

通过模拟建立对液体硅橡胶成型的信心

1 背景

现如今，组件的有效开发越来越依赖于模拟。资源分配精确的早期设计模拟，可以通过减少原型阶段对迭代循环的需求来节省大量资金，从而简化整体模具设计的验证过程。本研究旨在展示如何利用Moldex3D模拟在产品研发阶段用先发制人的方式应对挑战。

2 研究过程

Moldex3D最新决定，它可以进一步提升其帮助成型行业的能力，并与美国信越有机硅公司和合作伙伴M.R.Mold&Engineering合作，并确定他们可以领导了解成型问题的工作。信越提供了一种光学液体硅橡胶（LSR），用于检查工具、填充和固化缺陷。经判定，最好使用一个展示模具，该模具旨在突出可能出现的大多数成型问题，包括空气陷阱、喷射、不平衡、短射、闪光和不均匀固化，这些问题通常在日常LSR成型操作中可见，并且探讨了如何通过Moldex3D模拟解决这些问题。在卧式压力机中使用了一个四腔模具，其中两个腔面向天空，另外两个腔朝向地面。由于LSR的黏度较低，因此强调了成型过程中重力的影响。

该工具已经构建完成，因此重点是如何通过Moldex3D模拟解决这些成型挑战。如果在开发阶段早期就知道这个问题，那么就会采取不同的研发方向以规避或解决这些问题。

随后，合作伙伴们开始进行一系列模拟，以帮助他们关注确实存在的问题，以及模拟如何帮助他们及早预防这些问题。在第一次模拟中，如图1所示，观察到空气滞留在零件中间。尽管在分型线中有足够的通风口，但有时由于浇口位置的原因，空气会滞留在型腔中间，无法进入通风口。即使在抽真空的情况下，由于加热LSR会释放出气体，这些挥发物会在模具表面留下残留物，因此这些后期填充也会产生问题。在

某些设计中，这还可能潜在的问题，因此必须在产品开发早期审查浇口位置、尺寸、熔体黏度、填充时间等。因此，在产品开发阶段，必须尽早通过模拟审查浇口位置、尺寸、熔体黏度、填充时间等，并找到解决这些问题的方法。

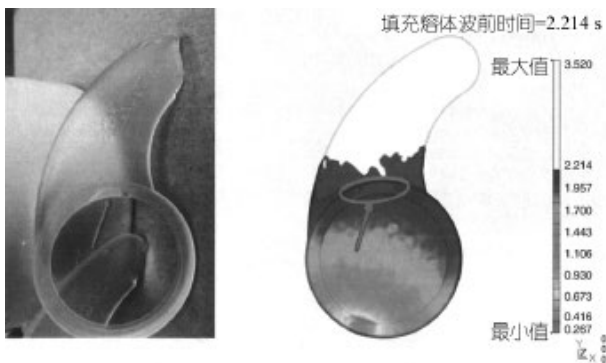


图1 实际部件与模拟的空气疏水阀对比

在本案例中，如果在制造工具之前通过模拟了解了填充模式和空气截留情况，就很有可能沿零件圆周采用不同的浇口，以确定是否有助于空气从通风口排出，而不是积聚在型腔中间。通过Moldex3D的实验设计（DOE）和优化，可以指定目标和变量，Moldex3D技术可以提供答案。例如，测试人员可在模拟中标示特定区域，并要求软件消除任何可能夹杂空气的区域。变量可以包括20~30个门电路的位置计划，并确定哪一个是最合适的。仿真软件会自动运行所有这些闸门设计，并巧妙地从之前的迭代中吸取经验教训，引导团队找到最终解决方案。在这种情况下，它会在切割工具钢之前找到消除空气陷阱的优化闸门。

随后决定，根据之前出现的夹气问题，操作员可以尝试加快该部件的填充速度。3秒钟的填充时间导致了喷射。当黏度低、速度高时，就会出现这种情况。材料从较小的浇口流向较大的壁厚。如图2所示，在此期间熔体前沿不稳定，材料会喷射到对面壁的空隙中。这也会导致部件内部出现不一致的气泡和夹带物，很难消除。

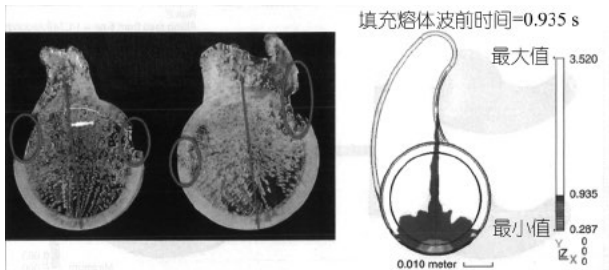


图2 实际部件与模拟不一致的喷射对比

可以通过减缓填充速度（这将导致剪切力降低）或改变浇口位置/样式的方式（这将改变流动模式）来减少或消除喷射。重要的是在切割钢材前进行模拟，以优化浇口并消除生产中的喷射问题。在这种情况下，最好设置一个浇口，让熔体前端以一定角度撞击“墙壁”，而不是让材料直接流入一个开放空间。

在这种情况下，由于模具已经建好，所以为时已晚，唯一的办法就是减慢填充速度。填充时间增加到15秒，减少了喷射，但却导致了另一个问题：填充不平衡。由于重力的影响，面向天空的顶部两个模腔填充均匀，而面向地面的底部两个空腔由于重力和低黏度的影响而出现下垂问题。重力影响随着填充时间的延长而增加（填充速度较慢），这种影响在模拟中精确捕获的低黏度材料中更为明显，如图3所示。此图说明了生产和模拟之间的不平衡，其中软件捕捉到了重力影响。

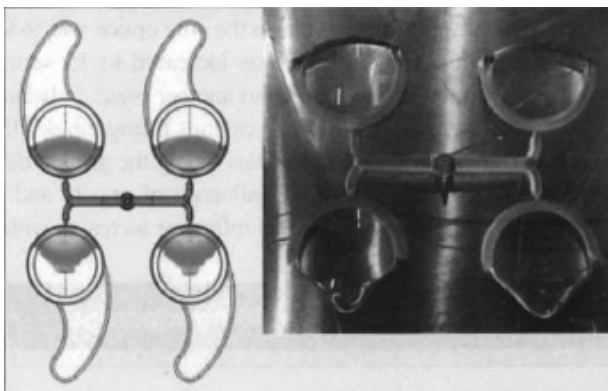


图3 填充过程中由于重力和液体硅橡胶黏度较低而导致的不平衡

如图4所示，由于重力作用，底部两个空腔的填充速度较快；而黏度越低，底部两个空腔的填充速度则越慢。这也会加快熔体流向其他未填充型腔的速度，并可能导致顶部型腔出现未填充/短射现象。在某些模具中，型腔之间或型腔内部的这种不平衡可能会缩短加工窗口。评估模具温度也很重要，因为它会影

响聚合物的黏度/温度和流型。随着填充时间的延长，这种影响会加剧不平衡。

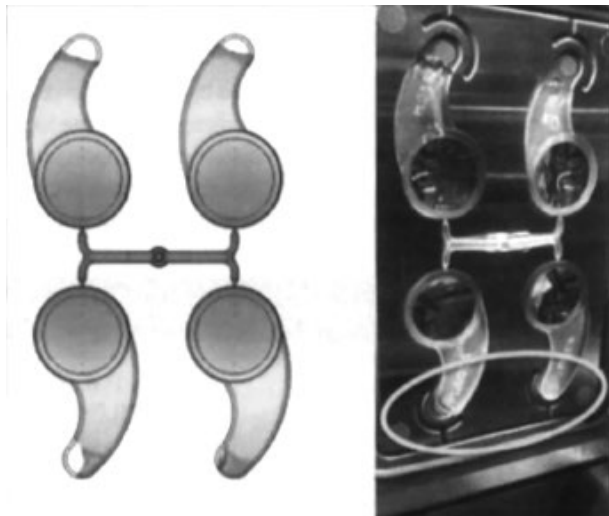


图4 不平衡可能导致底部空腔出现闪蒸，顶部空腔出现未填充现象

如果在该模具制造之前就进行模拟，测试人员就会决定以不同的方式确定部件的方向，如图5所示，这样所有四个腔体的重力影响就相同了。但此时为时已晚。不过，测试人员还是通过运行模拟来检查理论是否正确，结果证实是正确的。如图6所示，这样就可以利用卧式成型机均衡地填充所有型腔。

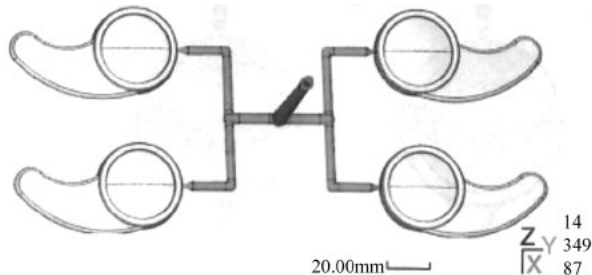


图5 零件定向设计，使所有型腔受到相同的重力影响

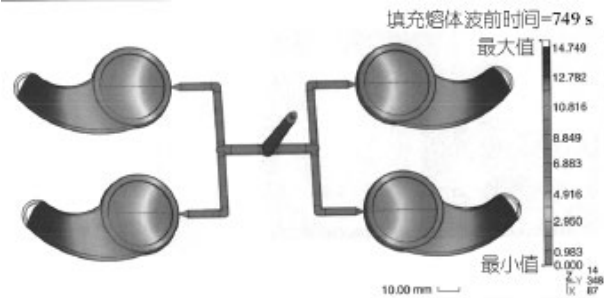


图6 使用卧式成型机对所有型腔进行平衡填充

由于本次展示研究中的模具已经制造完成，要避免不平衡和喷射，唯一的选择就是在填充时间较慢的

立式注射机中运行。如图7和图8所示，模具在立式注射机中运行时，没有出现重力影响或下垂现象，与卧式注射机相比，充填更加平衡，图中显示了实际生产和模拟充填的进展情况。

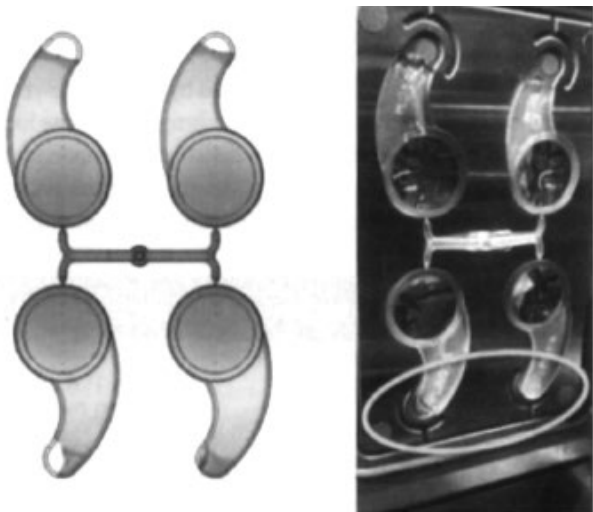


图7 使用立式成型机在所有型腔中平衡填充过程

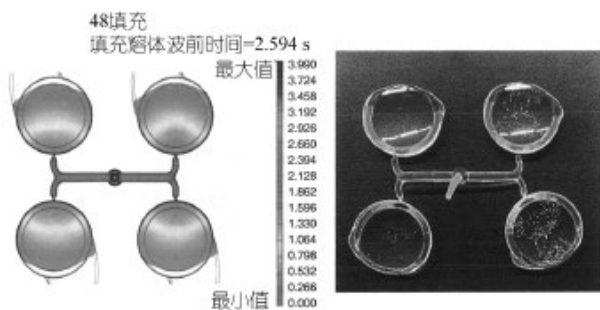


图8 使用立式注射机在所有型腔中进一步均衡填充；实际生产情况

最初，该模具的周期为60 s。这导致部件中心的固化区域较晚固化。如图9所示，该区域的壁厚较大，因此，除了这部分较厚的核心部分外，大部分零件都在周期结束时固化。较长的填充时间导致快速固化有两个不同的区域：透明区域和固化速度更慢的区域（绿色阴影）。

然后决定评估部件中是否有足够的余热使模具完全固化。在这种情况下，产生的热量不足以实现充分固化。由于这是一个透明的LSR部件，因此可以看到实际部件中与空隙有关的缺陷，并与模拟结果进行比较，如图10所示。如果事先进行了模拟，测试人员就可以预测到这一情况，并优化加热器的位置和功率，以方便在这些较厚的部分进行固化。

此时，唯一的选择就是增加循环时间。试验结果表明，如果在原来60秒的循环时间基础上增加15秒，



图9 60秒周期结束时的固化转换；模拟

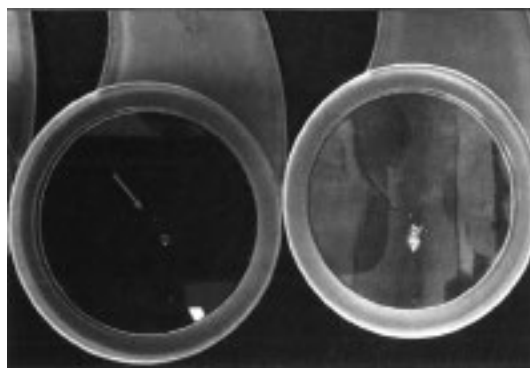


图10 实际部件与模拟部件的空隙对比

就能使包括较厚部分在内的部件完全固化，并能消除与空隙有关的问题，如图11所示。

3 结论

在美国信越有机硅公司、M.R.Mold&Engineering和Moldex3D的共同合作下，探索了光学液体硅橡胶



图11 实际和模拟零件之间的空隙比较；固化时间为60秒对比75秒

(LSR)成型所面临的复杂挑战，并提出了创新解决方案。重点是一个具有四个模腔的展示模具，其战略位置突出了重力对LSR成型的细微影响：两个朝上，两个朝下。模拟结果表明，改变零件的朝向可以平衡重力的影响，从而提供一种预防失衡的措施。研究最后强调了在模具制造前进行模拟的重要性，以积极预测

并有效应对成型挑战。

译者：章羽

原文：RUBBER WORLD No.12/2023, by Harshal Bhogesra, Moldex3D Northern America, and Robert Jovingo and Kevin Barbee, Shin Etsu Silicones of America

印度关税调整：MDI进口降税，从7.5%降至5%

近日，印度宣布自7月24日起对部分商品的进口关税调整情况以及未来6个月内对整体关税结构的审查计划。

重要亮点

MDI进口关税降低：印度将二苯基甲烷二异氰酸酯（MDI）的进口关税降低 2.5 个百分点至 5.0%，此为政府确定降低关税的原材料之一。

部分商品关税提高：自7月24日起，聚氯乙烯（PVC）柔性薄膜/横幅的关税从10%提高至 25%，硝酸铵的关税从7.5%提高至10%。

关键矿物免税：印度财政部长提议对25种关键

矿物实行完全免税，并降低同类中另外两种产品的税率。

电子产品相关调整：提议取消用于制造电阻器的无氧铜的基本关税。

政府审查关税结构：未来6个月内，印度政府将全面审查其关税税率结构，以实现贸易便利化、消除关税倒挂和减少争议。

BIS认证情况不明：目前尚不清楚修订后的基本关税结构将如何影响印度标准局（BIS）下各种化学品进口认证的实施。

摘编自“PUWORLD”