



SOLID[®]: 连铸&铸锭浇铸仿真

控制工艺提升品质

使用数字仿真来取代试错实验
节省时间&金钱

SCIENCES
COMPUTERS
CONSULTANTS



Solid® : 执行虚拟实验

评估冶金演化

Solid®是设计用于预测铸锭浇铸和连铸过程中的冶金演化的先进仿真软件。

由于金属冷却决定了合金的使用性能，因此控制凝固过程是关键。

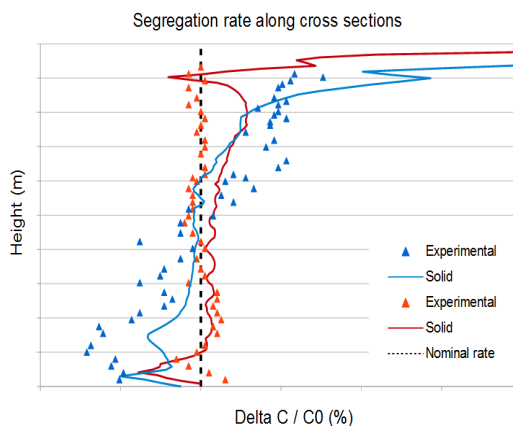
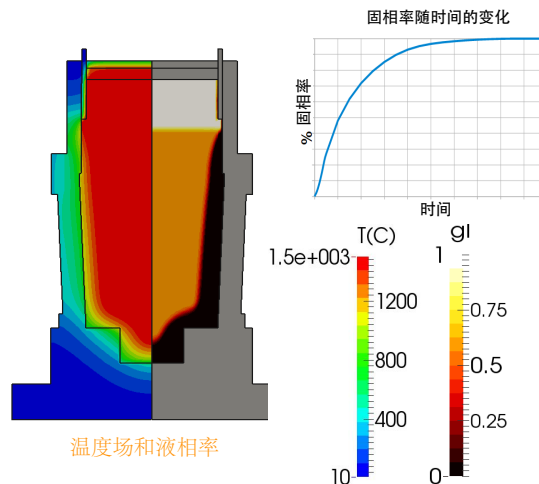
控制凝固

合金行业的目标是广泛应用的高性能材料（航空、航天、核能、汽车……）。Solid®软件允许使用于

- 理解控制工艺
- 提高产品质量
- 减少生产成本

Solid® 用于预测合金成分，根据：

- 偏析预测
- 凝固结构外观控制
- 工艺条件优化



沿截面的偏析率对比：实际工艺和模拟结果

调整所需的复杂性

作为一种用于计算物理规则的软件，物理复杂性由多个计算配置文件支持，可以求解特定的凝固现象。因此，如果需要，可以激活大多数这些现象，前提是：

- 所需详细信息的级别调整
- 适当的计算时间
- 合适的流程概况
- 快速的投资回报率

Solid : 工业背景

Solid®软件由SC-Consultants与IJL合作开发，它基于与冶金和铸造行业专家组的历史性合作项目-SOFT DEFIS项目。主要目标是始终满足工业期望。



SOFT DEFIS 项目参与方





Q550 铸锭和 SOFT DEFIS 项目：
铸锭的均匀性控制

凝固的关键步骤

钢铁制造商正面临着更严格的标准，他们的产品必须设计为具有增强和均匀的使用性能。为了达到这一目标并优化钢锭品质，必须能够控制铸造过程和凝固组织的发展。

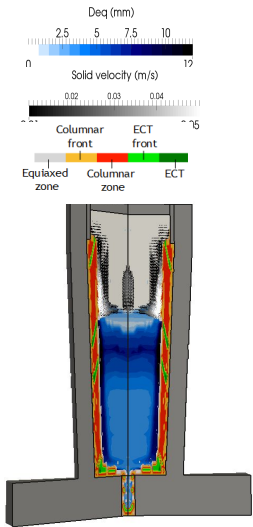
挑战

面临的挑战是提供一种预测工具，能够预测铸锭凝固结构、晶粒尺寸和碳偏析。在此例中，Solid®软件用于在SOFT DEFIS项目环境中模拟Industeel的Q550铸锭。与实验结果的相关性对比测试使得软件的开发及其应用值得新任。然后使用Solid®进行流程优化和放大问题。

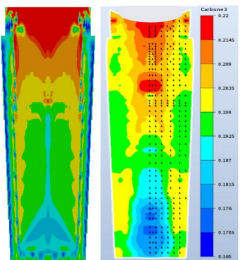
Solid®提供

借助介观和微观模型，Solid®可提供有关结构、晶粒尺寸、生长速度等的大量信息。Solid®结果可以理解这些尺度下的凝固，从而解释Q550铸锭中的最终偏析。Solid®结果与有关最终碳成分的实验数据之间的对比证实了模拟与实际过程的良好匹配。

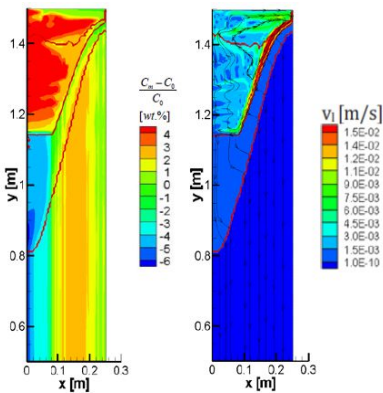
来自协作项目SOFT DEFIS（开发精细铸锭结构软件）



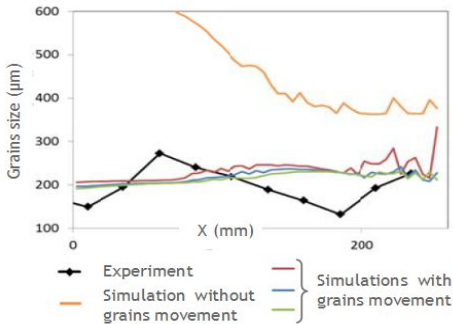
Solid 结果: 晶粒结构, 晶粒直径, 生长速度



计算与实际测量结果比较：碳偏析



Solid结果：偏析和速度场



晶粒运动模型对结果一致性的影响

- 黑色：实验结果
- 橙色：不考虑晶粒运动模拟结果
- 其他：考虑晶粒运动模拟结果

铝合金半连续铸造：
迁移行为对宏观偏析的影响

异质性 & 晶粒运动

铝合金半连续铸造可通过水冷快速凝固合金，获得实心金属带。最终产品内部的结构必须是同质的，以获得高质量，这些结构与凝固过程中的传输现象直接相关，尤其是固体晶粒运动的关键作用。

挑战

目的是使用Solid®分析半连续铸造过程中晶粒运动对异质性和宏观偏析形成的影响，以便能够预测这些不利影响。

Solid®用于模拟工业铸造EMPACT（欧洲铝铸造技术计划），以验证其晶粒尺寸和铝偏析预测，并与实验数据进行比较。

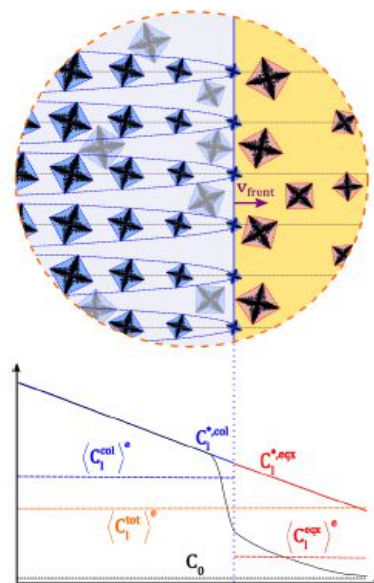
Solid®提供

由于特定的启动程序，Solid®可以快速达到聚焦稳态。Solid®提供了大量结果，如图所示，以便深入分析工艺过程并了解哪些现象是重要的。所示图表上的比较证实了凝固过程中晶粒运动模型的关键作用，以及Solid®结果与晶粒尺寸相关实验数据之间的良好匹配。

来自 "Etude de la formation des structures de solidification et des macroségrégations en coulée semi-continue d'aluminium" by M.BEDEL (2014)

Solid® 软件基于IJL的学术著作，目前仍参与多个研发项目，继续软件开发。这些与企业 and 科研伙伴合作的项目使Solid®能够受益于有关凝固物理模型的创新，包括：

- ◆ 晶核形成
- ◆ 晶核破碎
- ◆ 晶粒生长
- ◆ 晶粒运动
- ◆ 柱状晶-等轴晶转变
- ◆ 孔隙率效应



OpenSolid : 凝固仿真的将来

更精确

3D分析可以为铸锭模型提供新的输出和更高的精度，尤其是对于复杂的几何结构。为了满足这一需求，OpenSolid项目旨在将实体模型调整为3D框架。

OpenSolid面临的挑战是增强建模能力，并在每个研究和生产级别推广模拟实践。该项目由一个开放的工业池提供资源。



即将推出...

SCC公司更多软件技术信息可参考
<http://www.sccconsultants.com>



北京创联智软科技有限公司

电话：010—84470288
网址：www.iuitgroup.com
邮箱：info@iuitgroup.com
地址：北京市朝阳区东三环北路辛2号迪阳大厦902B室
邮编：100027

