

Innovative Product Design and Robust Process Layout in Die Casting with Autonomous Engineering(三)

使用自主设计在压铸中的创新产品设计和稳健工艺布局(三)

Dr.-Ing. Horst Bramann, M.Sc. Laura Leineweber, Dr.-Ing. Jörg C. Sturm, MAGMA
Gießereitechnologie GmbH, Aachen, Germany

Abstract

摘要

Innovative automotive lightweight designs lead to a higher demand for the product and process development of die cast components. This is attributed to shorter and shorter product development cycles as well as the rising functional integration and complexity of structural die cast parts. The main objectives of the technically complex processes and tools in aluminum and magnesium die casting are cost and resource efficiency along with the robust fulfillment of the defined high-class requirements of the casting. In this context, casting process simulation is a well-established tool used to support tool design, part design as well as process development.

创新的汽车轻量化设计对压铸件的产品和工艺开发提出了更高的要求。这是由于产品开发周期越来越短，以及压铸结构件的功能集成和复杂性不断提高。铝合金和镁合金压铸的复杂工艺技术和模具的主要目标是提高成本和资源效益，并严格满足铸件的高标准要求。在该背景下，铸造工艺模拟是一种成熟的工具，用于支持模具设计、产品设计以及工艺开发。

本文以一个压铸结构件为例，展示了 MAGMASOFT® 5.4 自主设计的新方法如何满足压铸的以下需求：

- 更快地开发产品和工艺
- 在质量、产量和成本方面的最佳工艺和模具设计
- 稳健的工艺布局，比以往更佳的最大化质量再现性

1. 喷涂工艺的优化

结构件的特征在于较大、复杂和薄壁的几何形状，以及用于安装或紧固点的部分厚壁区域。在该背景下，最小拔模角度和对铸件表面质量的高要求给喷涂工艺带来了特别的挑战。具有高优先级的是防止由于传统水性喷涂而引起的热冲击导致的过早模具损坏。

MAGMASOFT® 5.4 允许对喷涂工艺进行详细优化。可以对模具的表面温度进行详细分析，或评估各个模具区域的润湿性，以优化关于冷隔、孔隙度和模具焊接的铸造质量。MAGMASOFT® 5.4 还允许评估模具部件的变形或优化局部模具的使用寿命。

对于结构件，模拟所用的模型通过喷涂工艺过程的真实显示得到扩展，包括有喷雾锥角的定向喷嘴、喷涂回路和喷涂循环，参见图 10。

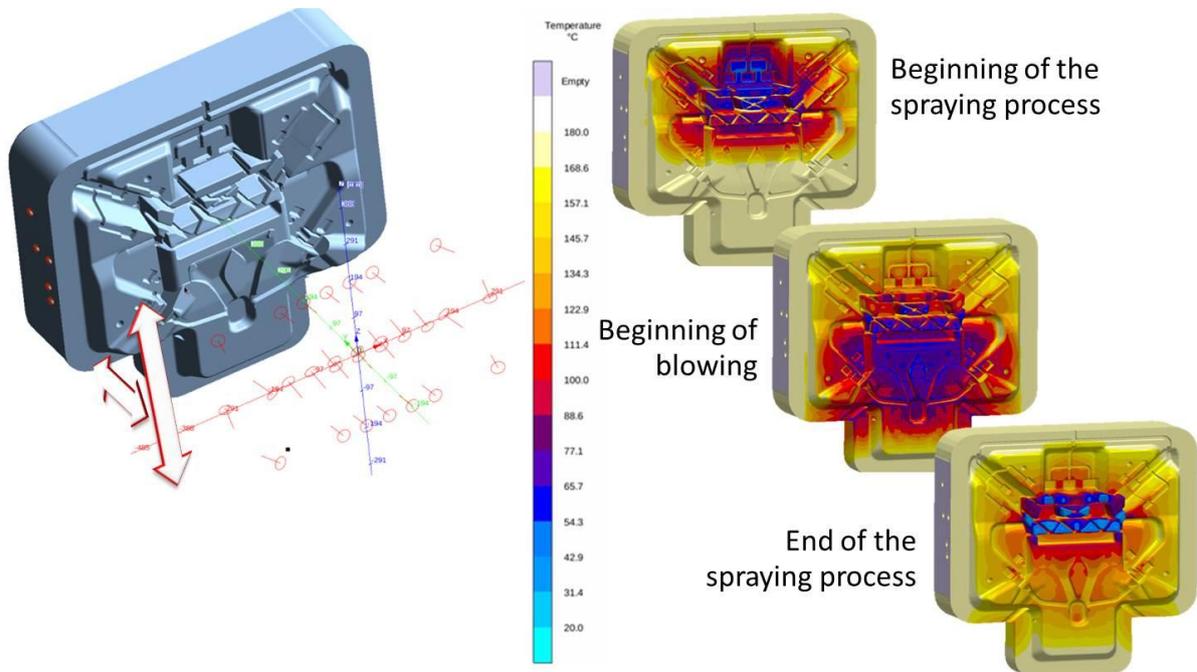


图 10: 喷涂工艺的示意图, 包括单个喷涂锥角、喷涂回路和喷涂循环, 并显示喷涂工艺过程中模具的局部表面温度

对表面附近区域温度测量点的分析说明了喷涂工艺与内部模具温度控制相结合的有效性, 参见图 11。假设理想的模具均匀初始温度, 在由于喷涂工艺而导致的表面热量散发之后, 由于模具中储存的能量, 在区域 1 和 4 中进行表面的再加热。特别是在内浇道附近的区域 3 中, 在整个循环内, 出现明显的温度滞后, 这涉及由热龟裂引起的过早模具损坏风险。区域 2 中添加的内部点冷却从模具中局部提取能量, 并减少模具表面的再加热。

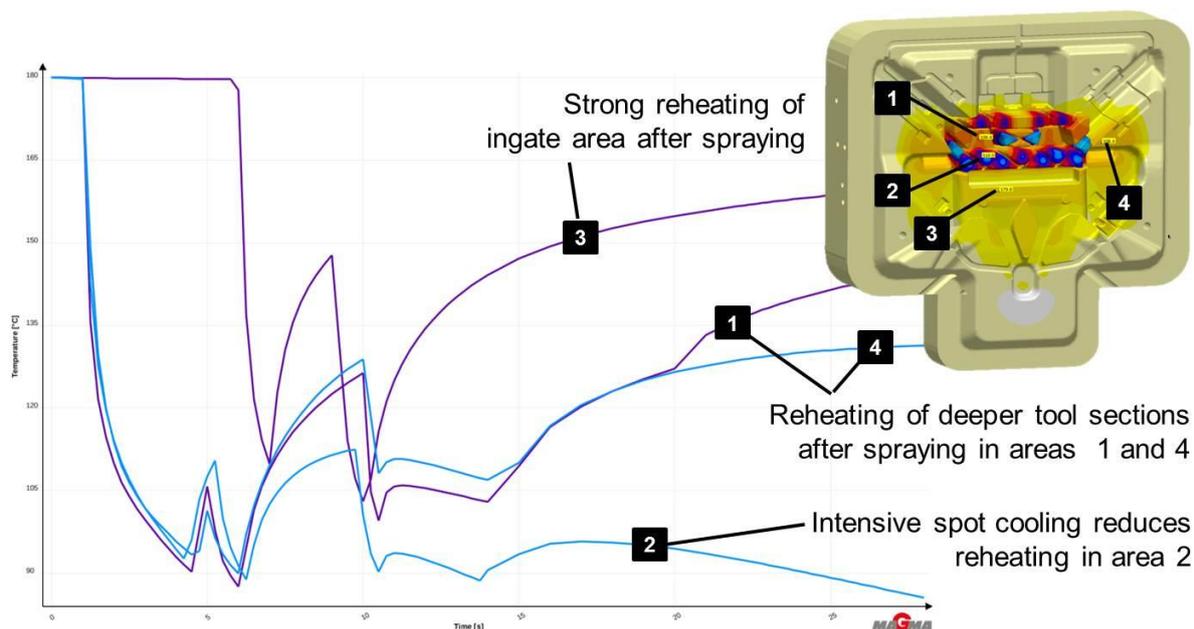


图 11：表面附近模具区域的温度曲线说明了喷涂工艺与内部模具温度控制相结合的有效性。区域 2 中的内部点冷却从模具中局部提取能量，并将模具表面的再加热水平降至最低。

2. 模具冷却管路的定量评估

在应用最小喷涂时，布置合适的冷却管路尤为重要。由于通过喷涂介质的热量提取最少，通过熔体引入的大部分能量需要通过内部冷却管路消散。冷却管路应同时确保铸件中所需的微观质量，实现最小的循环时间和最小的模具腐蚀，以及确保整体能耗最小的稳健的模具充型。

满足多个目标的解决方案可以通过透明度来实现，透明度涉及复杂冷却管路的局部影响以及其对实际机器可用设置（冷却介质的温度和流速）的依赖性。

图 12 示出了集成在 MAGMASOFT® 5.4（插入在复杂的冷却管路中）中的流动模拟。流量计算可以与充型模拟同时进行，也可以单独进行。除关于流动方向、速度、压力和温度的结果之外，流动计算主要提供在金属液界面处局部产生的有效传热。

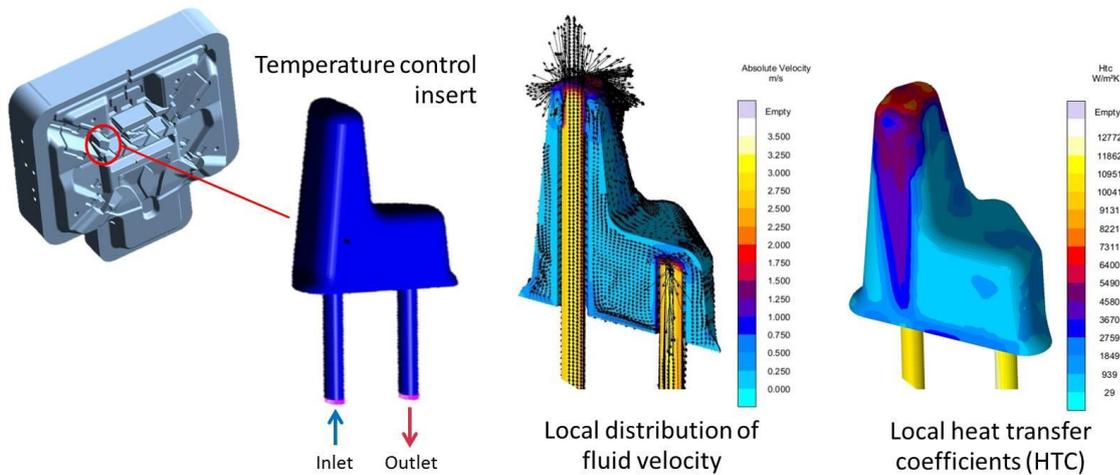


图 12: 根据局部流动矢量, 计算了金属液界面处的有效传热。

这些扩展的工艺知识允许对各种冷却管路进行系统、自动化的评估和优化。要分析的可能目标包括改善铸件质量、影响工艺时间（循环时间）的工艺条件, 以及模具腐蚀减少和能量平衡评估。在该背景下, 可能的自由度可以是几何形状、模具中冷却管路位置以及所有工艺条件的变化。图 13 以传热系数为例, 示出了冷却管路中不同流动情况对局部冷却能力分布的影响。流动传导冷却管路的使用可使镶件顶端冷却能力效果增加。

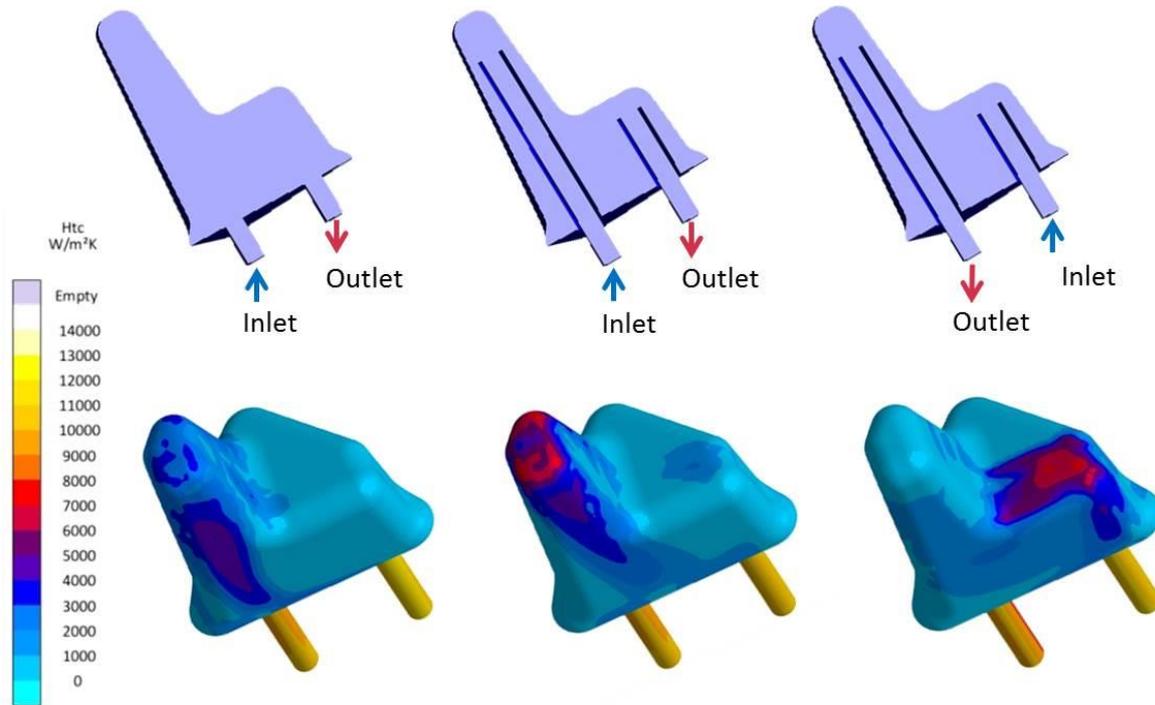


图 13: 冷却管路中的不同流动情况及其局部传热。考虑冷却介质在管路里流动可使镶件顶端冷却能力提高成为可能。

为了评估工艺稳定性，在虚拟试验设计中分析了不同流速（5 至 25 l/min，以 5 l/min 为速率）对关键铸造区域局部凝固时间的影响。图 14 中相应的主要效果图示出了凝固时间随着流速的增加而呈现非线性减少。对不同流速下冷却管路中压力分布的详细评估解释了这种情况的原因。随着流速的增加，系统中的压力损失增加，导致效率越来越低。

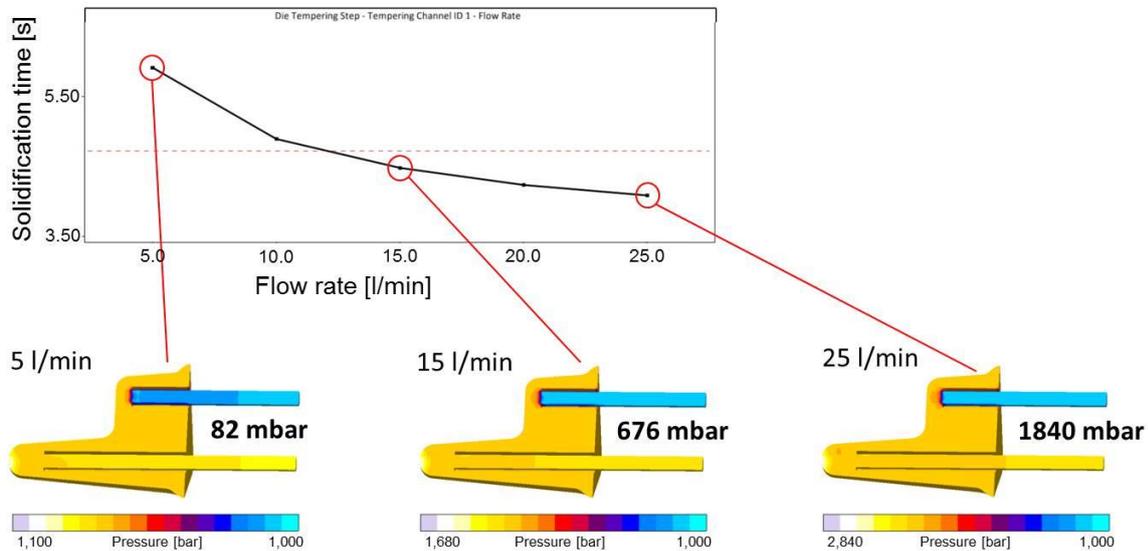


图 14: 冷却管路的主效果图，涉及不同流速对关键铸造区域局部凝固时间的影响。随着流速的增加，系统中的压力损失导致能量效率越来越低。

凝固时间[s]

3. 模具的热平衡

模具的热平衡以及整个系统的热稳定性可以用 MAGMASOFT © 5.4 中集成的能量平衡来评估，参见图 15。直观的概述允许分析和评估所有材料/材料组（例如铸件、铸造系统、模具的一部分）在整个工艺周期、各个工艺阶段或规定时间段内的能量交换。例如，可以直接比较和优化排放的能量，同时考虑通过内部冷却和外部喷涂在工艺循环过程中的成本效率。

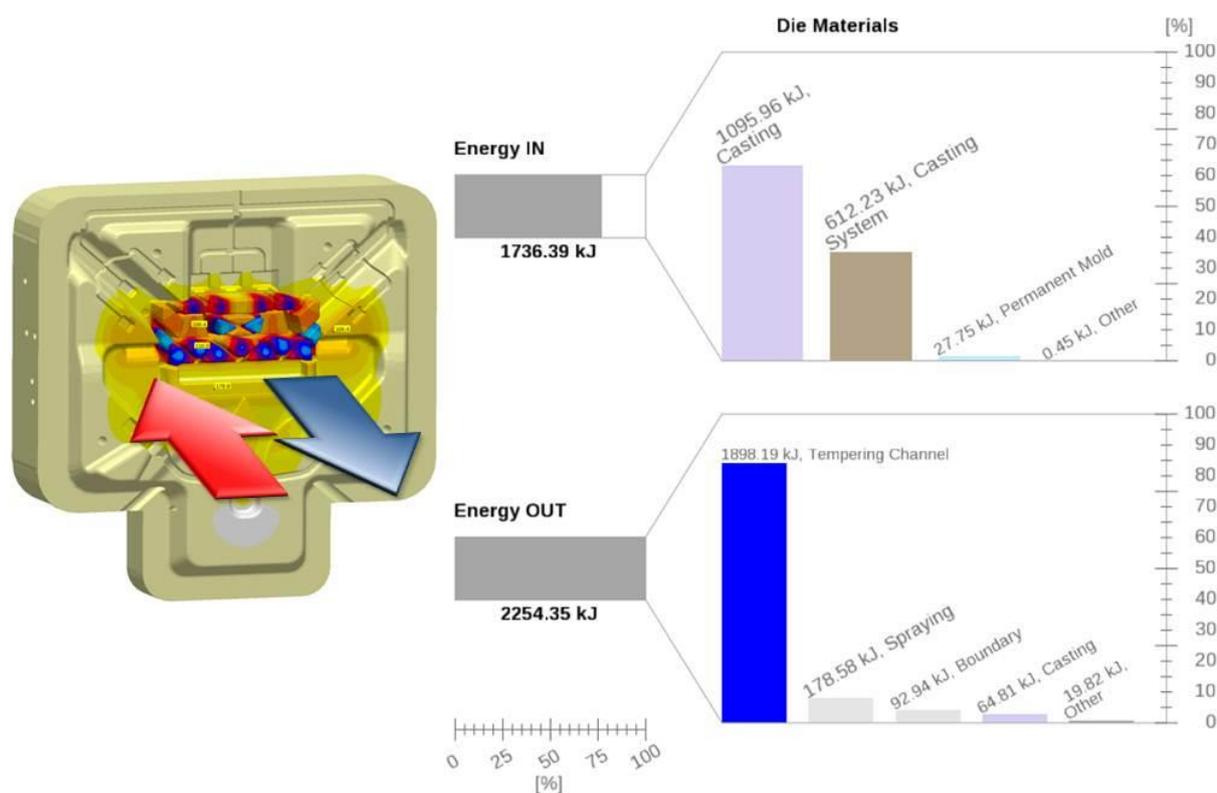


图 15: 能量平衡 - 材料/材料组（例如铸件或模具的一部分）在工艺周期、阶段或规定时间段内的能量交换

为了经济高效地使用铸造工艺模拟，需要使用这些选项。对于每个工艺布局阶段，模拟应“尽可能简单和详细”。MAGMASOFT®的自主工程方法支持详细任务的系统工作以及可靠技术解决方案的确定。对于变体或工艺条件的系统分析，建议对模拟模型进行适当的简化或粗化，然后使用详细模型验证确定的解决方案或替代方案。

总结

在高压压铸中，MAGMASOFT 的虚拟试验设计或自主设计是一种突破性的方法，该方法通过透明和定量的工艺知识，实现模具和生产工艺的优化和稳健布局。除确定可靠的技术解决方案之外，这种新方法还可以在质量和盈利能力之间权衡最佳方案，这是压铸一直追求的目标。因此，即使在计划阶段的早期，对于复杂的任务，也有可能生成关于铸件生产参数和质量标准之间相关性的系统知识，而且几乎没有经济或生产风险。

早期的安全决策支持产品开发人员和模具铸造人员设计稳健、经济有效和资源高效的产品和工艺。在规划阶段的早期应用此类虚拟生成的知识是 CAE 开发过程的基础，在该过程中，设计者和模具铸造者同时对部件和铸造工艺进行优化。