半球形件拉深压边力数值模拟与优化

魏良庆，蔡友莉，乔旭安

【摘要】针对半球形零件，利用有限元分析软件Dynaform研究了不同恒定压边力对拉深件成形质量的影响，确定了压边力的安全区域。采用6条变压边力控制曲线分别进行模拟。结果表明：采用开口向上的抛物线形变压边力控制曲线，半球形件的质量最好，厚度分布比较均匀，最大增厚率和减薄率分别为22.4%和12.2%。采用数值模拟得到的结果对半球形件拉深的实际生产有一定的指导作用。

拉深件成形质量受诸多因素影响，包括拉深模具参数、板料力学性能、压边力、成形温度、成形速度等。在拉深过程中，由于起皱和拉裂的影响，压边力是一个非常重要工艺参数。在很多情况下，通常需要压边装置产生足够压边力以防止工件出现上述质量问题。特别是对于复杂曲面零件，拉深时板料处于悬空状态，所需要压边力往往不是恒定的，如果拉深时采用恒定压边力，零件很难成形，质量难以保证[1-2]。因此，在这种情况下，采用变压边力拉深就显得非常必要。本文以半球形拉深件为例，采用有限元分析软件Dynaform对工件成形性能进行分析，研究了不同压边力控制曲线对工件成形质量的影响。

1. 有限元模型建立及参数设置

（1）板料　本工作选用仿真材料为低碳钢（DC 01），料厚1.0mm。DC 01性能参数见表1。

（2）有限元模型　图1是用Dynaform软件建立的半球形件拉深有限元模型，包括凸凹模、板料及压边圈。凹模直径D_d=103mm、凹模圆角半径R_d=7mm、凸模直径D_p=100mm，板料毛坯直径D_0=200mm、板料厚度t=1mm、拉深深度H=70mm、拉深速度v=50mm/s、摩擦因数μ=0.125。

设定恒定压边力（见图2）时，通过经验公式[3]计算出理论防皱临界压边力值为62kN。由此，分别对恒定压边力为40kN、

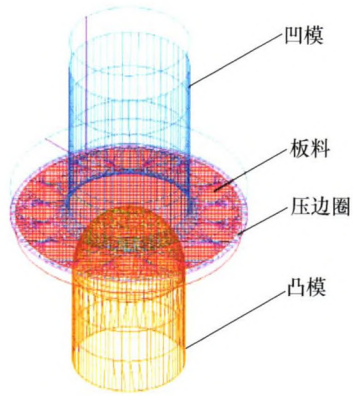


图1　有限元模型



(a)压边力等于140kN　　(b) 压边力等于40kN

图2　恒定压边力下的工件成形质量

表1　DC 01的性能参数

C（%）	Mn（%）	P（%）	S（%）	σ_s/MPa	σ_b/MPa	A_{80}（%）
0.10	0.50	0.035	0.035	270	337	32

手机扫描二维码，
收藏本文电子版

45kN、62 kN、125kN、130kN和140kN的半球形件进行拉深模拟，所得半球形件最大增厚率、最大减薄率及成形质量见表2。从表2可以看出，压边力为140kN时，工件发生断裂，压边力为40kN时，工件产生严重的起皱。根据恒定压边力条件下模拟结果，结合理论计算值，选取压边力安全变化区域为50～125kN。即压边力低于50kN时，起皱为限制成形的主要因素，压边力高于125kN时，断裂成为影响成形的主要因素[4]。

在临界拉裂和临界起皱压边力安全变化区域确定的情况下，压边力控制曲线形式对成形极限影响可以通过选取6种类型压边力控制曲线（即渐减式、先保持恒定后减式、开口向下的抛物线形、渐增式、先保持恒定后增式和开口向上的抛物线形）进行模拟，如图3所示。

2. 结果与讨论

按照图3中的6种控制曲线，采用变压边力代替恒定压边力，压边力取值范围为50～125kN，每一种压边力控制曲线下工件的增厚率、减薄率见图4。从图4可以看出，随着拉深过程的进行，凸模圆角部位和侧壁部位在拉深3s以后逐渐增厚，拉深4s后凸缘部位厚度逐渐增大，拉深8s后，工件基本不再增厚，而减薄率仍在增大，这势必会影响到最终工件的质量。

通过表3可以看出，采用曲线6（开口向上的抛物线型）在板料增厚和减薄方面都控制得较理想，半球形件质量最好，厚度分布比较均匀，最大增厚率和减薄率分别为22.4%和12.2%，其成形极限见图5。采用曲线2（先保持恒定后减式）半球形件质量最差，最大增厚率和减薄率分别为32.2%和12.9%。曲线5（先保持恒定后增式）虽然合理控制了起皱现象，但最小壁厚减薄率已达到13.1%。

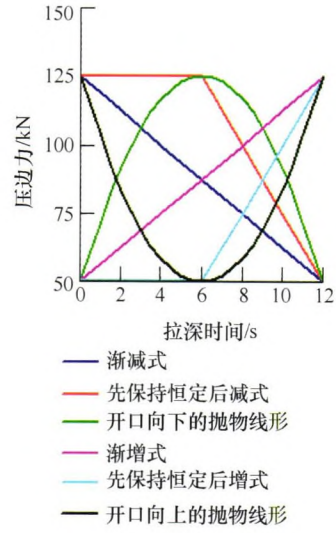
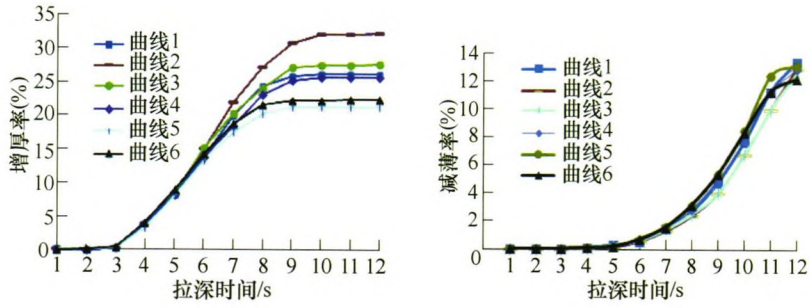


图3 6种不同压边力控制曲线



(a) 增厚率　　(b) 减薄率

图4 不同压边力控制曲线下的工件厚度变化情况

表2 恒定压边力下的拉深模拟结果

序号	压边力/kN	最大增厚率（%）	最大减薄率（%）	拉深结果
1	140	58.0	8.0	断裂
2	130	40.1	9.9	有断裂危险
3	125	34.0	10.6	完好
4	62	25.7	14.4	完好
5	45	21.2	15.2	起皱
6	40	20.3	16.3	严重起皱

表3 6种压边力控制曲线的最大增厚率与减薄率

序号	压边方式	最大增厚率（%）	最大减薄率（%）
1	曲线1	26.1	13.4
2	曲线2	32.2	12.9
3	曲线3	31.6	12.6
4	曲线4	25.7	12.9
5	曲线5	21.3	13.1
6	曲线6	22.4	12.2

3. 结语

（1）在恒定压边力作用时，存在一个压边力安全区域50～125kN，使得半球形件不发生起皱与拉裂。压边力低于50kN，起皱为限制成形性能的主要因素，高于125kN，减薄和断裂成为限制成形的主要因素。

（2）对于半球形拉深件，采用变压边力可明显提高工件成形质量。通过对比6种变压边力控制曲线对半球形件拉深模拟结果可发现：采用曲线6（开口向上抛物线形），半球形件质量最好，厚度分布较均匀，最大增厚率和减薄率分别为22.4%和12.2%。

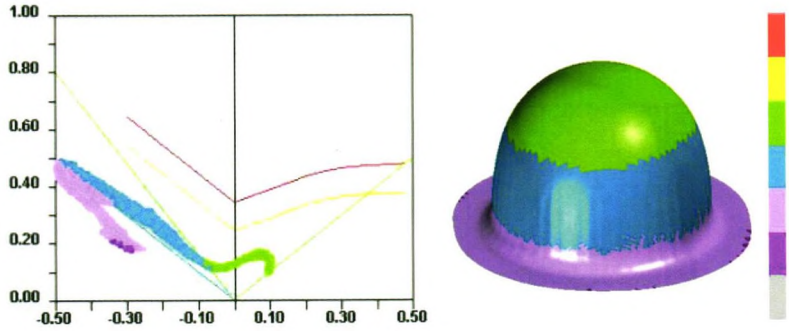


图5 采用曲线6控制方式下的拉深成形极限

参考文献：

[1]吕盾，陈炜，姜银方，等.变压边力控制技术的研究现状和发展趋势[J].模具工业，2006，32（4）：37-41.

[2]郝爱国，周朝辉，曹海桥.浅球形件成形的数值模拟[J].热加工工艺，2009，38（1）：91-97.

[3]王孝培.冲压手册、[M]2版.北京：机械工业出版社，1999.

[4]孙成智，陈关龙，林忠钦等.利用变压边力控制技术改善盒形件成形性能[J].上海交通大学学报，2003，37（12）：83-86.

作者简介：魏良庆、蔡友莉、乔旭安，重庆科创职业学院机电工程学院。

MW 20140728

锻压专业征稿启事

《金属加工（热加工）》一直秉承《机械工人》“以实用性为主，来源于实践，服务于生产”的报道方向，主要选登实用性强、具推广意义的技术文章。

《金属加工（热加工）》现面向广大锻压工作者征集关于冲压车间、冲压优化及工艺、热冲压生产线、多工位冲压及自动化；精锻生产线、锻造流程生产、零部件锻造工艺、锻造生产转型升级；钣金数字工厂、钣金上下料矫平检测、激光钣金工艺、钣金成形难点等策划约稿，文章一经录用，将在策划期次及时发表。

另外凡涉及锻造、冲压、钣金等设备与工艺、先进生产管理、锻压行业发展探讨的文章均可向我刊投稿。

稿件一经录用，稿费从优（不收取版面费）。《金属加工（热加工）》为国家级期刊，发表论文可用于技术职称评定。

《金属加工》编辑部



联系电话：010-88379798转623 王老师

工作QQ：2224882613

投稿方式：1. rb1950@126.com 2. www.metalworking1950.com