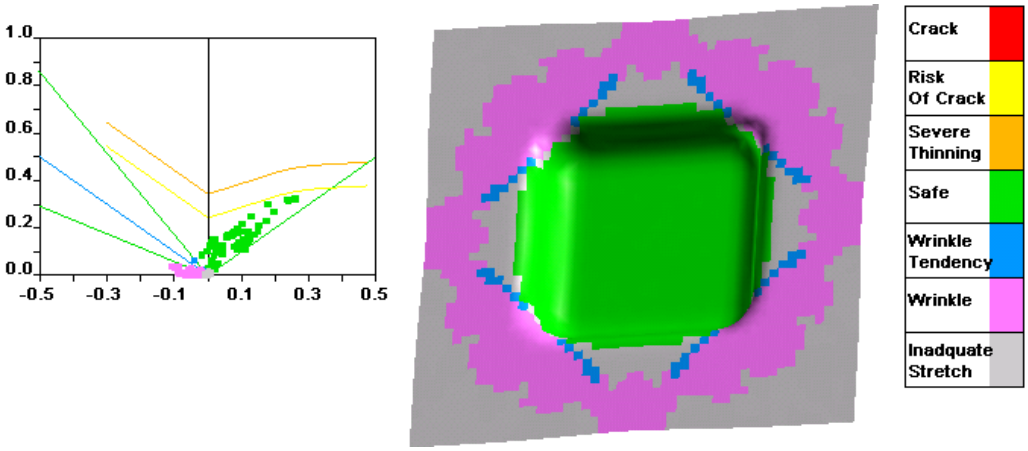


图 3-5 压边力为 5.3KN，拉深深度为 15mm 时的 FLD 图

3.4.3 和 Joachim Danckert 的实验对比

由图 3-3 知，当压边力达到 19.6KN，拉深到 15mm 时，盒形件将会出现拉裂缺陷。而当压边力减至 10.4KN 时，拉深到 15mm 时，虽然没有出现拉裂，但是已经有了局部严重变薄现象，也就是颈缩现象。而当压边力进一步降低至 5.3KN 时，拉深出的盒形件基本没有缺陷，这与 Joachim Danckert 的实验完全吻合。这也证明了使用 DYNAFORM 对盒形件的拉深过程进行模拟及在模拟中使用虚拟冲头速度是完全可靠的。

3.5 液压拉深过程的数值模拟

由本论文的 1.3.4 节知，自 20 世纪 50 年代开始研究液压拉深技术以来，到现在人们已经提出了近十种液压拉深技术。各种液压拉深技术都有其特点。但是在所有的液压拉深技术中都存在“ 摩擦保持效果 ”，这个区别于传统拉深技术的共同特点。无模液压拉深技术是丹麦 Aalborg 大学提出的一种液压拉深技术。此种技术由于不用考虑法兰处的液体的流动及压力特性，

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

因而边界条件较简单。这使得易于对这种拉深技术进行实验和模拟研究。所以相对其它液压拉深技术而言，更容易分析“摩擦保持效果”对拉深成形的影响。这种单一的边界条件也使得更易从分析中得出液压拉深过程中的规律。在本节中将对此拉深技术的拉深过程进行数值模拟。

3.5.1 工艺参数

为了同上述的传统拉深过程相对比，本节的模拟中采用的板坯材料、尺寸及摩擦系数和 NUMISHEET’93 提供的资料相同，具体参数见 3.1 节。毛坯、上压边圈和冲头的尺寸参数也和 NUMISHEET’93 中的尺寸参数相同。网格划分同上，为了加快模拟速度，虚拟冲头速度取 2000mm/s。

为了有较好的液压拉深效果，在拉深的初始阶段进行了预胀形。对于液体室内的液体，取预胀形压强为 3MPa，最大压强为 12MPa。液体加载与冲头速度曲线如图 3-6 所示，对盒形件的拉深深度为 15mm。

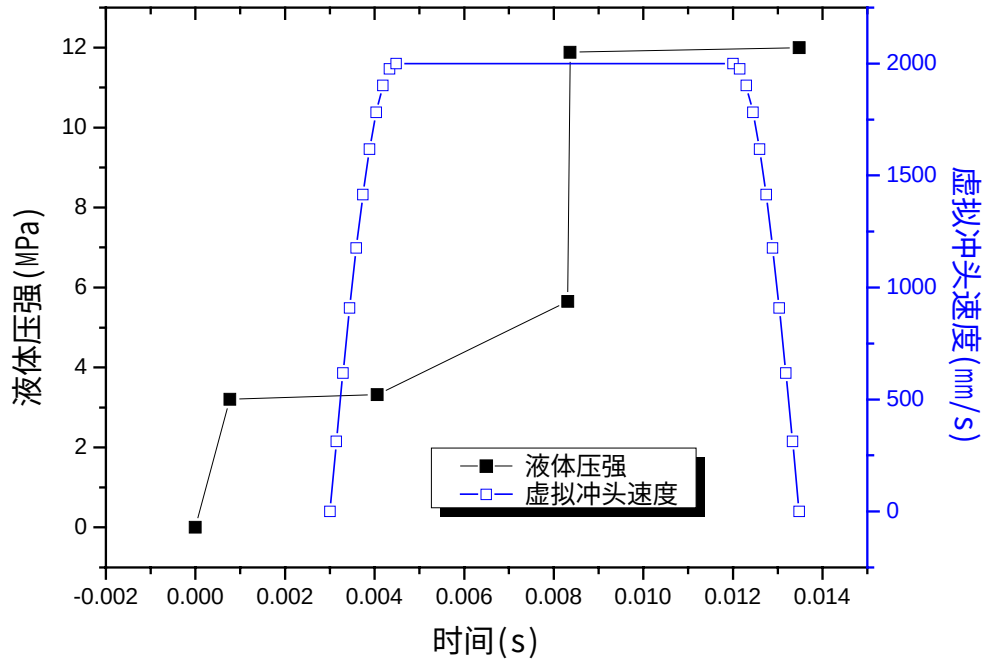


图 3-6 液体加载与冲头速度曲线

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

3.5.2 模拟结果 FLD 图

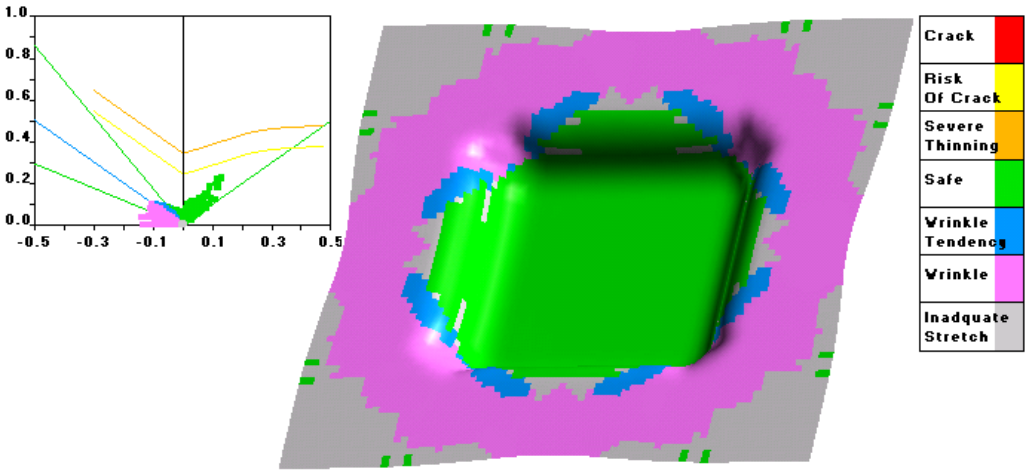


图 3-7 液压拉深 FLD 图

图 3-7 是使用 DYNAFORM 软件模拟得出的 FLD 图。从图中可以看出在液体压强最大为 12MPa 的液体压力下，当对盒形件拉深至 15mm 时，获得的工件没有出现拉裂、起皱及严重变薄的现象。得到的盒形件的内腔也和冲头的形状非常接近，相对传统拉深有更好的形状精度。在下一节中附有本模拟得出的工件的厚度分布图。

3.6 液压拉深过程与传统拉深过程的对比

3.6.1 盒形件的壁厚

图 3-8 是压边力为 5.3KN，拉深至 15mm 时的壁厚分布图，图 3-9 是采用液压拉深技术拉深至 15mm 时的盒形件的壁厚分布图。使用这两种方法拉深出来的工件，其厚度最薄的区域均出现在零件底部圆角处，这是由

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

于在拉深的开始阶段，由于盒形件的底部和冲头之间有摩擦力，在圆角处承受了较大的拉应力，会产生变薄。而后来，此处承受较大的拉应力，而且还在此处产生了应力集中。因此，在零件底部圆角处最薄。另外，从两个厚度分布图中还可以看到，对于拉深出的盒形件，液压拉深技术获得的工件的侧壁厚度要大于传统拉深技术获得工件的壁厚。而且液压拉深技术获得的工件的侧壁厚度范围是 0.779746mm~0.705429mm，与之相对的传统拉深技术获得的壁厚范围是 0.744676mm~0.595777mm。明显前者的壁厚分布更加均匀。而且当拉深至 15mm 时，采用液压拉深技术获得的工件的最薄处较传统拉深技术的壁厚要大。这是由于在液压拉深中，加大了盒形件底部和冲头之间的压力，同时也使得盒形件的侧壁和冲头侧面之间的作用力大大地得到了提高。这样也提高了相互之间的摩擦力，因而盒形件侧壁在拉深过程中所承受的拉应力也相应地减少了。所以采用液压拉深技术获得工件的侧壁处在继续拉深的过程中厚度变化较小。这也使得可以应用液压拉深技术获得更大的拉延比。

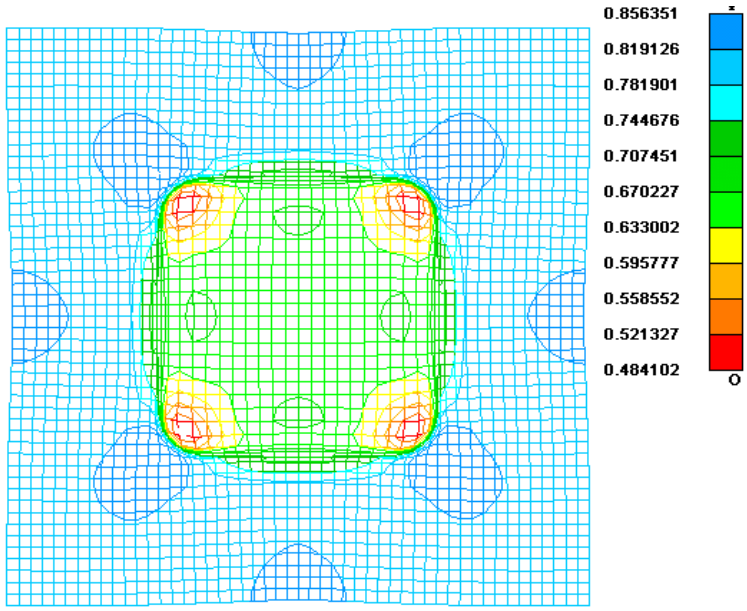


图 3-8 压边力为 5.3KN，拉深至 15mm 时的壁厚分布

另外，由于摩擦力较大，所以液压拉深过程在盒形件的内壁处的材料流动相对较小，盒形件的外壁没有和凹模相接触，这两点保证了液压拉深

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

获得的盒形件有更好的表面质量。然而，从模拟中也可以看到使用无模液压拉深技术进行拉深时，液体压强如果控制不当就会在盒形件的口部拐角处出现褶皱。这是由于拉深过程中在拐角处变形的抗力较大，在传统拉深、充液拉深和液压机械拉深中的刚性的凹模拐角能对拐角处产生很大的法向抗力，冲头的压力将促使其变形。无模液压拉深技术没有凹模，这种抗力是由液体压力来实现的，而过大的液体压强会导致直边处的材料不流动，造成侧壁拉裂。

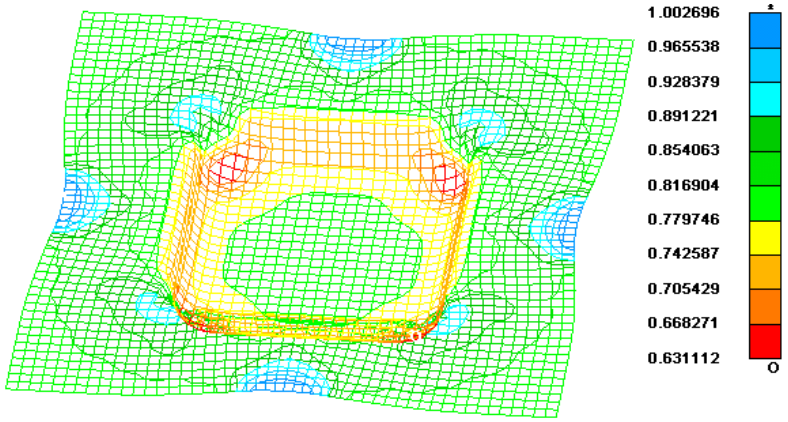


图 3-9 液压拉深至 15mm 时，盒形件厚度分布

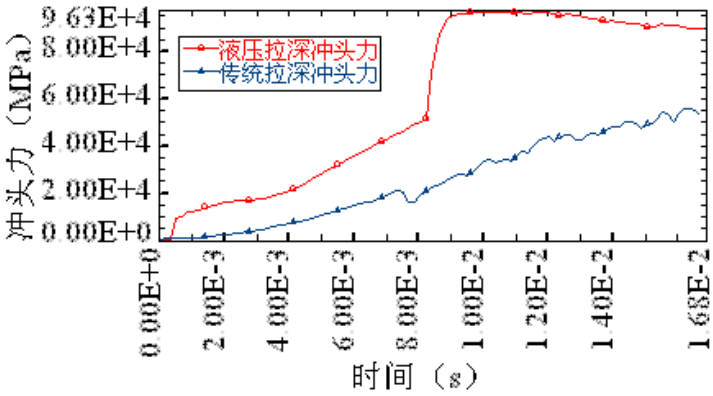


图 3-10 液压拉深和传统拉深过程中的冲头力曲线

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