

模具材料冲蚀磨损性能与机理分析

郑东

(福建信息职业技术学院智能制造学院 福建 福州 350499)

摘要: 在工业领域中, 模具是不可缺少的加工设备, 它对产品的质量、生产效率以及新品的开发都有很大的影响作用。在电子、汽车和航空航天等行业中, 大部分零部件的制造都是通过模具完成的; 同时, 因为有很多电子设备需要冲压, 所以说, 模具是制造业的命脉, 而冲压技术又是其重中之重。本文主要研究模具材料冲蚀磨损性能与机理。

关键词: 模具材料; 冲蚀磨损; 性能与机理

0 引言

随着我国经济的发展和人民生活水平的不断提高, 对工件的使用要求也越来越高, 这就促使着各行各业对模具的需求量日益增加。目前国内的模具主要集中于大型结构件。为了能够更好地适应各种不同用途的制件, 就必须研究出更加先进的工艺方案, 来改善现有的制造成本。

1 相关理论概述

模具是工业生产的基础装备, 被称为“无烟产业”, 在新技术、新工艺的发展下, 其重要性已被越来越多的行业所重视。而磨料磨损是影响磨料质量和产品精度的重要因素之一, 合理选择磨床参数及结构设计, 对提高加工效率, 保证制品的品质有重大作用。金属模表面的粗糙度对冲裁件的尺寸偏差、形状误差以及制造成本有较大关系; 而凹模的硬度较高, 耐腐蚀能力较强。因此在模具中, 通过优化模具的间隙大小和多工位级进模的设置等来减小或消除不需要的孔或者孔的缺陷, 具有很高的经济价值。我国冷锻设备水平不高, 国产化程度较低, 与国际先进企业的冷锻标准相差很大。同时随着制造业的不断深入, 国内冷锻的需求增长, 一些大型薄板厂也正在逐步开发冷锻机。

2 模具材料冲蚀磨损特征

(1) 冲裁件的刃口圆半径大小和方向尺寸的变化规律在同一个工件上, 在一定的方向上的刃口直径和长度随着其圆周率的增大而减小, 在相应的一个工件的最小厚度处, 其最大的边缘处出现最大值。由此可知, 对材料进行适当的选择是提高产品质量的重要保障。(2) 模具的间隙及凹模的形状及公差确定模具的合理间隙是保证制件精度的关键之一, 与制造成本有很大的关系; 公差的高低直接决定了凸、凹模的寿命以及制造成本。因此正确的选取合适的磨料及配比的位置对减少磨损的现象有很重大的意义; 同时, 也要考虑到模具的排气形式, 排气方式等因素的影响来设计凸、凹模的样式以达到降低磨损的目的; 另外, 还应根据实际情况, 结合设备的使用要求, 选用适合的配合类型。(3) 卸料出装置的功能与压力损失的分布特性的研究与分析的研究工作。

3 模具材料冲蚀磨损机理

影响冲压材料的磨损主要因素有工件的硬度和厚度、冲压件的几何形状、尺寸精度及板料的物理力学性能等。本文将根据上一部分所设计的模具对其进行理论上的计算分析, 并结合实际的试验数据, 来验证该实验条件下所选的几种不同工艺

方案的合理性, 并对该参数的确定提供可靠的依据; 同时, 也为选择合适的压力机和冷却系统, 制定相应的防尘措施, 以防止因防尘不当而产生的次品现象, 降低材料的使用寿命。

3.1 模具材料的前处理

前处理工序是模具材料在实际冲压过程中的重要工艺流程, 其主要目的是去除模具表面的金属及其他非金属杂质, 同时将模具与压力机筒体进行相对运动, 从而获得所需的零件外形。

(1) 除去模料上的碎屑和毛刺, 常用毛料价格较高的可采用送进风冷库或抽真空的方式来除杂, 在使用中还要注意防锈。

(2) 将需要热加工的面和棱台放置在一起, 以便于对细小颗粒产生划破。

(3) 由于刃口材料为橡胶, 故需对磨削部分的表面积较大, 故磨削后的凹模易与工件粘连, 因而须对工件的表面积作适当调整, 一般情况下, 凹模的表面积应大于凹模板的总面积之和, 但有时应做到先清除刃内的小杂物。

(4) 对于磨损性能较好的固定式复合膜, 为了使膜充分浸润, 需在加工后的工件上涂上润滑剂。

3.2 模具材料硬度

材料的硬度对冲裁模的刃口形状、尺寸精度和表面质量等都有影响, 所以在实际生产中, 模具材料的加工工艺多采用磨削或浸出的方法来提高其硬度, 磨削的优点是效率高, 缺点是容易对工件进行修整, 且模具的磨损比较快, 耐久性也较差。一般情况下, 冲裁的硬度为 1 ~ 2, 复合模的刃口形式主要分为直尺式、斜销式和拉伸成形法。

(1) 直尺式刃口

(2) 斜销式刃口

(3) 拉伸成形法

通过增大料厚的值来减小毛刺的变形量。这种方法的特点是适用于厚度均匀的工件, 但是由于其无法保证毛刺的胀形状态, 并且所需的力较小, 因此应用受到限制。但同时, 因为没有极限的弹性恢复, 因而在高速压力作用下, 零件易发生断裂, 产生塑性变形, 使模具的使用寿命大大降低。

4 热冲蚀磨损对模具材料的影响

4.1 热冲蚀对模具的影响

热冲蚀是在模具的表面加上高强度的金属层, 将模具的表层与凹模或者毛坯材料的外表面加热到一定温度, 使其产生熔融物质冷却硬化的现象而形成的氧化腐蚀过程。

(1) 对模具的损坏

① 模具型腔和型芯的磨损：由于材料的原因会导致模具型腔和凹模的接触面积逐渐变小，最终造成磨损甚至断裂，降低产品质量。

② 有损零件的加工性能：材料的化学成分的变化、硬度的高低、淬火的深度以及淬火后基体组织的均匀性等都会影响材料的使用寿命，进而引起的冷变形也随之加大。

(2) 有损零部件的电工性能：主要指电参数，比如电流的大小、电压的分布情况等等。其中电阻率的改变对于侵蚀痕迹的表现具有较大的影响作用，当电极的电阻率增大时，电导率就减小，侵蚀愈明显；当电极的电阻度小时，则侵蚀痕迹就变得清晰，但破坏的程度要小一些。

4.2 热冲蚀磨损形貌

将冲压件装入模内进行冲压加工的过程中，由于模具的温度很高，并且压力机的耐热度也非常高，所以模具的各部分结构也会发生相应的变化。

而凹模、凸模、凹凸模等就是主要的成型零件，其中就有很多零部件是通过间隙配合安装而成的热处理工艺是将一定厚度和形状的金属液充分加热，让其融化成固体颗粒的一种成形方法，其常用的有冷固硬化与化学硬化两种。在对模具的磨损试验中发现，在连续多次磨损的条件下，毛细管的抗拉强度和极限抗弯能力都较低，当毛细管的综合磨损程度较高时，毛细管的抗疲劳性能就会明显的降低；当毛细孔的表面经过淬火后，硬度变得更高，耐磨性也更好，因此可以看出，影响复合材料组织及力学性质的因素较多，但最关键的一点还是工件的材料性能。

4.3 模具材料显微组织观察

显微硬度是衡量材料的重要力学性能之一，是指材料的硬度和强度的分布值。冲压件的表面经过多次拉伸后，晶粒逐渐长大，晶界由原子分裂转变为非晶体，在晶界处形成细小裂纹，称为微裂纹。微裂纹的萌生与扩展依赖于具有较高刚度的自由锻造型钢。其主要的锻造形式有两种：直浇式和间接浇铸式。

(1) 直浇式成形模材料：工作时冲头的预加工性好，可直接进行预浸出件，但需对工件严格保证质量，如尺寸、形位公差要求等。

(2) 间接拉伸模材料：在板料加热的情况下，工件的孔径小，深度大，但对板材的预热温度及抗弯度的控制较低。其缺点是断裂韧性差，局部淬硬不足，易产生应力集中，且模具易开痕、边缘不整齐。采用这种方式，一般只能用于单道或多道简单的零件生产。

4.4 模具材料的性能表征

材料在实际的工作状态中受到来自压力的作用，主要是由于材料的内部物质发生了化学的、物理的和化学反应的过程所造成的应力或变形，使其具有一定的形状和尺寸，这种形变将导致材料的表面产生相应的变化并伴随着形成塑性的转变而最终被留下，即形变。冲压是指通过施加外力使材料（金属或非金属）获得所需的塑性加工的一种工艺方法。

冲压材料的性能主要有：

(1) 拉伸强度和屈服极限——在一定的变形温度条件下，模具在承受反复弯曲荷载作用时，其拉伸强度和断裂韧性随其厚度的增大而增加；

(2) 抗冲击能力：模具工作过程中，不断受到交变的载荷与模具的摩擦阻力，会使材料产生塑性形变，导致塑件出现疲劳或缺陷，严重影响零件的使用寿命。因此对材料进行表面强化处理是提高材料耐磨性能的有效手段。

(3) 抗弯承载力：为了保证具有较高的加工精度，需要对模具的总重量较大的零部件采用较为复杂的结构以满足要求。一般情况下，模架的大小取决于凹模的长度、凸模的形状以及凹模的高度等。对于小的凸台，可以用型芯或者是型腔来减轻自重，降低成本。但需考虑卸料螺钉、导向装置等因素对制件的尺寸及公差质量的影响；同时，也要防止因制造成本的变化及生产中的安全问题。

4.5 冲蚀磨损的微观特性

冲模磨损失效的主要原因是材料在冲裁件尺寸、形状精度和表面质量的要求较高的情况下，由于材料的热处理或化学加工状态的变化而产生了较大的误差，导致了模具的磨损或断裂的现象称为模具的磨损。影响冲蚀磨损的微观因素很多，主要有：

(1) 流变学参数：流变学参数对冲蚀的沉积起着决定性的作用。

(2) 温度变化：当流变管的长度和宽度一定时，在不同压力下，在管壁内的气体分子与流体的相互作用力增大，从而引起了管道内介质的紊动。

(3) 剪切变形：金属液的剪切变形是指金属内部的热运动，而其产生的阻力就是由于流动截面的应力场的改变所造成的剪切变形。这些现象的综合则使得被加工材料的表面发生了化学反应，进而形成的产物为固态，也叫凝聚态。

(4) 孔结构：孔的存在对于整个的凹模的腐蚀有着至关重要的作用；孔的直径大小和形状的均匀程度，都与毛坯的尺寸、毛坯的性质有关。如果它们的几何形状不相同，那么就会导致凹模的相对应的表面积也不一样，这样就会使模具的抗冲击强度降低，甚至破裂，最终使模具报废。

5 结语

经过上述的分析研究，可以得到以下的结语：（1）在冲裁件的单工序冲裁加工过程中，有一个或几个因素会影响到模具的最终质量和精度。（2）在弯曲、翻边、拉深和胀形磨损后，都会产生较大的热应力，容易使工件的强度降低。因此在后续的工艺研磨中，应重点对热处理温度进行严格的控制以提高其研磨的耐久性。

参考文献：

- [1] 任建行，翟明，蒋奔. 基于 ANSYS LS-DYNA 的塑料模具冲蚀过程分析 [J]. 塑料科技，2020，48(11):91-97.
 - [2] 任建行. 45 钢模具材料冲蚀磨损性能分析与预测 [D]. 郑州大学，2020.
 - [3] 蒋奔. 模具材料冲蚀磨损性能与机理分析 [D]. 郑州大学，2019.
- 作者简介：郑东（1987-），男，汉族，福建福州人，硕士，助教，研究方向：热电材料，金属材料加工。