

薄板材料的冲压成型工艺研究

谭立军

(长沙中联重科环境产业有限公司 湖南 长沙 410013)

摘要: 薄板冲压成型是一个复杂的力学过程,在生产过程中会受到各种因素影响,因此,对其成型工艺和实现方法进行优化尤为必要。本文介绍了金属薄板的各项性能指标与冲压成型之间的相互关系,阐述了薄板冲压成型的工艺特点,在此基础上,确立了本文的主要研究内容:金属薄板的力学性能和其他属性对冲压成型的影响以及对金属薄板冲压成型过程中采取的控制措施。

关键词: 金属薄板; 冲压; 成型; 工艺研究

0 引言

金属薄板广泛应用于工业、生活等领域,利用率高,如机械设备外壳件、配套钣金件等。板材加工成形主要包括冲压、弯曲、剪切、拉伸、胀形、旋压、校直等冲压工艺。许多层次因素相互作用,系统的优劣最终体现在冲压钣金产品的便捷性和冲压生产的质量上。

板材最佳成型的要求是:(1) 变形分布均匀;(2) 承受面内压应力而不起皱;(3) 实现高变形而不收缩和开裂;(4) 面内剪切承载,不断裂;(5) 零件出模后保持形状;(6) 保持表面平整度,减少表面损伤。

1 金属薄板冲压成型工艺分类

1.1 冲裁

冲裁是一种冲压工艺,使用模具将部分材料与另一件材料或废料分开。冲裁是剪切、冲孔、开槽、切割、凿孔、修边、剪舌、纵切、修复等工艺的总称。

除了密封泄漏外,还经常用于直接处理垫片、齿轮、发动机凸轮、换挡叉、仪表盘、钢板、电动机和电气设备上的硅和集成电路上的连接器。

1.2 折弯

折弯是指在折弯机上下模具的压力下,板材先发生弹性变形,然后落入塑性变形。折弯常用于设备壳体件、小型板支撑件的成型,如电器柜的金属外壳、电力设备中的母排等。

1.3 剪切

剪切过程可分为两个阶段,即刀片被压入金属(包括弹性压力和塑性压力),金属滑出直至断裂。刀片由碳素工具钢、合金工具钢或热轧钢制成。除了机动驱动,联合收割机也使用液压驱动。

1.4 拉深

拉深,又称拉伸、压延等,是指用模具将某一特定

形状的平面坯料冲压出来,然后将其切割成各种零件开孔或减小开孔坯料的直径,增加开孔坯料的高度的过程。因此,在生产汽车、飞机、拖拉机、电器仪表等工业部门中,拉深工艺占有非常重要的地位。

上述几种常见的金属薄板冲压工艺在工业加工领域占有举足轻重的地位,是金属薄板冲压成型的重要工艺工序,因此探索研究金属薄板冲压工艺对工业发展是非常重要的。

2 薄板冲压成型力学性能指标和成型影响因素

2.1 薄板冲压成型过程中的力学性能指标

2.1.1 屈服极限

材料受外力到一定限度时,即使不增加负荷它仍继续发生明显的塑性变形,这种现象叫“屈服”。发生屈服现象时的应力称屈服点,或屈服极限。材料屈服强度低,冷加工成型性能和焊接性能就好。

2.1.2 抗拉强度

抗拉强度即表征材料最大均匀塑性变形的抗力。它是一种材料机械强度的重要指标,是材料设计和选择的主要依据。

2.1.3 延伸率

延伸率指试样拉伸断裂后标距段的总变形 ΔL 与原标距长度 L 之比的百分数。延伸率作为平整轧制的唯一变形指标,在保证带钢内部组织结构性能方面起着至关重要的作用。

2.1.4 屈强比

屈强比是指材料的屈服极限与抗拉强度的比值。屈强比低表示材料的塑性较好;屈强比高表示材料的抗变形能力较强,不易发生塑性变形。

2.1.5 应变硬化指数

材料的硬化规律遵循指数曲线 $S=Ke^n$ (其中 n 为板的应变硬化指数, K 为硬化系数, S 为真实应力, e 为

真实应变)。在以冲压为主的零件成型中,应变硬化指数值较低的材料易因变形不均匀而产生裂纹,变形的零件不能迅速硬化。对于应变硬化指数值高的材料,则相反。

2.1.6 塑性应变比(厚向异性指数)

塑性应变是指单轴拉伸应变时,板材纵向方向上的实际应变与厚度方向上的实际应变之比。当塑性应变 >1 时,板材在宽度方向比厚度方向更容易收缩,拉伸后的坯料径向收缩不易起皱,拉伸力也较弱,力传递区域不易断裂。当塑性应变 <1 时,板材在厚度方向上更容易薄,而在宽度方向上更容易收缩。通常塑性应变的值随板材的方向(与轧制方向形成的角度)而变化,这种现象称为材料各向异性。

2.1.7 表面粗糙度

钢板在冲压过程中的表面粗糙度直接影响挤压金属的流动特性。如果钢板的滑动特性差,即使钢板力学性能好,冲压成型时仍然存在因材料流入不足或咬模而引起冲压开裂的危险。因为微观粗糙度不均匀,可造成钢板表面摩擦系数不均匀,从而导致冲压成形时钢板各部位流动不均匀。

2.2 薄板冲压成型的影响因素

冲压成型性是材料的力学性能之一,它与材料的化学成分、厚度及表面质量、晶体颗粒的形态及成型工艺等因素有关。

2.2.1 材料的化学成分

冷轧薄板主要由碳、硅、锰、硫、磷等元素组成,它们的含量对冷轧薄板的性能有重要影响。增加含碳量可以大大提高板材的硬度,同时也增加了 Fe_3C 的含量,从而降低了材料的塑性和冲压效率。

2.2.2 厚度及表面质量

如果厚度达不到标准值,在成型过程中很容易起皱。如果厚度超过标准值,凹模与凸模之间的缝隙变小,容易产生裂纹。同时,如果板材厚度凹凸有别,厚度不均,则薄壁上更容易形成裂缝。

2.2.3 晶体颗粒的形态及成型工艺

板材的晶粒尺寸对塑性变形有很大的影响。如果晶粒尺寸过大或过细,会降低冲压工艺的延性。因此,晶粒尺寸应适中,冷轧板的晶粒尺寸一般为 $6\sim 8$ 。

2.2.4 金属毛坯的尺寸

毛坯尺寸越大,在法兰部分与凸模凹模接触的部分越多,增加材料流动阻力,容易导致开裂,但有利于控制起皱。

2.2.5 压力设备

压力设备按工作原理分为机械式压力机和液压机。机械式压力机由凸轮驱动,动作迅速。液压机是由液压缸驱动移动模具,并控制模具缓慢而稳步地移动,使得

材料的软化过程比较充分,从而内部残余应力较小,尤其适用于拉深零件的形成,比如侧墙、室内盖板、盒子等。典型的冲压设备包括冲床、折弯机等。

2.2.6 冲压环境

冲压环境对零件冲压质量的影响主要体现在零件的外观和润滑效果上。在冲压车间粉尘较多的情况下,容易在冲压件表面产生小的压痕。灰尘大,容易污染润滑油,影响润滑效果。

3 金属薄板冲压成型常见的问题及解决方法

金属板材在冲压成型过程中,常会遇到冲压成型失败,如预成型件断裂、起皱、回弹、表面质量等一系列问题,所以下面就一系列常见问题进行阐述并提出解决办法,并为金属板材冲压成型提供指导。

3.1 起皱

冲压起皱的情况如图1所示。



图1 冲压起皱

起皱是因为金属板材厚度方向是不稳定的,因为板的厚度方向上的尺寸与平面方向上的尺寸相差很大。当平面内的拉力达到一定水平时,板材厚度方向变得不稳定,最终造成起皱现象。常见情况有以下几种。

(1) 材料堆集起皱:进入凹模腔内材料过多变成的皱纹。

(2) 失稳起皱:金属板材厚度方向上的约束力弱,造成压缩时产生凸缘失稳;不均匀拉伸部位不稳定引起的皱纹。

起皱的解决办法有以下几种。

(1) 产品设计上:检查原产品型号结构和外形尺寸设计的合理性;避免产品出现鞍形形状;产品易起皱部位增加吸料筋;等等。

(2) 冲压工艺方面:合理安排工序;检查冲压材料的接触面和拉伸补充面的合理性;检查拉伸板材、冲压力、局部金属材料流动情况的合理性;尽可能采用在内部设置筋肋的方式减缓或防止起皱;提高冲压力,调整抗拉抗伸筋肋的布置方向,增加成型的工艺工序、毛坯的厚度,改变产品的结构外形尺寸以吸收多余材料;等等。

(3) 材料方面:在满足产品性能的情况下,对于一

些易起皱的零件,采用成型性较好的材料。

3.2 开裂

开裂的情况如图 2 所示。

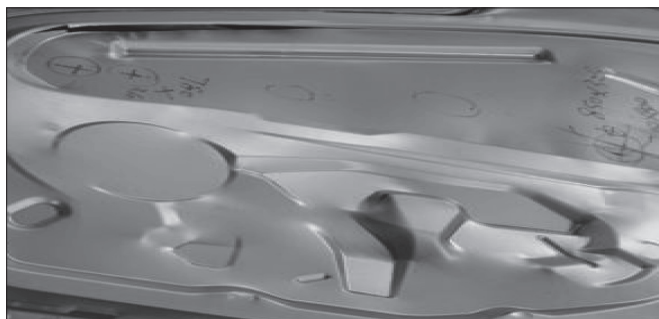


图 2 冲压开裂

开裂是因为材料在冲压中受到拉伸的过程中,板材的变形超过其最大限度,从而失去平衡造成裂痕。主要有以下几种情况。

(1) 材料抗拉强度不足而产生的破裂,如靠凸、凹模圆角处,局部受力过大而破裂。

(2) 材料变形量不足而破裂,在胀形变形时,靠凸模顶部产生的破裂,或凸缘伸长变形流入引起的破裂。

(3) 时效裂纹:即严重成型硬化部分,经应变时效脆化又加重,并且成型时的残余应力作用引起的制件晚期破裂。

(4) 材料受拉伸产生弯曲既而又弯折回以致产生裂纹,多产生于凸筋或凹模口处。

(5) 条纹状裂纹:板料不纯即金属内部有其他大型颗粒杂质而引起的裂纹,一般平行于板料轧制方向。

开裂的解决办法有以下 2 种。

(1) 材料方面:采用拉延性能较好的材料。

(2) 减少应变方面:在设计过程中,选择较理想的型材,即选用合理的型材及尺寸规格;调整拉延筋参数;增加辅助工艺(切口等);改善润滑条件;修改工艺补充面;调整压料力。

3.3 回弹

回弹的情况如图 3 所示。

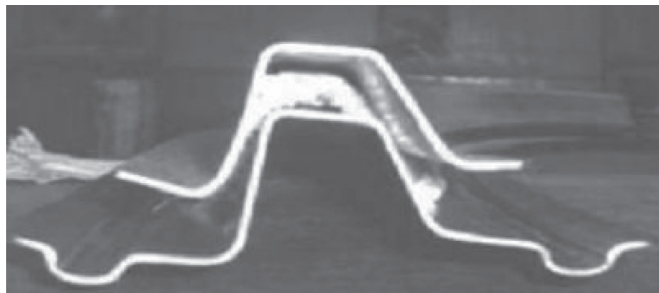


图 3 冲压回弹

回弹是零件在冲压成型后,材料由于弹性卸载,导致局部或整体发生变形。由于影响回弹的因素很多,例

如材料、压力、模具状态等,实际生产中很难解决。目前,解决回弹常用下面几种方法。

(1) 补偿法。补偿法的原理是创建一个斜率等于预成形件的弹簧到板材弯曲后弹簧对应位置的斜率,以补偿工件成型后的反向跳跃(实验和 CAE 建模)。

(2) 拉弯法。金属板材应力-应变曲线如图 4 所示。在板材弯曲时同时施加垂直方向上的拉力,可以使应力均匀分布,改变板材内部的分布,减少金属板材回流量。

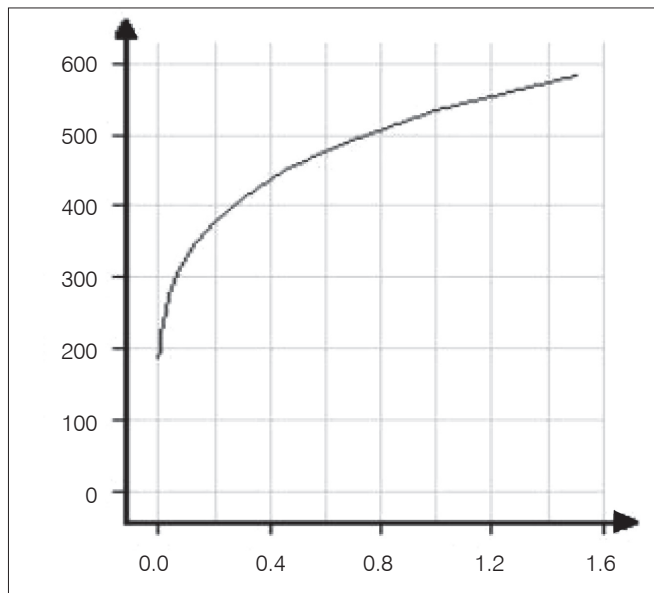


图 4 金属板材应力-应变曲线

(3) 采用成型性较好的材料。

3.4 表面质量

表面质量问题的主要类型有冲击线、滑移线、塌陷、暗坑、表面扭曲等。对于外板零件来说,外表面产生的缺陷是不允许的。冲击线、滑移线主要是由于在冲压过程中,板料和模具接触后,在应力集中处摩擦造成的表面划痕。塌陷、暗坑、表面扭曲主要是由于零件变形不充分,局部材料应变较小,外力释放后出现的缺陷。

表面质量问题的解决办法有以下几种。

(1) 消除冲击线,可以通过改变冲压圆角、凹模圆角,增加拉延深度,更改压料面等方法。

(2) 消除滑移线,可以通过改变产品形状(左右对称)、增大阻力等方式。

(3) 消除塌陷、暗坑、表面扭曲,应了解零件在变形区所产生应力梯度的等级,尽量保证产品塑性变形的均匀性。同时通过增大阻力、提高局部形状应变等手段。

4 结语

金属薄板冲压件有冲裁、折弯、剪切和拉深等加工方法,在冲压前,除了屈服极限、抗拉强度、延伸率等板材值外,还应给出应变硬化指数、塑性应变比等。不同的加工方法

对以上值必须有不同的要求，才能达到最佳的冲压效果。

冲压效率是材料科学和冲压技术的边界问题。冲压的有效性不仅取决于材料、材料的结构和性能，而且冲压工艺的改进往往会增加成型的效率。现在，随着材料科学的飞速发展，新的板材材料不断出现。为了提高冲压成型的效率，提高成型的质量，未来冲压行业必须随着材料科学的进步，加强对各种新型板材成形性能的研究，不断开发和完善冲压技术。

参考文献：

[1] 韩梅. 薄板材料与冲压成形 [J]. 汽车工艺与材料, 1999 (08): 20-25.

[2] 万敏, 等. 板料成形计算机分析技术 [M]. 北京: 北

京航空航天大学出版社, 2008.

[3] 王章忠. 新型冲压用钢的开发与展望 [J]. 机械材料, 2003, 27 (03): 45-46.

[4] 邓陟, 等. 金属薄板成形技术 [M]. 北京: 兵器工业出版社, 1993.

[5] 郭强, 郑燕萍, 晋保荣. 基于林用消防车 DP590 高强钢冲压件回弹性能的研究 [J]. 热加工工艺, 2018, 47 (24): 64-67+72.

[6] 胡李勇, 王利, 王益平, 等. 基于薄板冲压成形的零件展开方法及其应用 [J]. 河南工程学院学报 (自然科学版), 2021, 33 (04): 39-43.

[7] 肖景容, 姜奎华. 冲压工艺学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.

JOIN US

冀东发展集团

诚聘英才

联系人: 董永泉 电话: 0315-3083427

邮箱投递: zhaopinjidd@126.com

冀东发展集团有限责任公司是北京金隅集团股份有限公司二级集团企业，是国家建材行业大型骨干企业，其前身河北省冀东水泥集团有限责任公司，是 1996 年 9 月在河北省冀东水泥厂的基础上经河北省人民政府批准、按照现代企业制度组建的国有独资公司，始建于 1979 年。2016 年 4 月，金隅集团与冀东发展集团进行了战略重组。重组以来，冀东发展集团优化产业布局，破解发展难题，重组效应日益放大，发展动能不断增强。现根据公司生产经营需要，诚聘以下管理、技术人才以及高级技能人才，具体要求和详细情况见下表：

公司名称	需市场化选用岗位	学历	专业类	人数
冀东发展集团有限责任公司	科技创新部部长	本科及以上	材料、机电、管理类等相关专业	1
唐山冀东装备工程股份有限公司	破碎机产品开发技术骨干		机械专业方向相关专业	1
	回转窑产品开发技术骨干		机械专业方向相关专业	1
	辊压机产品开发技术骨干		机械专业方向相关专业	1
	水泥工艺系统专家		水泥工艺、无机非金属、硅酸盐等相关专业	1
唐山冀东发展机械装备制造有限公司	总经理		机械相关专业	1
	副总经理		机械相关专业	1
金隅科实(曹妃甸)精密制造有限公司	营销副总经理		材料类	1
唐山曹妃甸冀东装备机械热加工有限公司	营销副总经理		材料类	1
唐山冀东发展燕东建设有限公司	研发副总经理		材料类	1
唐山盾石电气有限责任公司	常务副总经理	电机、电气工程相关专业	1	

广告