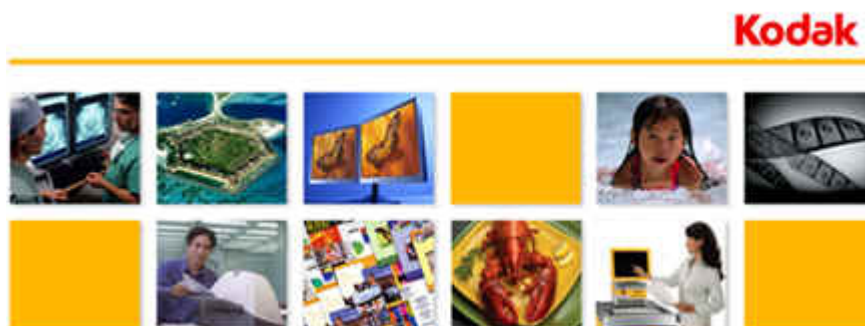


应用 *FLOW-3D* 于喷墨制程的热传 / 流体分析

作者: Christopher N. Delametter , KODAK



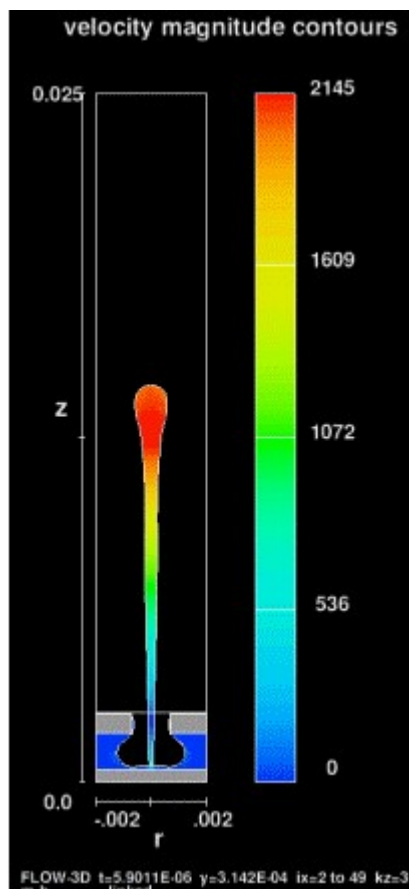
报告重点

- 1) 喷墨制程之模拟分析概论
- 2) 薄膜结构与相邻流体之间的热分析细节设定
- 3) 均匀热气泡模型的详细结果说明
- 4) 喷嘴设计的验证 (包含了 chamber structure, reservoir, 以及 nozzle)
- 5) 液滴生成模拟
- 6) 结论

一 喷墨制程的模拟分析

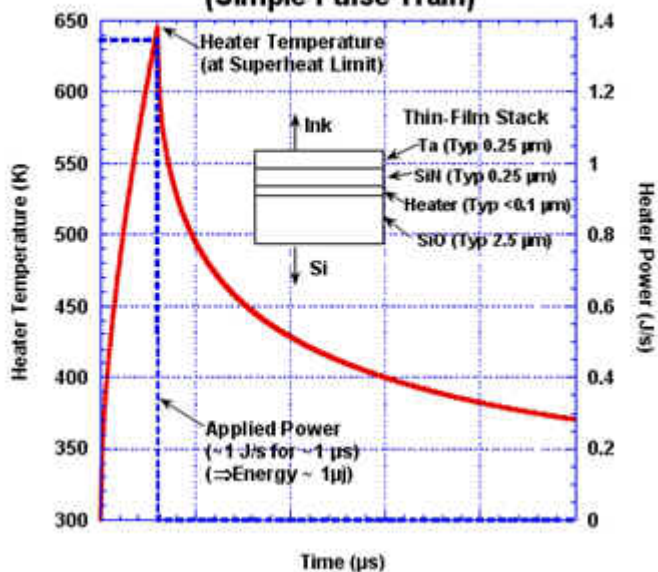
1. 研究分析软件采用 *FLOW-3D* 商业版本。
2. 分析时采用简化的轴对称流体模型仿真典型的热气泡喷墨制程机构
3. 在 $0 \sim 1 \mu s$ 之间, 施加能量于位在流体下方的薄膜堆栈电阻加热机构。
4. 大约在 $1 \mu s$ 时, 与加热机构相邻的流体达到过热温度限制, 并且开始形成气泡。
5. 气泡迅速膨胀, 驱动流体通过相邻的孔洞, 喷出液滴。
6. 气泡继续扩大, 当薄膜层不足以支撑气泡形成时, 气泡就会破裂。

Fig1. 喷墨过程的模拟 (FLOW-3D)

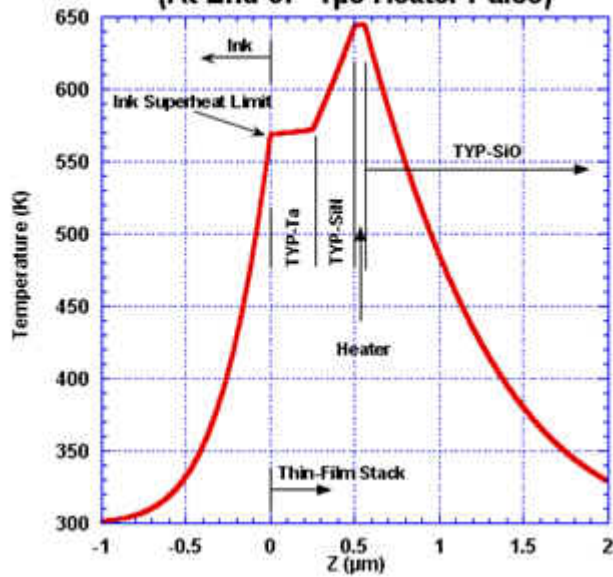


二 . 薄膜结构与相邻流体之间的热分析细节设定

Heater Power and Heater Temperature (Simple Pulse Train)

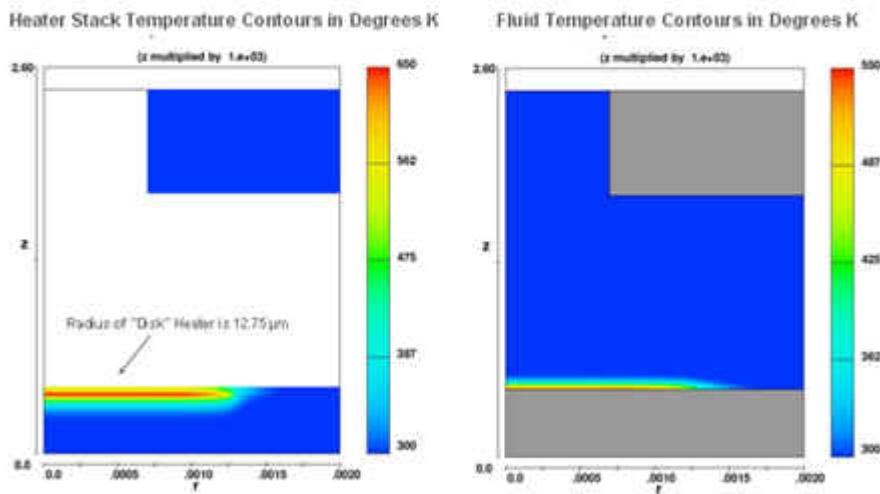


Thin-Film Stack and Ink Temperature (At End of $\sim 1\mu\text{s}$ Heater Pulse)



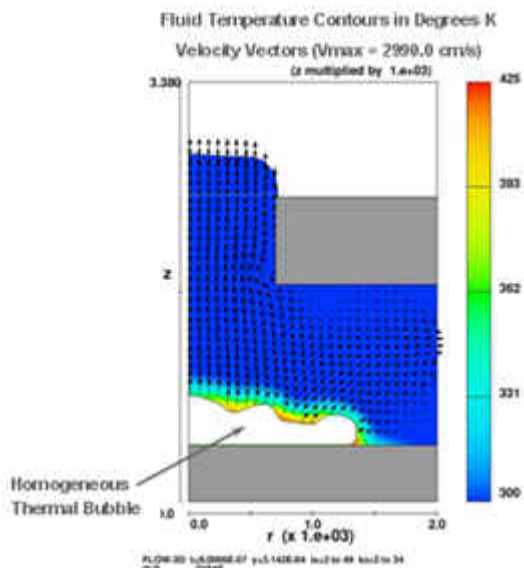
Heater Stack and Fluid Temperature

(Shown in 2D axisymmetric configuration – prior to bubble formation)



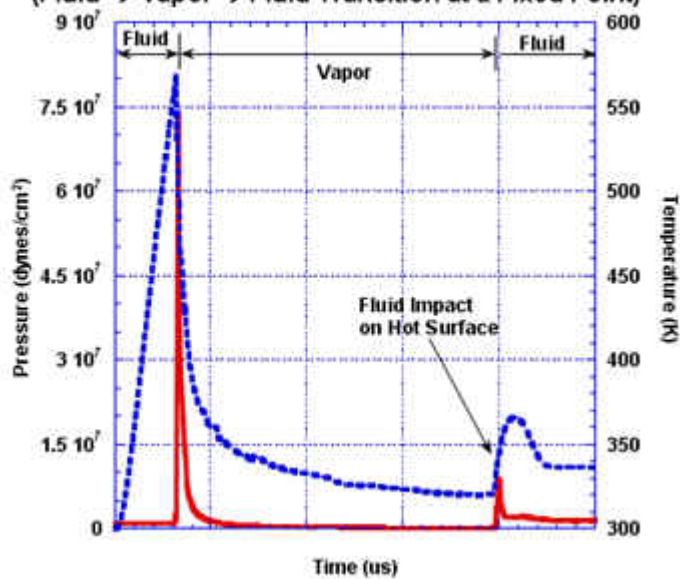
三 . 均匀热气泡模型的特征

- 当气泡开始形成时，流固界面温度达到预定的过热温度限制。
- 假设气泡为均匀的，并且为理想气体 (equation-of-state)，可由 Clapeyron 方程式描述的相变化饱和压力 加以说明。通过流体 / 蒸汽边界的质量流率可由动量定律求解而得。



Thermal Bubble Temperature and Pressure

(Fluid → Vapor → Fluid Transition at a Fixed Point)



Thermal Bubble Pressure at a Fixed Point (Enhanced Scale – Fluid → Vapor Transition)

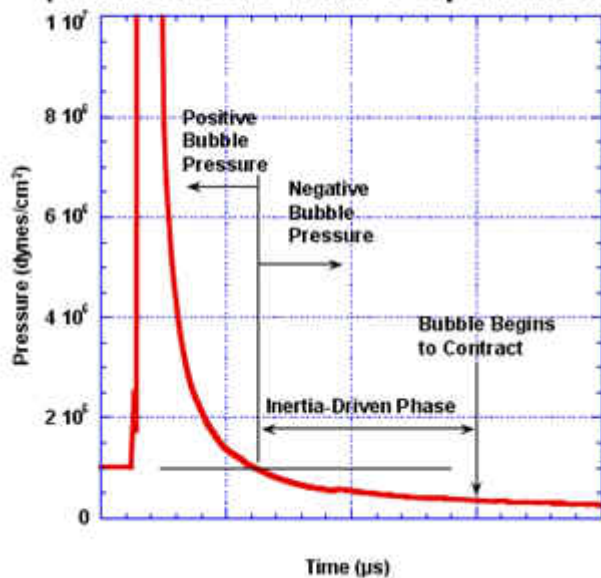
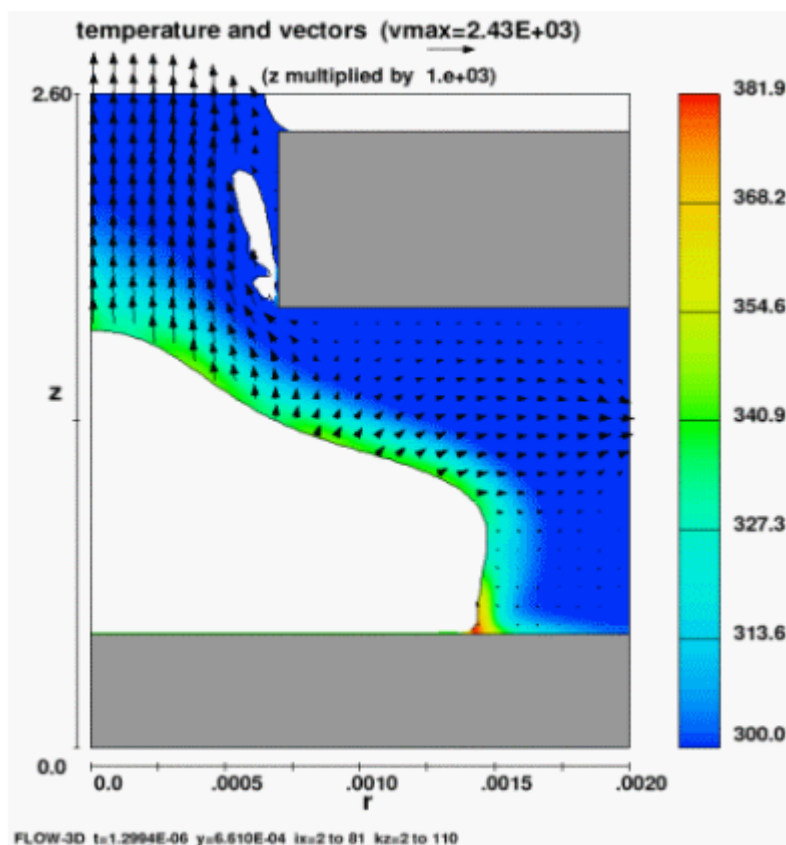


Fig2. 均匀热气泡的形成 (FLOW-3D)



四 . 实验验证

Fig3. Open Pool 实验 (2003 年完成 , 感谢 Dr. David Trauernicht 提供此实验照片)

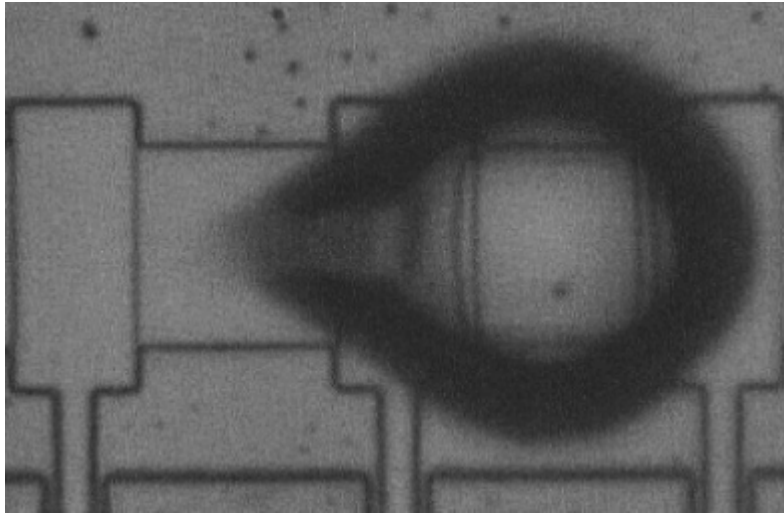
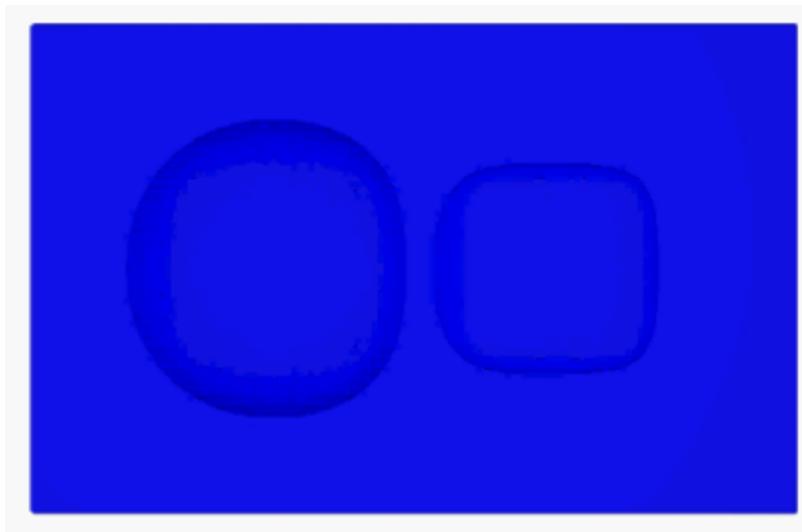
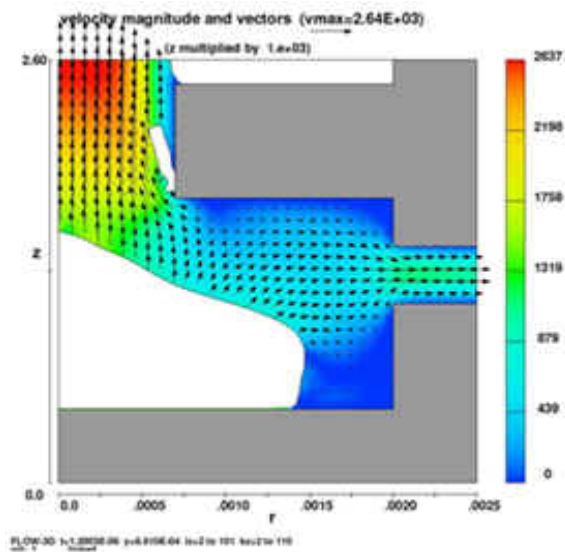


Fig4. Open Pool 模拟 (FLOW-3D)



Ejector 设计的考虑重点



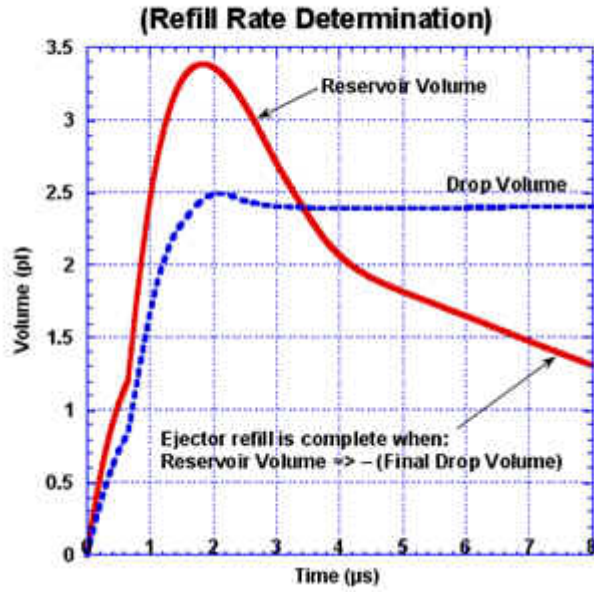
输出特征:

- 1) Drop Volume and Velocity
- 2) Drop Quality
- 3) Maximum Firing Frequency

关键设计参数:

- 1) Chamber Height
- 2) Nozzle Plate Thickness
- 3) Nozzle Shape
- 4) Reservoir Impedance
- 5) Heater Size

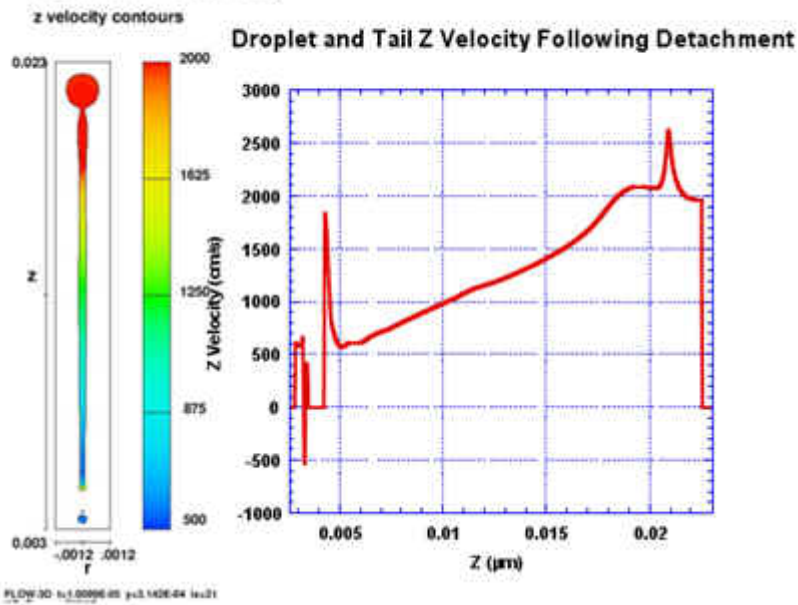
Ejector Drop and Reservoir Volume Tracking



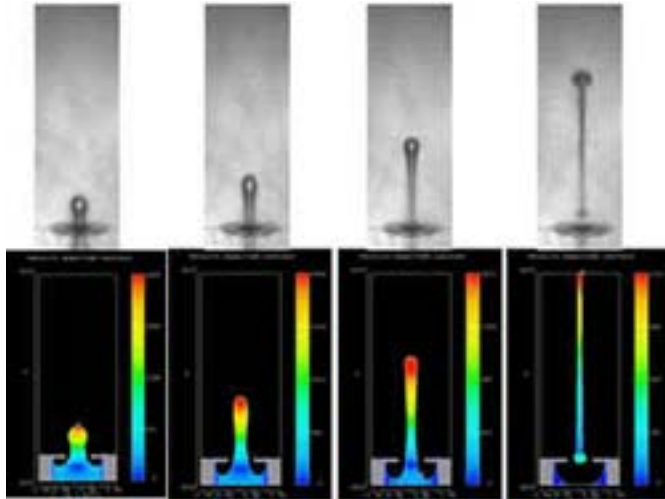
五 . 液滴生成模拟

Drop Quality Prediction

(Satellite Formation)



之前的模拟与结果对照 (circa 2002, 分析结果与实验比对相当合理)



感谢 Dr. David Trauernicht 提供此实验照片

六 . 结论

- 1) *FLOW-3D* 提供柯达 (Kodak) 相当完善的技术支持以及相关的研究协助, 并且能够在有限的时间内提供相 当可靠的研究数据。
- 2) *FLOW-3D* 的 VOF 技术证明了分析预测的模拟结果与真正的实验相比非常吻合。

Kodak

