用,模具结构与制造加工等方面技术措施的改善,都可提高模具的内在性能,而工作时模具的冷却,润滑,毛坯与物料预处理等改善了模具的外部工作环境,这些技术的优化都能提高模具的工作寿命,从而也间接地影响了模具用材的选择。这样,相关的系统工程便要往内部更深层次考虑上述的八大要素对模具材料选择决策的影响。另一方面,这个系统工程也可以向外部进一步扩充,例如,制品制造方式与设备的革新,也会影响到制品模具材料的选择。因而,我们只能在一定的系统要素范围内,对模具材料进行决策选择,而且得到的只能是尽量“理想”的决策,而不可能是绝对“最好”的决策。再者,所讨论的系统其内部诸要素是互相关联的,可能是相互促进,也可能相互制约,例如,采用模芯为3Cr2W8V钢而外模套为45钢的气门精锻组合凹模减少了整体式凹模3Cr2W8V钢的用量及加工费,还使其模芯经常受到模套的压应力。模芯尺寸比整体凹模尺寸的减小也使3Cr2W8V钢的淬火回火后力学性能及其均匀性得到提高,从而使模具总体强韧性及工作寿命提高并且为热处理工艺优化即适当提高模具淬火温度降低回火温度,从而适当降低模具的韧塑性,增加其强度、硬度以提高模具寿命做好了“物质”准备。然而另一方面,模芯尺寸减少又将为内水冷却系统的采用增加了难度。

(3)系统包含的要素越多,问题的考虑和决策会越全面深入,然而其工作量也会越来越大,

有的甚至是几何级数地增加。因而要具体问题具体分析,并抓住主要的矛盾来解决问题,要面面俱到是很难做到的。本文以热作模具为例,对锤锻、压力机锻、热挤压、压铸及热冲裁模具根据它们的工作状况、制品批量等方面,抓住主要矛盾,从而提出了这类模具材料优化选择的三种主要决策方法。

参考文献

- [1]姜祖庚. 模具钢[M]. 北京:冶金工业出版社,1988.4-10.
- [2]冯晓曾. 提高模具寿命指南——选材与热处理[M]. 北京:机械工业出版社,1994.
- [3]许友樾. 实用模具设计与制造手册[M]. 北京:机械工业出版社,2001.1306-1313,1341.
- [4]王家模主编. 模具材料与使用寿命[M]. 北京:机械工业出版社,2000.
- [5]邵光远,张纪川. 系统科学入门[M]. 北京:知识出版社,1990.12-15,117-121.
- [6]谢希文,过梅丽主编. 材料科学基础[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1999.114.
- [7]潘振鹏,罗天友,李芬,等. 气门热精锻模具新材料新技术与系统工程[J]. 金属热处理,1999,(9):36.
- [8]陈蕴博,李平安,罗学心,等. 热作模具钢的选择与应用[M]. 北京:国防工业出版社,1994.

Die Materials Optimization Selection and Its System Engineering

Ji Xian-lei, PAN Zhen-peng, CAI Lian-shu, WANG Gui-tang
(Faculty of Material and Energy, GDUT, Guangzhou 510643, China)

Abstract: Based on the principle of the system engineering, the policy decision for die material selection is discussed and three policy decision methods for the hot-working die material selection are introduced. Most hot-working dies under high temperature and heavy duty which are short-lived and even consume several dies in one shift, should select hot-working die steel with high failure resistance performance. Casting dies or extrusion dies for Zn, Pb, Sn and other low melting point alloys under 450℃ and better working condition, would be selected accordance with the production batch. Hot blanking dies commonly worked under 300℃ can employ all kinds of hot-working die steels, therefore the selection is concerned about mainly according to the convenience of production management.

Key words: system engineering; die materials; optimization selection