

Innovative Product Design and Robust Process Layout in Die Casting with Autonomous Engineering(四) 使用自主设计在压铸中的创新产品设计和稳健工艺布局(四)

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

稳健的产品和工艺

在结构件中，除资源和成本效率目标之外，有绝对优先级的是严格满足定义的质量要求。为了评估开发的铸造系统的稳健性和定义的标准工艺参数，虚拟模型通过关键工艺参数及其变量得到扩展。工程师定义了目标、要改变的自由度以及评估改进的质量标准。MAGMASOFT ©中试验或工艺窗口的最终虚拟设计分析是自主进行的，不需要用户的进一步操作，参见图 16。

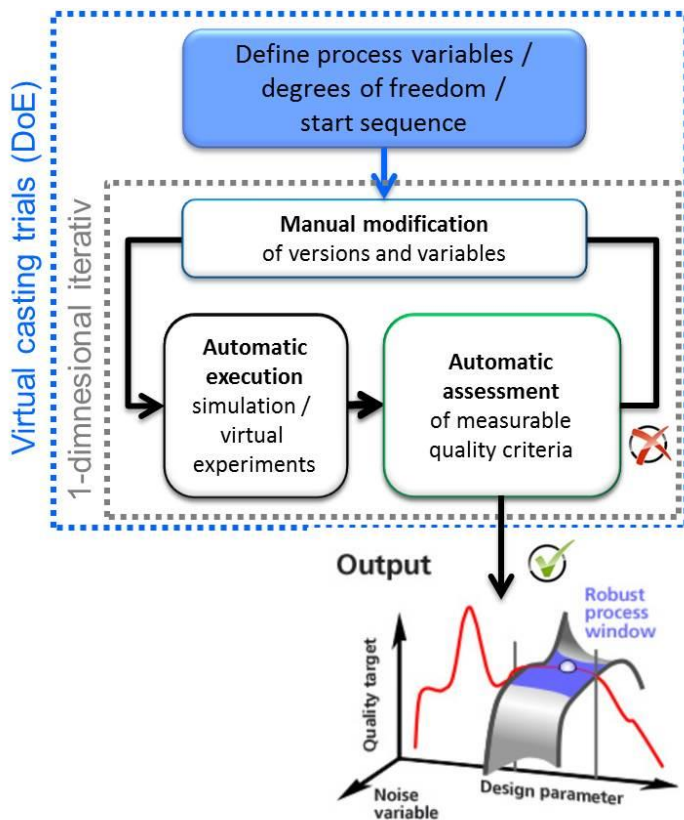


图 16: 借助于高压压铸中的虚拟工艺窗口分析, 进行系统的和有效的稳健性分析的示意图

为了能够更简单地评估铸造质量, 通过考虑评估区域来扩展铸造节点的模拟模型。这些评估区域衡量了特别感兴趣区域的计算质量标准。在该示例中, 这适用于底部的关键功能性厚壁连接点 (“评估区域 1”) 或对于充型过程至关重要的薄壁厚度 (“评估区域 2”), 参见图 17。根据从经验中获得的专门知识, 计划目标过程的压射曲线包括充型结束时的冲头减速, 以避免毛边, 参见图 17 中的压射曲线。

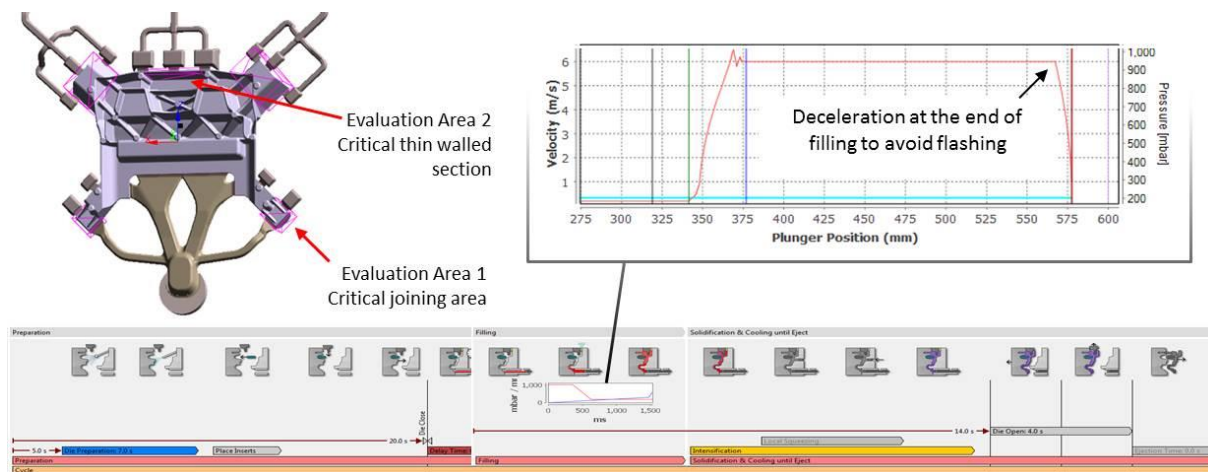
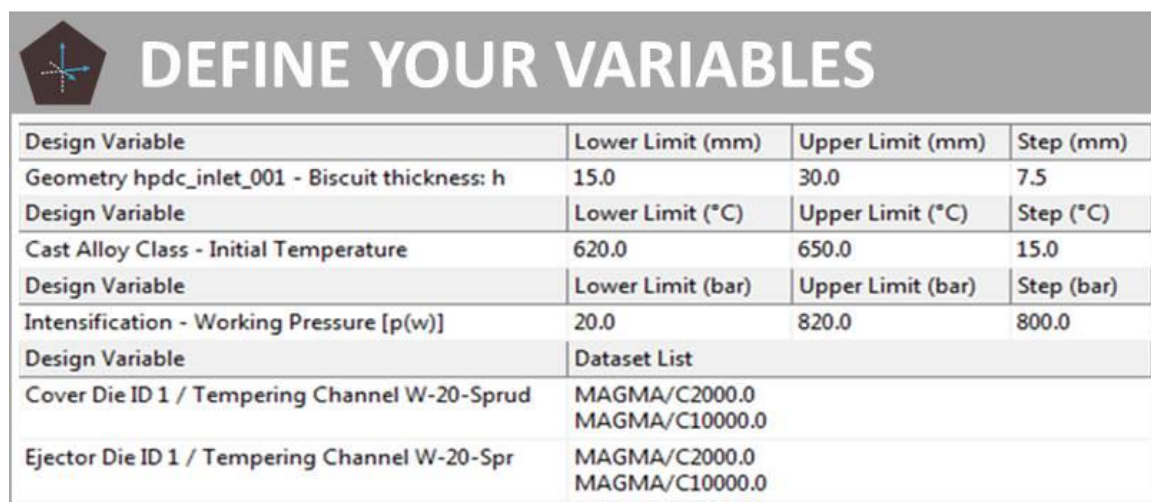


图 17: 通过“评估区域”扩展模拟模型，以便有针对性地评估关键铸造区域。连接节点目标过程的压射性质包括充型结束时的大幅度冲头减速，以避免毛边。

在下一步中，模拟模型通过关键工艺参数扩展，以进行变更和分析，从而获得相关的工艺窗口。在该示例中，模型的扩展考虑了给料量的变化（在模拟模型中定义为料饼厚度）、 $\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的浇注温度变化、不完全挤压（第三阶段）以及底部关键功能性厚壁连接点区域中点冷却强度的变化。指定了变量的下限和上限以及步长。定性参数或几何变化可以定义为可变的、有效的或无效的，参见图 18。



Design Variable	Lower Limit (mm)	Upper Limit (mm)	Step (mm)
Geometry hpdc_inlet_001 - Biscuit thickness: h	15.0	30.0	7.5
Design Variable	Lower Limit ($^{\circ}\text{C}$)	Upper Limit ($^{\circ}\text{C}$)	Step ($^{\circ}\text{C}$)
Cast Alloy Class - Initial Temperature	620.0	650.0	15.0
Design Variable	Lower Limit (bar)	Upper Limit (bar)	Step (bar)
Intensification - Working Pressure [p(w)]	20.0	820.0	800.0
Design Variable	Dataset List		
Cover Die ID 1 / Tempering Channel W-20-Sprud	MAGMA/C2000.0 MAGMA/C10000.0		
Ejector Die ID 1 / Tempering Channel W-20-Spr	MAGMA/C2000.0 MAGMA/C10000.0		

图 18: 用于评估生产工艺稳健性的虚拟试验设计的变量。每个变量的变化通过下限和上限以及步长来定义。

对于铸造节点，在全因子试验设计中对试验/工艺窗口虚拟设计的所有可能变量进行了分析。图 19 所示的相关矩阵总结了所有主要影响，即分析的过程变量对为结构部件定义的质量标准的影响。作为质量标准，对于模型中的所有材料（铸件、浇注系统、模具），可以使用 MAGMASOFT® 中可用的所有结果。

通过使用统计方法对所有变量进行定量比较，得到了可靠的结果，而且没有主观影响。斜率越大，单个图表的颜色越强烈，所考虑的参数对相应质量标准的影响就越大。

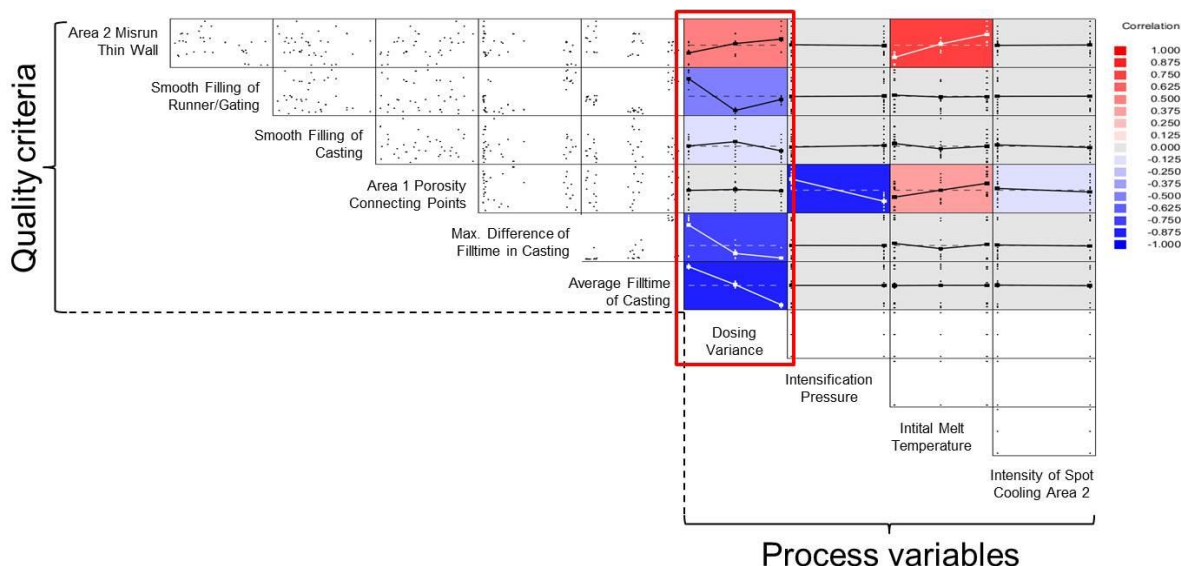


图 19: 相关矩阵概述了所有分析的过程变量对规定质量标准的主要影响。每个相关性的斜度和颜色强度描述了相应变量对质量标准的影响程度。

对于铸造节点来说，精确的给料过程对于所有相关质量标准的重要性是显而易见的。造成这种情况的原因是压射曲线随着给料量的变化而变化。过小的给料量会将整个压射曲线（加速开始到第二阶段和减速点）移至更早的时间，导致减速点从充型结束转移到铸造腔中。其结果是充型时间显著增加，同时也存在流痕和冷隔的相应风险。过大的给料量将不可避免地导致压射曲线移至更晚的时间。在最坏的情况下，这将导致编程的减速变得无效，并增加毛边的风险。

工艺变化的系统虚拟分析允许在铸造第一个零件之前就能生成真实的工艺知识。当然，全面的虚拟工艺分析比单独的模拟运行需要更长的时间。但是，在生产现场进行这样的分析是不可行的，或者没有经济意义。获得的知识支持稳健工艺的布局，并确保顺利生产。

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。