

明志科技大學材料工程系108學年四技專題製作競賽

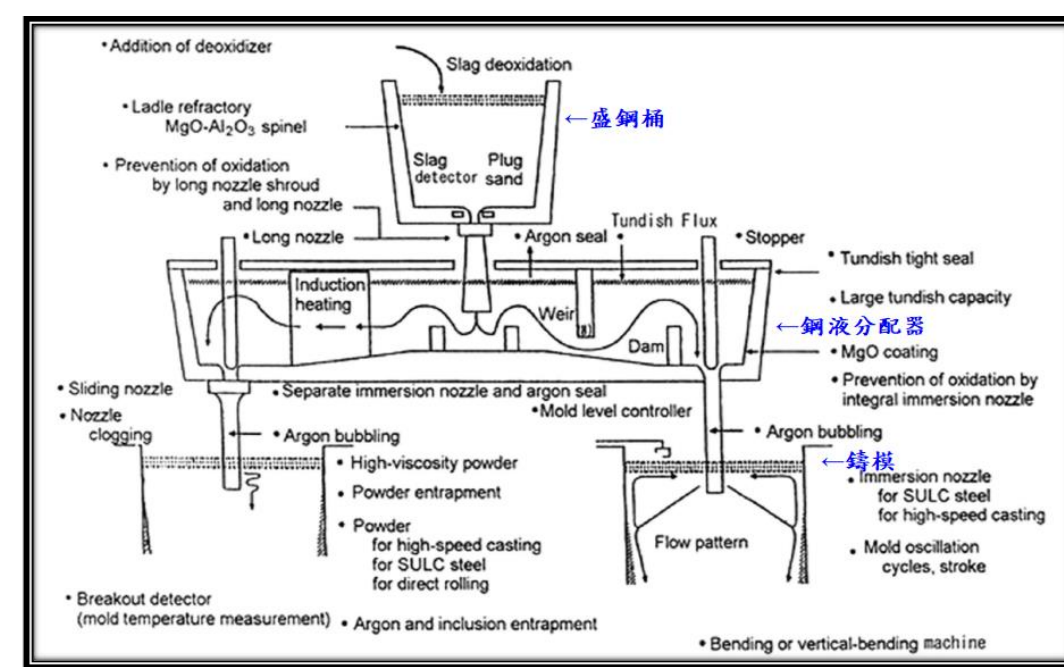
題目：鋼液分配器製程之流體控制裝置對流場與介在物命運之影響

學號/姓名：U05187122 高子棋

指導教授：吳鉉忠 教授

簡介

鋼液分配器是連續鑄造流程中位於盛鋼桶與鑄模之間的緩衝容器，具有儲存鋼液使更換盛鋼桶能起銜接作用、分流鋼液到鑄模、穩定鋼液流動、保持鋼液溫度均勻與使非金屬介在物和鋼液分離、上浮等功能。本專題研究之目的為利用電腦模擬採用計算流體力學套裝軟體對鋼液分配器製程最佳化進行模擬與分析。可以探討的製程條件有氣體吹射之氣泡大小、流量、位置(鋼液分配器底部或盛鋼桶連接到鋼液分配器的噴嘴)與FCD(Flow control devices)等，分析的製程量化指標項目有介在物命運(remove、trap、escape、remain)、介在物去除速率與駐留時間等。



儀器設備

本研究使用多核心電腦，搭配使用以下幾種軟體進行模擬。

ANSYS DesignModeler：概念模型建立，快速建立所想要的有限元素模型

ANSYS Mesh：網格劃分工具

ANSYS Fluent：以數值方法為基礎的計算流體力學軟體

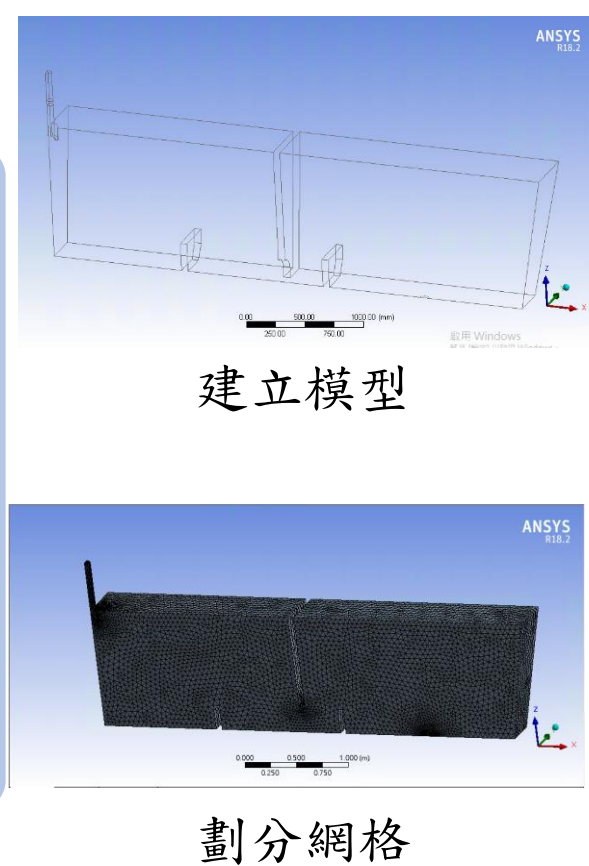
ANSYS CFD-Post：後處理器，產生分析結果的圖片與動畫



ANSYS FLUENT Essential Training

實驗步驟

建立模型、網格劃分



控制方程式、實驗條件

在流體流動部份其主要的數學模式包括：

質量守恆方程式：

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho U_i) = 0$$

動量守恆方程式：

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho U_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho U_i U_j) = \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) \right] + \rho g + F_{bi}$$

U代表速度，p為壓力，ρ為平均密度，μ為平均黏度，F_b為各種體作用力源，g為重力

氣泡與介在物以顆粒處理之控制方程式：

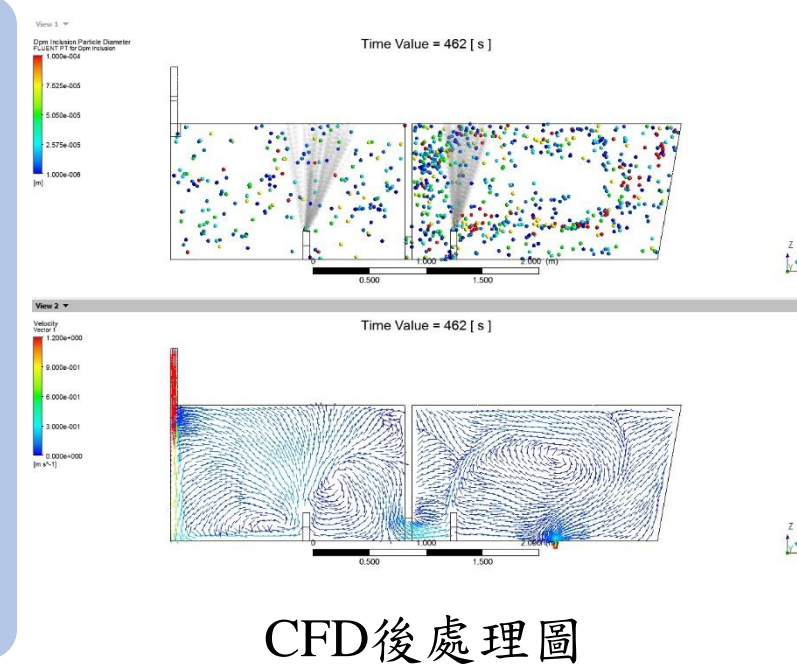
$$\frac{d\vec{u}_p}{dt} = \frac{\vec{u} - \vec{u}_p}{\tau_r} + \frac{\vec{g}(\rho_p - \rho)}{\rho_p} + \vec{F}$$

\vec{F} 為單位顆粒質量所受之力， \vec{u} 為流體速度， \vec{u}_p 為顆粒速度，μ為黏滯係數，ρ為流體密度，ρ_p為顆粒密度，d_p為顆粒直徑， $\frac{\vec{u} - \vec{u}_p}{\tau_r}$ 為拖曳力(drag force)，τ_r為鬆弛時間(relaxation time)

案例代號	條件說明
STD	原始製程條件
w/ Turbostopper	STD + Turbostopper
w/o LeftDam	STD - LeftDam
w/o Weir	STD - Weir
w/o RightDam	STD - RightDam
GI-Dams	STD + Gas injection form Dams, dn = 5mm
GI-Nozzle(2mm)	STD + Gas injection form Nozzle Wall, dn = 2mm

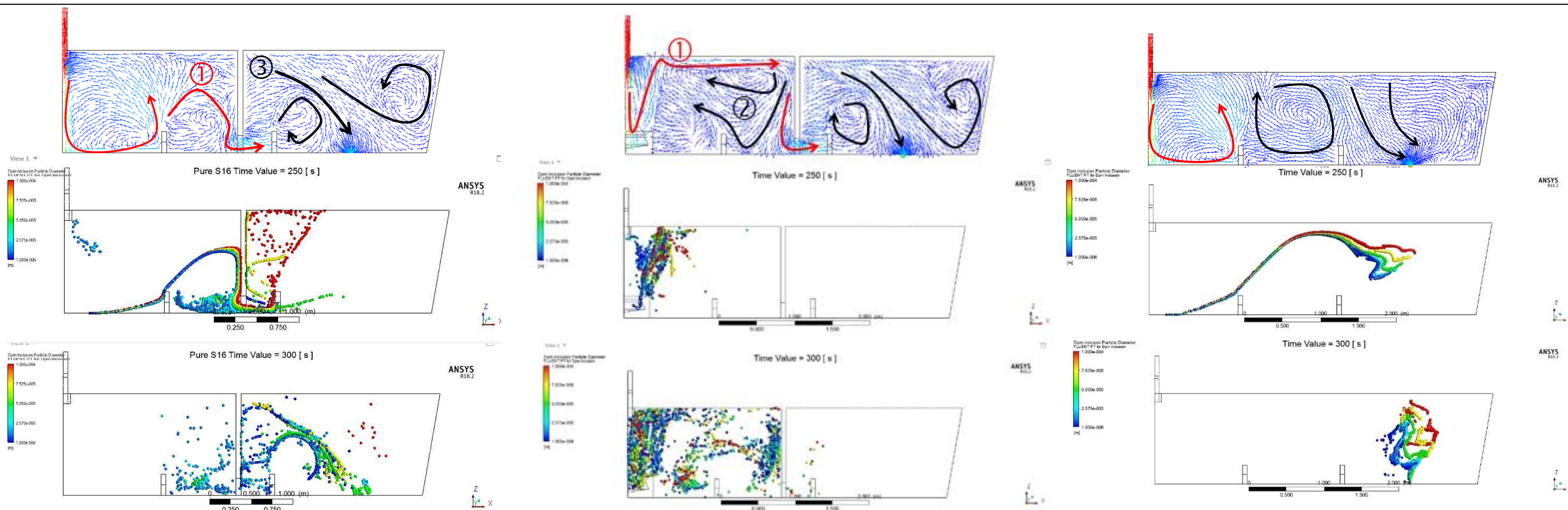
數值實驗代號與條件

後處理、數據分析



CFD後處理圖

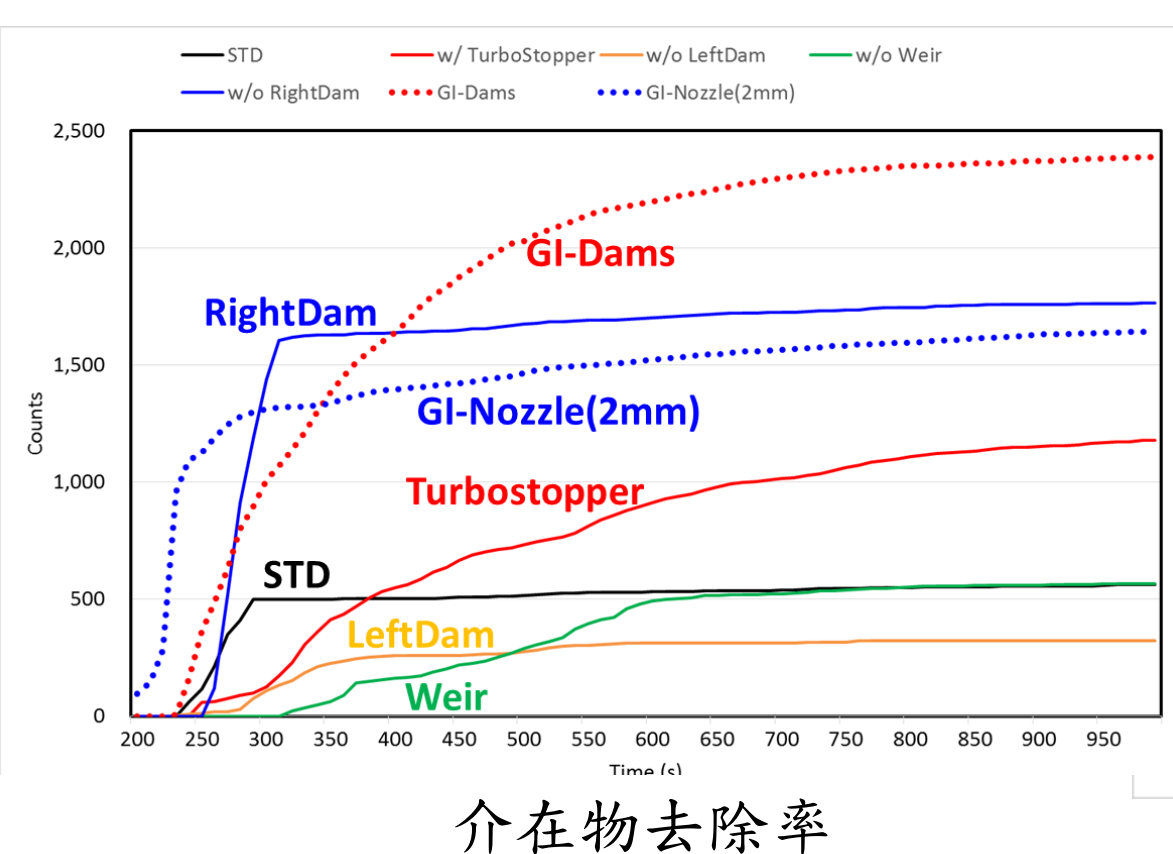
研究成果



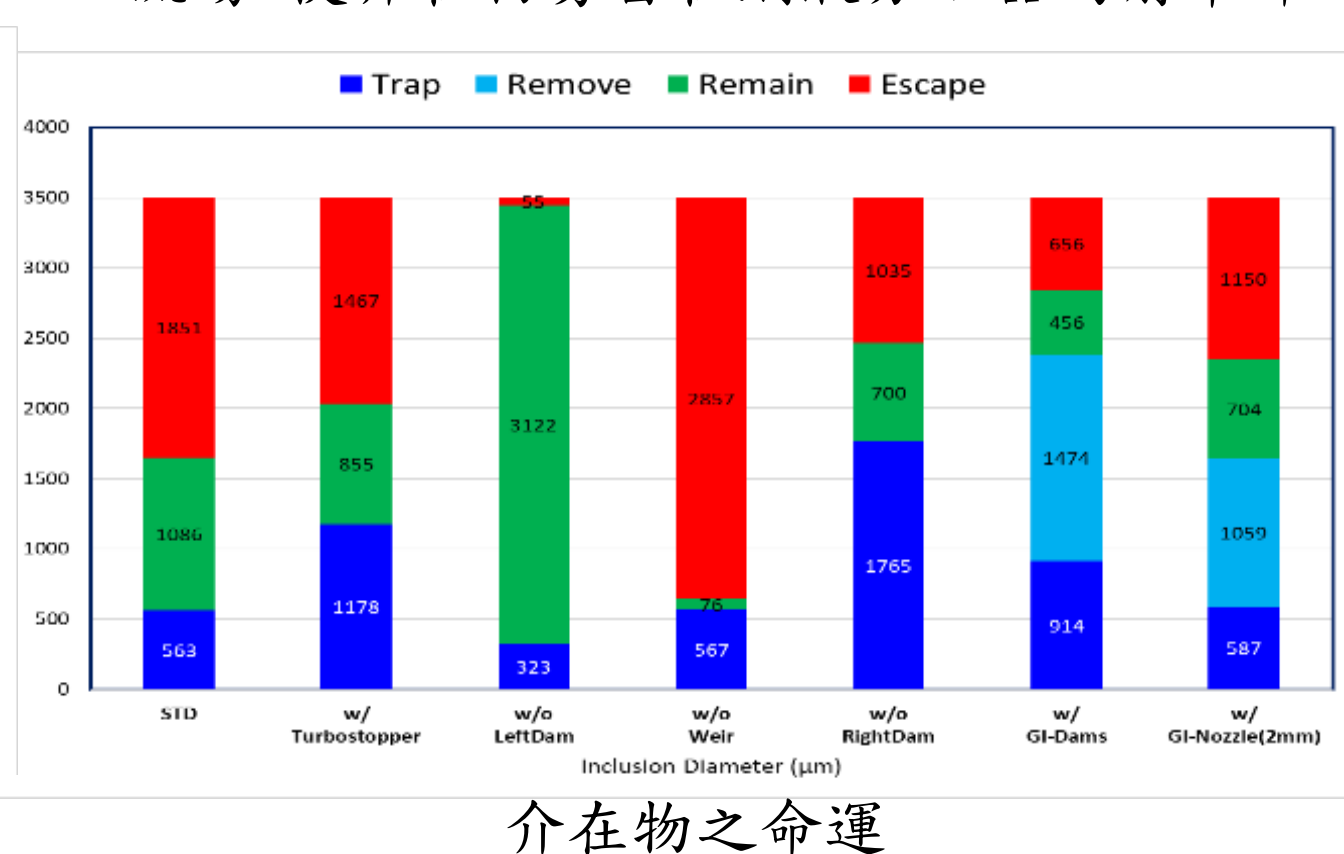
STD之流場與250、300秒時介在物位置
STD案例模擬至300秒之結果可以看見，流場1使介在物易流至後半部，流場3導致介在物易從outlet escape。

w/ Turbostopper之流場與250、300秒時介在物位置
w/ Turbostopper案例模擬至300秒之結果可以看見，流場1為鋼液經過turbostopper後形成的向上流場到頂部後成為橫向流場，向上流場有助於直徑小的介在物到達top，橫向流場有助於介在物被trap，流場2使介在物易留在鋼液分配器的前半部。

w/o Weir之流場與250、300秒時介在物位置
w/o Weir案例模擬至300秒之結果可以看見，當沒有Weir時，介在物通過LeftDam後就直接朝向Outlet方向流動，因此介在物escape平均時間很短，很快流至後半部後從outlet escape，造成escape大幅增加。



介在物去除率



介在物之命運

與STD比較，w/ Turbostopper, GI-Dams, w/o RightDam與GI-Nozzle的製程效能較佳(藍色多且紅色少)。而w/o Weir則造成大量的介在物escape到連鑄鑄模而增加了介在物濃度，非常不利於製程的發展。由圖可看出w/o Weir與w/o LeftDam之介在物去除率都比STD低。去除率最高的前三名依序為GI-Dams, w/o RightDam, GI-Nozzle(2mm)。

結論

數值實驗結果顯示出，加入turbostopper形成向上流場到渣層後成為沿著渣層的橫向流場有助於介在物被trap。從dams吹射氣體除了有助於介在物被氣泡吸附，且被trap的數目也較STD多，呈現出氣泡去除介在物的吸附與流場兩種機制。w/o Weir形成的流場，使介在物很快從outlet escape，造成escape大幅增加，非常不利於製程。