3.6.2 冲头力比较

图 3-10 是拉深至 15mm 时，液压拉深技术与传统拉深技术拉深过程中的冲头力曲线。从图中可以看到，在拉深的过程中无模液压拉深技术均比传统拉深技术的冲头力要大。这是由于在液压拉深成形过程中，冲头力除了要成形零件外，还需要承受液体腔中的液体抗力。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

第四章　各个参数对液压拉深成形的影响及液压拉深装置

4.1 各个参数对液压成形的影响

从前述的对比分析可知，由于液压拉深过程中存在“摩擦保持效果”、“溢流润滑效果”等，所以液压拉深技术相比传统拉深成形技术能提高板材的可成形性和零件质量。然而，在液压拉深过程中，成形效果同样受多种工艺参数的影响。和传统拉深过程一样，其拉深效果受冲头速度、毛坯外形、压边力等的影响。此外，在液压拉深过程中还受液体压力、冲头与毛坯之间的距离大小、冲头与上压边圈内圈之间的侧隙大小的影响。在本节中，将通过有限元模拟的方法进行液压拉深中的参数对成形影响的规律性分析。

4.1.1 初始预胀形对成形的影响

在液压拉深的初始预胀形过程中能产生软拉延筋效果和反拉深的效果，从而能提高拉深件的表面质量和极限拉延比。图 4-1 是液压拉深中产生拉延筋效果的原理示意图。这种反胀作用使得在拉深的过程中产生了类似拉延筋的软拉延筋，而且这种软拉延筋具有摩擦力小，拉延筋处无刚性摩擦力的优点，因此软拉延筋是一种理想的拉延筋，影响板料成形过程中的应力应变分布，在

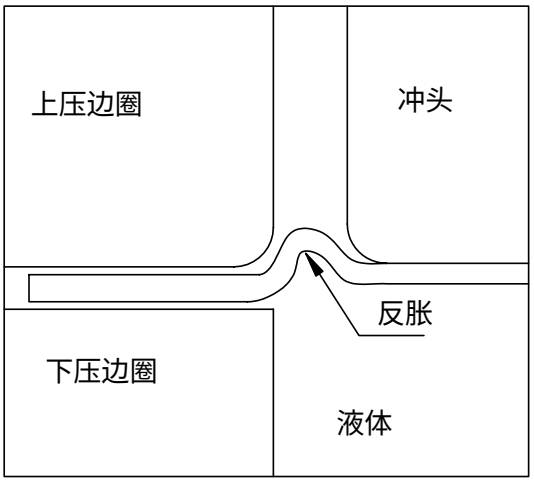


图 4-1　液压拉深中的反胀作用

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

液压成形过程中这种软拉延筋的存在可以减小板料起皱、破裂等缺陷的产生。

当预胀形的高度较大（即初始时冲头与毛坯的距离较大）时，初始的预胀形阶段就相当于一次浅拉深，而随后的拉深则是反拉深阶段了。这样，在冲头下压拉深阶段金属材料的流动方向与预胀形阶段时的材料流动方向相反，有利于抵消拉深成形的残余应力。此外，预胀形后靠近冲头处的毛坯表面积增大，有利于在较小的液体压力下实现毛坯紧贴冲头，加大盒形件内壁与冲头之间的摩擦力，减小已变形的盒形件的底部和角部的变形。

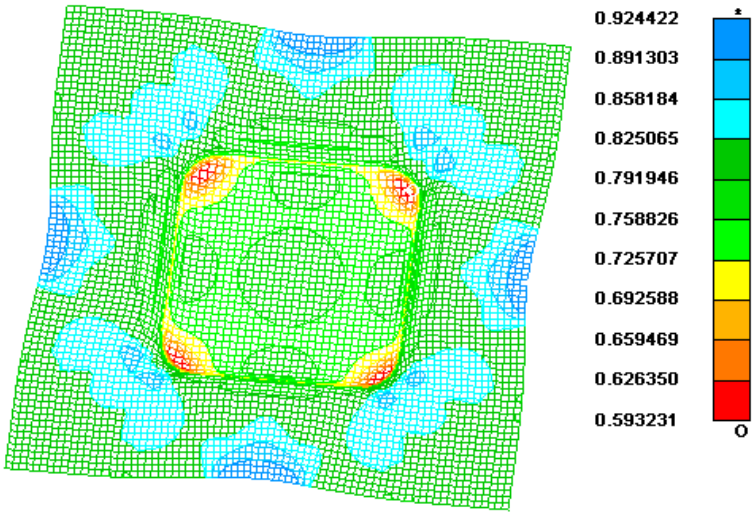


图 4-2　有预胀形的液压拉深

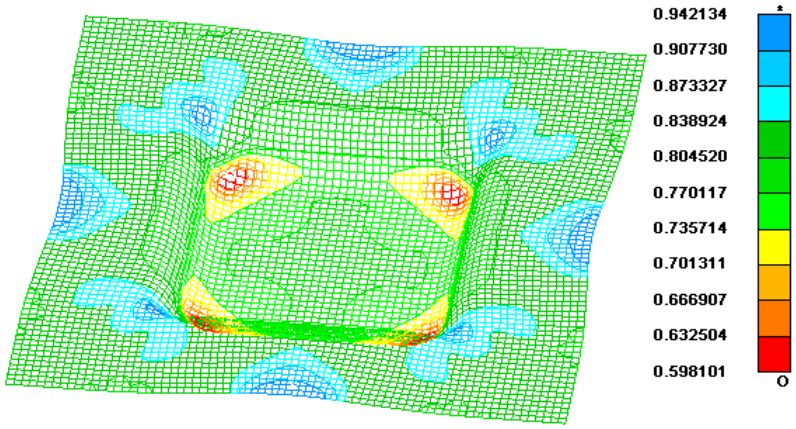


图 4-3　没有预胀形的液压拉深

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

在本节中采用有限元方法分别对有预胀形和没有预胀形的液压拉深进行了数值模拟。在两个模拟中均采用了预胀形压强为 1MPa，最大压强 6MPa 的压力曲线。图 4-2 是有预胀形的液压拉深得到的盒形件的厚度分布图。图 4-3 是没有预胀形的液压拉深得到的盒形件的厚度分布图。可以看出使用有预胀形的液压拉深，盒形件的壁厚相对稍薄。有预胀形的液压拉深其侧壁处的厚度范围是 0.7257mm 到 0.791946mm，而没有预胀形的液压拉深的侧壁厚度范围是 0.735714mm 到 0.838924mm。液压拉深盒形件口部圆角处的最大壁厚处为 0.86mm 左右，而没有预胀形液压拉深的盒形件其口部拐角处的最大壁厚处为 0.9mm 左右。这是由于预胀形能很好控制材料流动，所以使用有预胀形的液压拉深，盒形件口部拐角处不易出现褶皱和局部严重变厚等现象。此外，在本节中还对同样的毛坯进行了预胀形压强为 6MPa 的数值模拟，在拉深过程中出现了侧壁拉裂，这说明过大的预胀形力也不利于盒形件的成形。

4.1.2 冲头与毛坯的距离大小对成形的影响

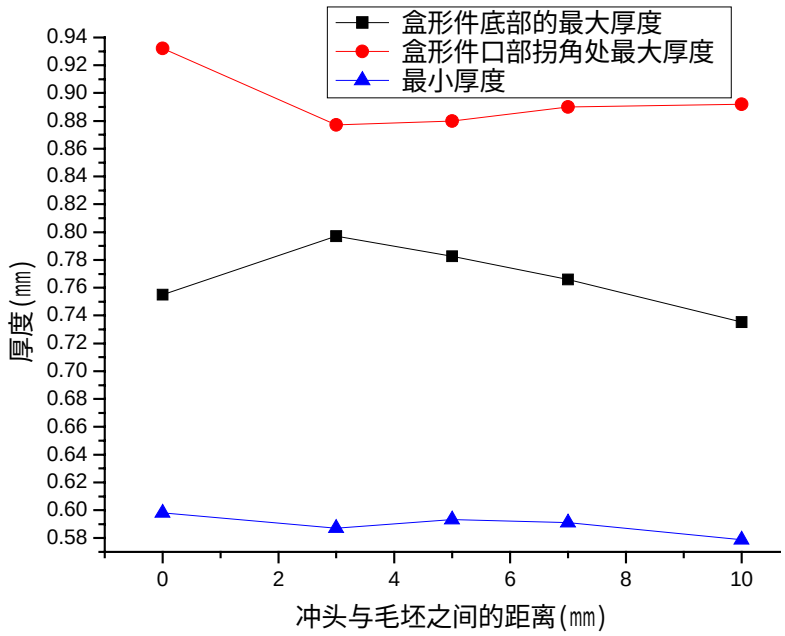


图 4-4 冲头与毛坯之间距离对成形壁厚的影响

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

为了说明冲头与毛坯之间的距离大小对成形的影响，本节针对冲头与毛坯之间的距离为 0mm、3mm、5mm、7mm 和 10mm 时的液压拉深分别做了模拟。模拟中取预胀形的压强为 1MPa，最大压强为 6~7MPa。将盒形件拉深至 15mm。其结果如图 4-4 所示，可见当冲头与毛坯之间距离取 3mm 时可以获得较好的拉深效果。

在液压拉深初始阶段，冲头与毛坯之间的距离决定了初始预胀形时盒形件的预胀形的深度。预胀形有助于调整径向拉应力和切向压应力、控制材料流动，但是胀形深度太大会使壁厚很大程度上减薄，继续拉深的过程中容易产生拉裂。当冲头与毛坯之间距离较小时，随着两者之间的距离增大，拉深出的盒形件的口部拐角处厚度逐渐减小，这样减小了起皱趋势；而随着两者之间的间距继续增大，盒形件口部拐角处的厚度又逐渐增大，引起这一部位的厚度明显大于其它部位，并增大了拐角处的起皱趋势。

4.1.3 成形过程中液体压强对成形的影响

液压拉深相对传统拉深的最大优势是由于有液体压力产生的背压作用，在拉深的初始阶段可以形成软拉延筋；在拉深进行到一定阶段后液体背压作用下又可以在毛坯和冲头之间形成“ 摩擦保持效果 ”，这种效果的存在能减轻盒形件和冲头接触区域的变薄趋势。而传统拉深中盒形件易发生破裂的区域也正是这一区域，因而液体的背压作用能提高板材的拉延极限，使拉延产品的壁厚分布更加均匀。

根据液体压强的大小，液压拉深过程可分为两个阶段：初始的预胀形阶段和接下来的冲头下压拉深阶段。对于无模液压拉深工艺而言，这两个阶段中液体都需要充当下压边圈的作用。然而，在这两个阶段中液体的作用也有不同的地方。在初始的预胀形阶段中液体主要是提供软拉延筋的效果和反胀作用。在拉深阶段中液体主要是将毛坯压向冲头，形成“ 摩擦保持效果 ”。

为了探讨液体压强对液压拉深成形的影响，本节中分别针对不同的胀形压强做了两组模拟分析。第一组模拟中采用的液体压强最大均为 6MPa，初始胀形阶段的压强分别为 0.5MP、1MPa、2MPa 和 5MPa 及 6MPa。图

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net