

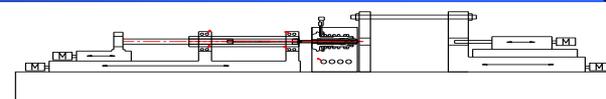
微射出成型技術

Micro-Injection Molding Technology

國立臺東專科學校

動力機械科助理教授兼學務主任

粘世智 博士

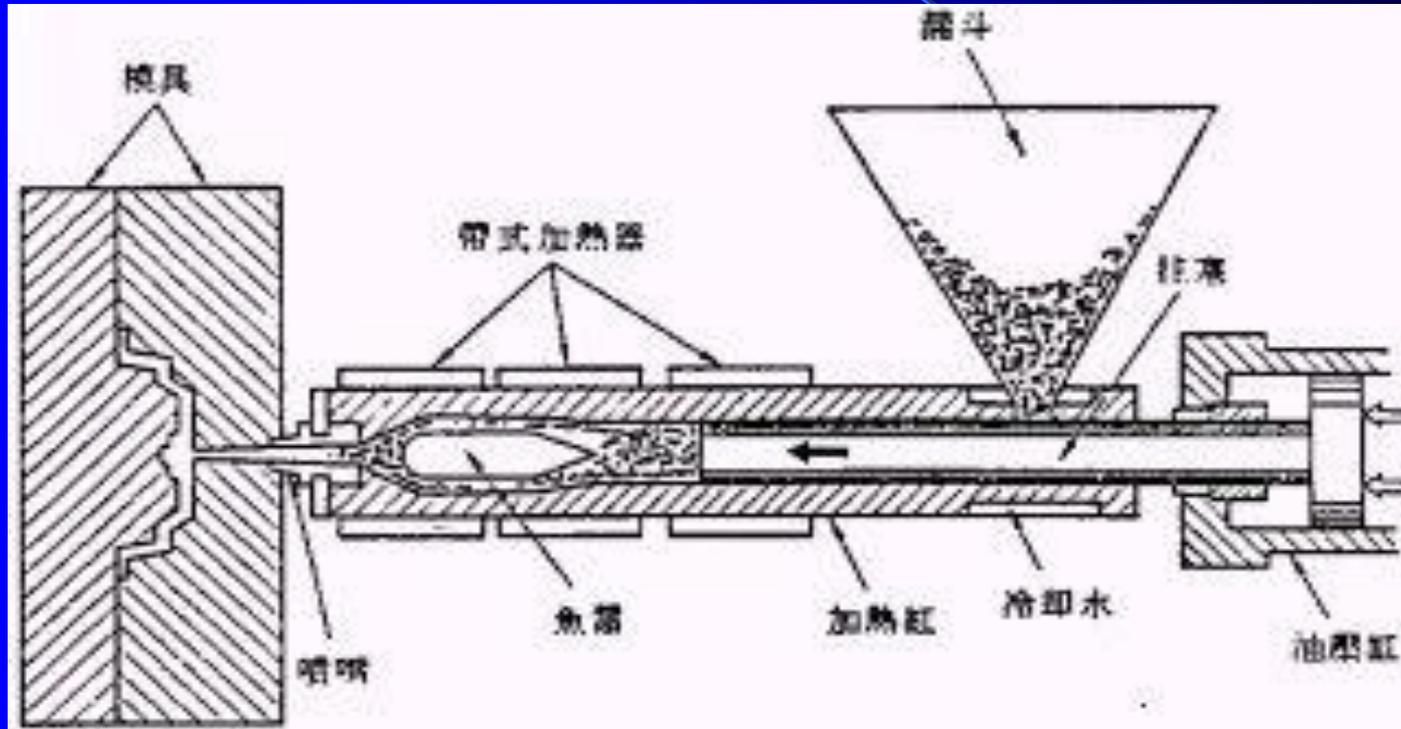


台大機研所塑膠加工實驗室

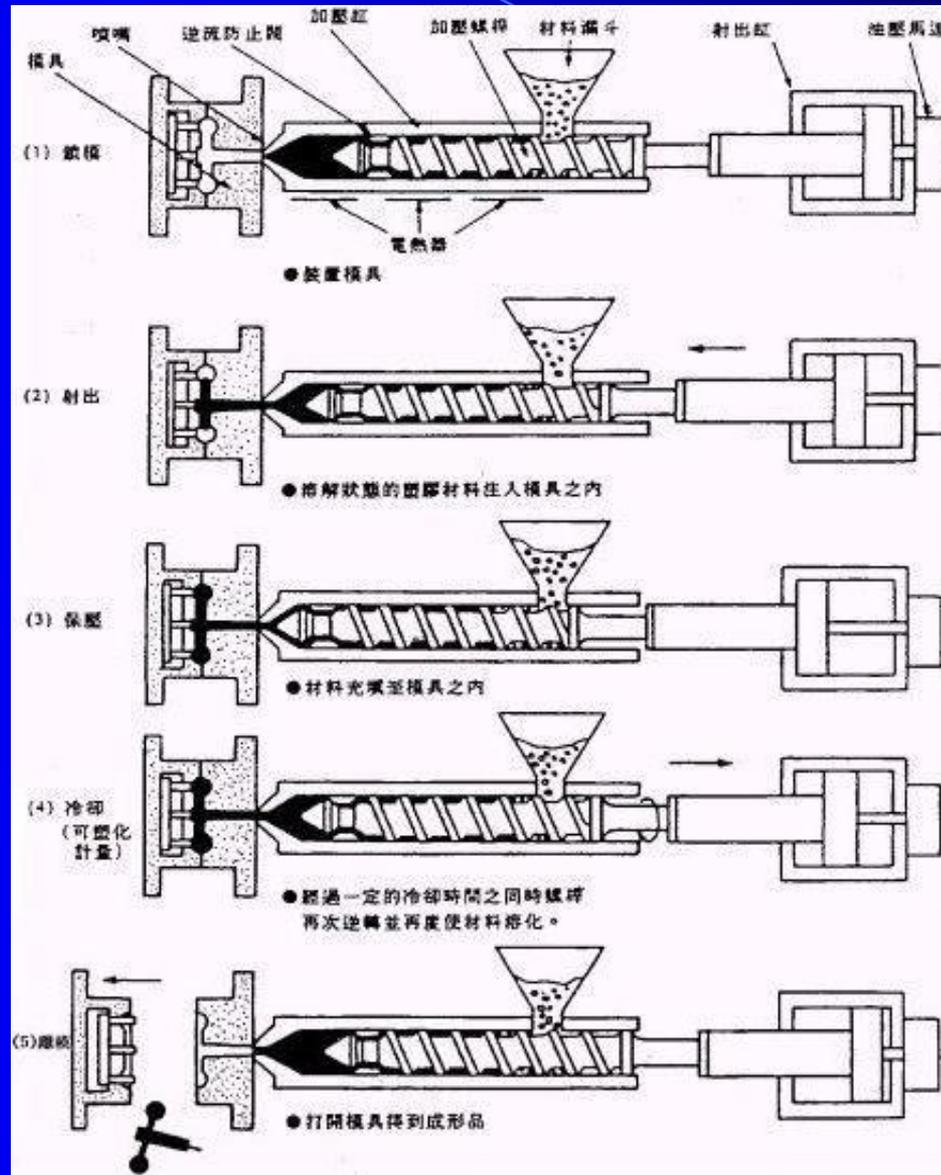
塑膠射出成型

- ❖ 將塑膠融化並以高壓的方式將融膠擠入模穴，待融膠冷卻成型後將塑膠零件取出
- 高分子材料之成型性
 - 成型性、縮收率、強度、耐候性、光學性質、抗化學性質、耐燃性質及食品安全規範等。
- 模具之設計與製造
 - 零件配置、模仁嵌入、澆流道系統、分模面及拔模、滑塊及斜梢設計、模溫系統、頂出設計及模具製造。
- 射出成型機
 - 鎖模機構、融膠機構、射出機構及控制單元
- 操作參數之設定
 - 射出壓力、射出速度、保壓壓力、融膠壓力、融膠溫度及模具溫度

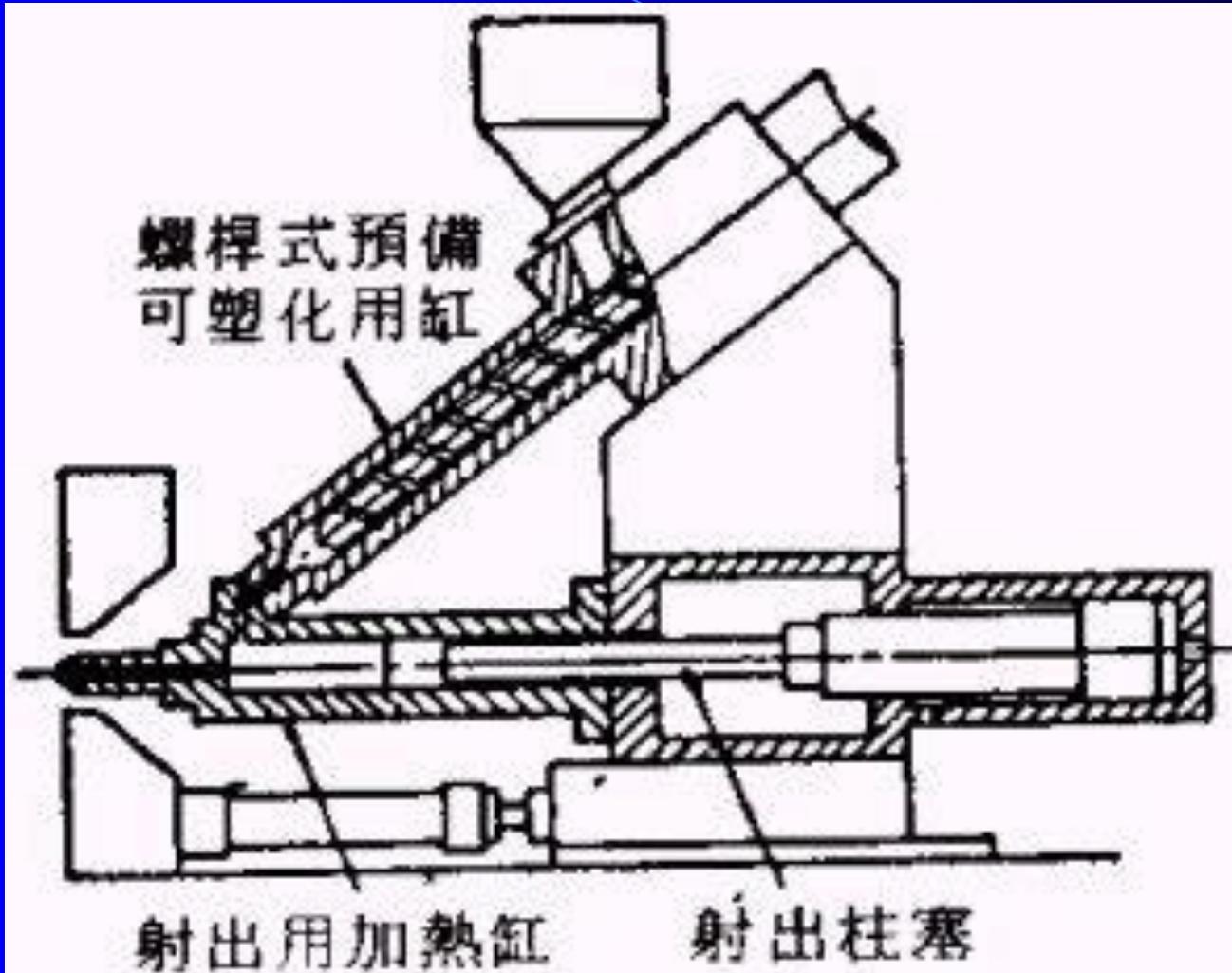
射出成型機之發展 1/3



射出成型機之發展 2/3



射出成型機之發展 3/3



微射出成型之定義

Definition of the micro-injection molded parts

(1) micro-injection molded parts (micro-molding)

- parts with a mass of a few milligram.

(2) parts with micro-structured regions

- The micro-structured region is characterized by the μm order.

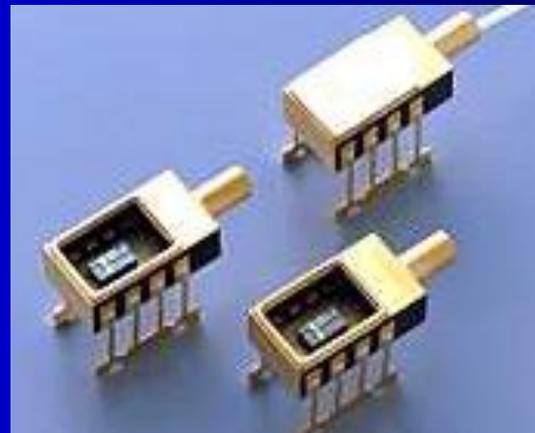
(3) micro-precision parts

- the parts has tolerances in the μm range.

Kukla et al. (1998)

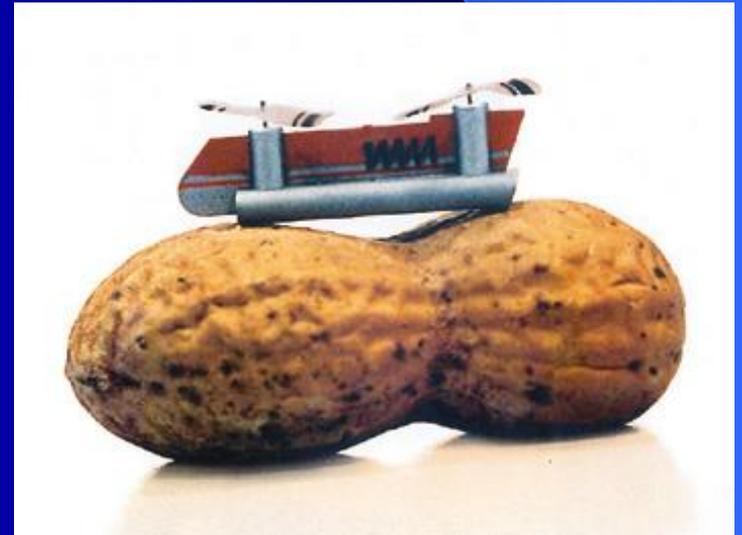
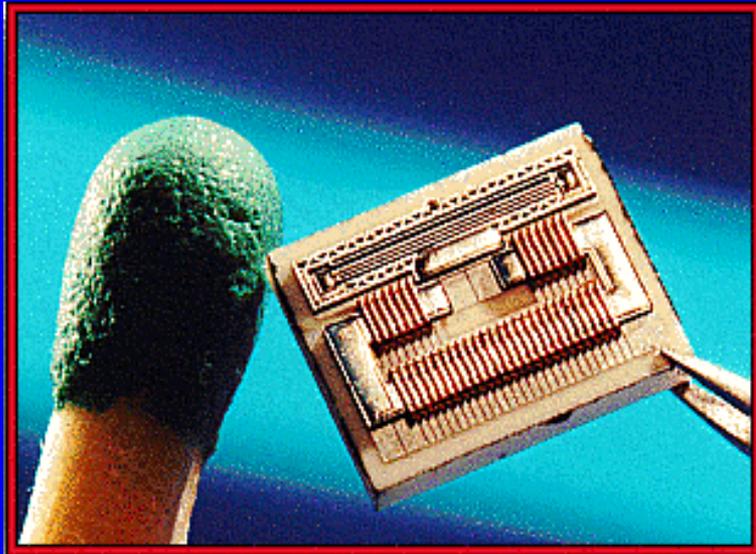
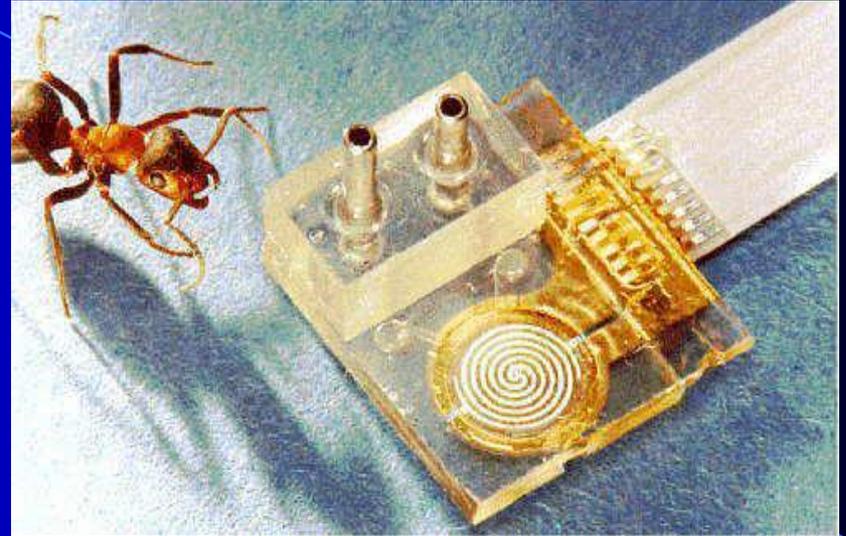
精細零件的生產

➤ 產品需求 — 輕, 薄, 短, 小

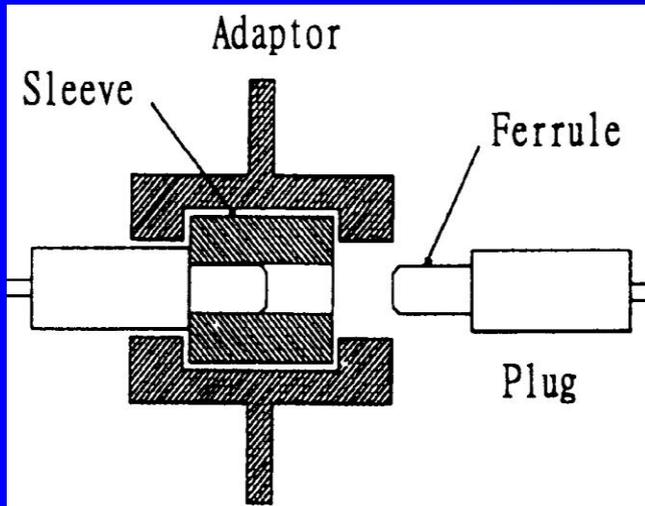


MEMS(微機電)之運用

- 微感測器、
微致動器



➤ 光纖被動元件



ST connector



SC/SC Plastic Adaptor Simplex

Ferrule ID(mm)	0.125~0.127(0.140mm is available)
Ferrule OD(mm)	2.499±0.0005 for SM(±0.001 for MM)
Boot ID(mm)	0.9, 3.0

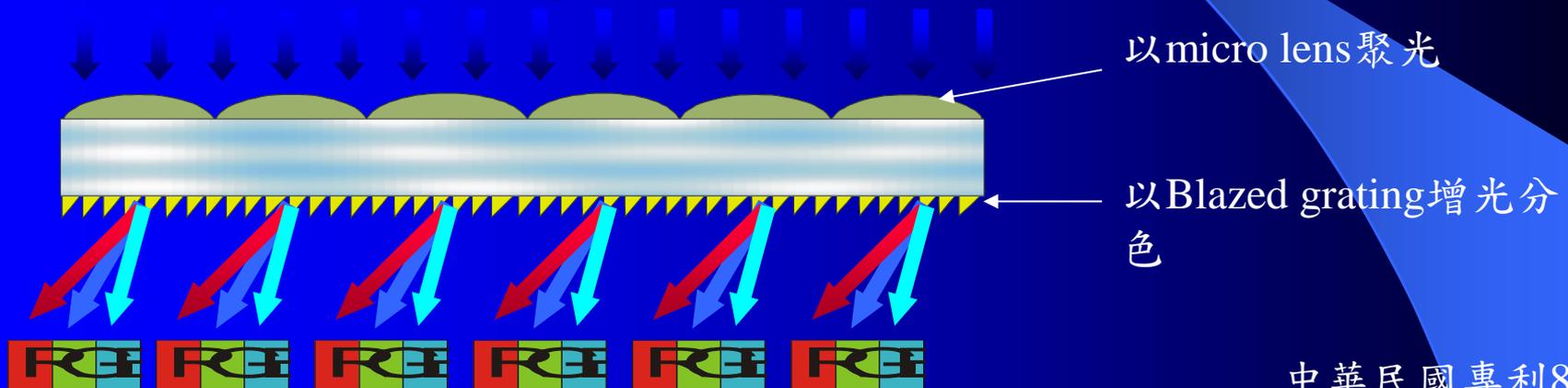
光電產業需求 2/2

➤ 微透鏡、表面微陣列、微光柵、光纖元件

CMOS Image Sensor Color Divider

Radius of lens=110 μ m
Grating pitch=2 μ m

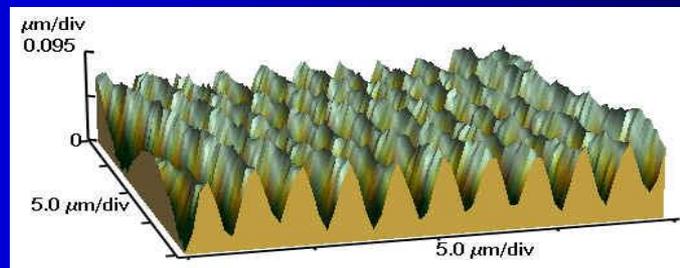
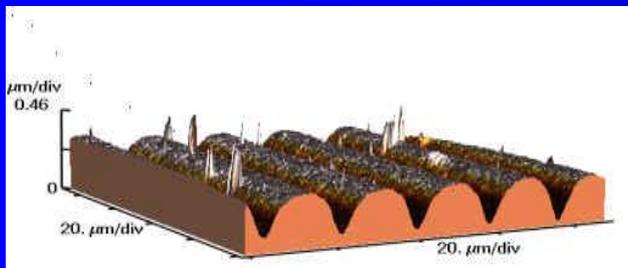
White light



中華民國專利888

美國專利888

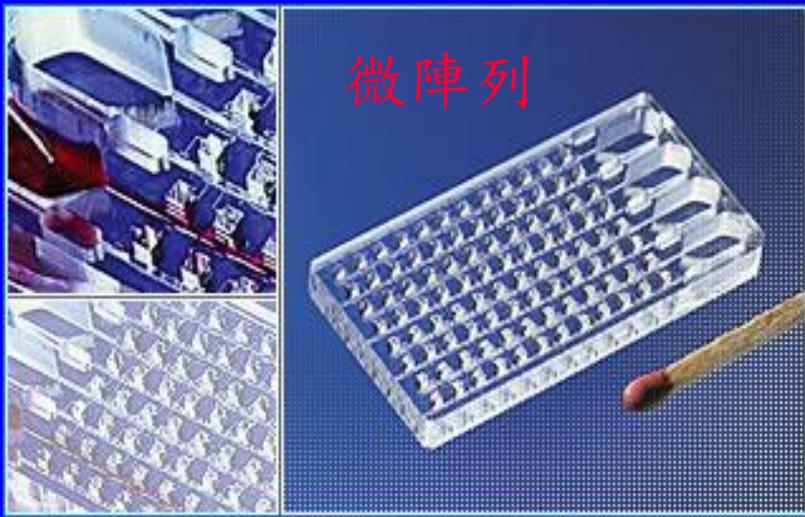
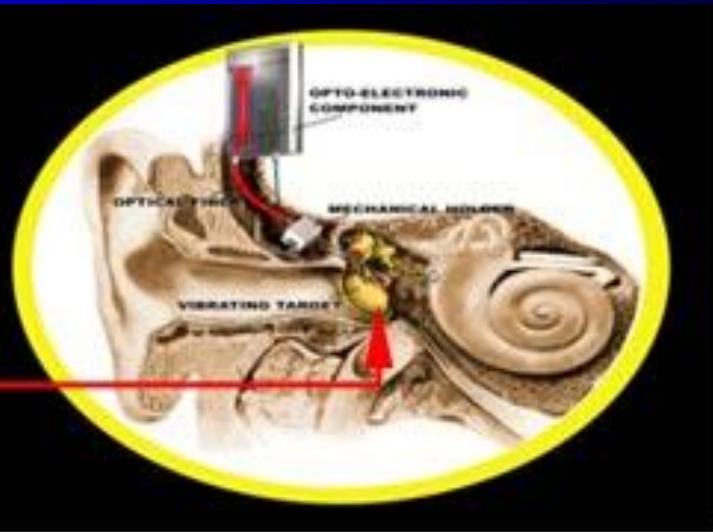
歐洲888



生醫產業需求

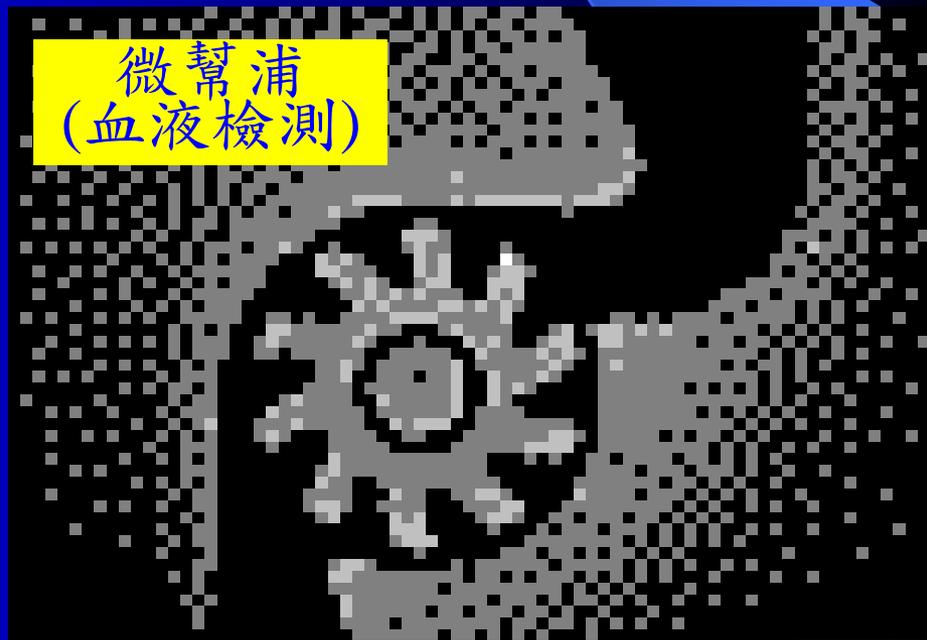


微流管 ($\psi 0.8\text{mm}$ 0.0028g)



微陣列

微幫浦
(血液檢測)



微射出成型之優勢

- 微機電系統(MEMS)技術生產微小精密零件
缺點：製程複雜、費用高且費時，
材料只限於矽基材料。
- 量產的考量 以塑膠為原料，大量複製
優點：便宜、易成型、透明
- 微射出成型 塑膠模造技術中最具發展潛力
優點：快速、大量生產微小複雜元件。

微射出之困難點

- 射出成型機之速度及精度要求高
- 模具製造困難
- 需抽真空
- 零件頂出困難
- 高模溫要求
- 模流理論未完全建立
- 螺桿之設計待突破

微射出之關鍵點

how to decrease the apparent viscosity is the key point in the micro-injection molding process

By the Ostwald- de Waele or Power Law model:

$$\eta = m \cdot (\dot{\gamma})^{n-1} \quad \dot{\gamma} = v/t$$

η (Pa·s) : apparent viscosity

m (Pa·s^{*n*}) : consistency $\dot{\gamma}$: (sec⁻¹) : shear rate

v : flow velocity t : the cavity thickness

n : (dimensionless) power law index

(for high-density polyethylene, typical values of m and n are around $5 \times 10^3 \text{ pa} \cdot \text{s}^n$ and 0.4-0.6 respectively)

how to decrease the apparent viscosity ^{1/3}

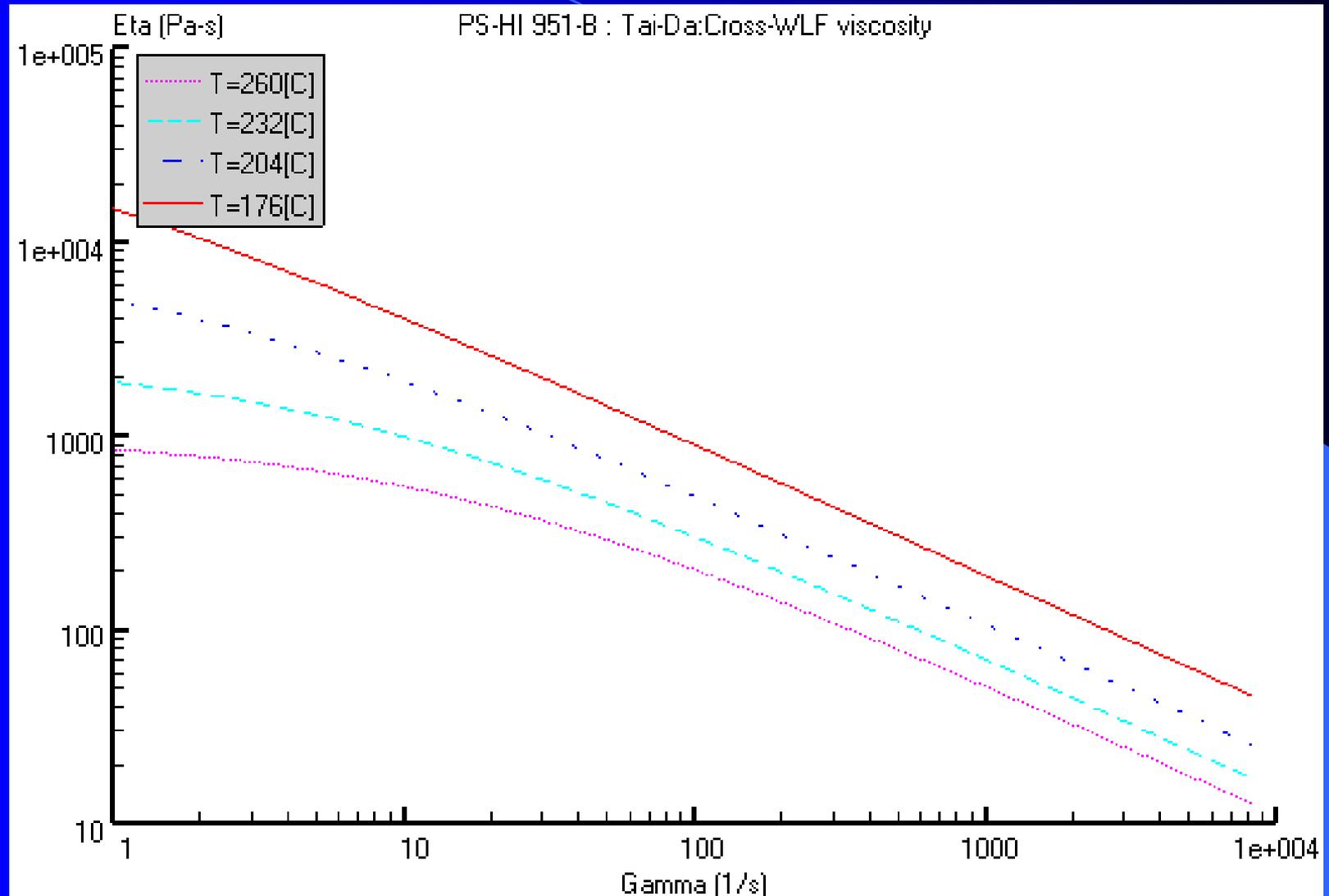
There are two principal ways to decrease the apparent viscosity value η

- increase the flow velocity v
 - by changing the injection rates to reach very high extent.
- decrease the consistency value m
 - by arising the mold temperature in the filling step since the consistency value m is a strong function of temperature and it drastically decreases by increase temperature for plastic materials.

viscous dissipation :

by increasing the injection rate also causes more viscous dissipation that will increase the melt temperature, thus reducing the apparent viscosity

how to decrease the apparent viscosity ^{3/3}



微射出成型技術之發展 1/4

- 最早被發表的塑膠微成型技術文獻為1970年RCA實驗室 (Princeton, NJ, USA)所發表。
 - 製造電視影像錄放裝置，將具有微結構的鎳薄層與乙烯基塑膠薄層疊合，經過加熱滾輪把微結構轉印到塑膠薄層上。
 - Zurich及Switzerland 等運用熱壓印技術的方式將光柵壓印於PVC上形成濾光片，其微結構深寬比可達到5.7(寬 $0.4\mu\text{m}$ ，深 $1.4\mu\text{m}$) (1973年) (Heckele and Schomburg 2004)。

微射出成型技術之發展 2/4

- 1980年代初期德國核能研究所(Karlsruhe)發展出LIGA製程技術，並使用來製造高精度的2D, 3D微結構。
 - LIGA製程結合X光微影深刻術(Deep X-Ray Lithography)、微電鑄(Micro Electroforming)及塑膠的微模造(Micro-Molding)等技術，可以生產出具有高深寬比(Aspect Ratio)、高垂直側壁面及低表面粗糙度的微結構。並使塑膠微成型技術得以進入商業量產的規模(Hruby 2001; Despa 1999)。

- MMM project

- 90年代中期奧地利與德國跨國合作，集合射出機製造廠(Battenfeld)、元件製造廠(HB-plastic GmbH)、模具製造廠(Zumtobel staff GmbH)、輔裝設備廠(Incon Technologie GmbH)、測試機構(Fachhochschule Wienet Neustadt)，學術機構兼計畫整合(IFWT–Institute for Feinwerktechnik) 構建了” The MicroMoulding Machinery Project”簡稱MMM project，為微射出成型建立了重要基礎。

- 德國IKV機構

- 在微射出的發表領域中，初期以德國IKV(Institut für Kunststoff- verarbeitung an der RWTH Aachen)，及奧地利Kukla, Seidler, Eberle等作了一系列的研究，而Kukla(1998)更對微射出成型的領域作了明確的定義。

微射出機的需求

- 射膠量少, 需避免熔融太多融膠於料管內導致停留時間過久
- 融膠計量需精準
- 高射速要求
- 射出單元之射腔截面積需有效降低, 以增加射出控制行程
- 射出控制的反應速率及精確度要求更高
- 穩定性 (重複性) 要求更高
- 環境清潔要求, 油污及塵埃的避免

微射出成型機之發展

- 微射出成型機之急速發展始於90年代中期，在此之前稱為小型射出機。
- 鎖模力多介於15至30噸之間，成品重量大多在1.0克以上。
- 由於歐洲之精密工具機具有良好的基礎，目前之微射出機開發製造以歐洲居於領先。
- 微射出機之融膠及射出單元主要分類。
 - 延續傳統射出成型機設計理念，將螺桿小型化，並提高螺桿推進速度。
 - 採用螺桿預備可塑化的方式，即所謂的V型架構，將射出與融膠單元分離。
 - Batenfeld Microsystem 50更進一步將融膠、計量、射出三個單元分離，達到更精確的目的。

國際微射出機生產現況(1/2)

廠牌	FANUC	ARBURG	住友	Boy
型號	α-15iA	220S 150-35	M/26/15	12M
鎖模力(ton)	15	15	15	12.9
驅動方式	全電式	直壓式	直壓式	直壓式
射出容積(cm ³)	11	14.5	11	6.16
射速(mm/sec)	200	124	190	-
螺桿直徑(mm)	16	15	16	14
柱塞直徑(mm)	-	-	-	-

國際微射出機生產現況(2/2)

廠 牌	BUTLER	BUTLER	住友	住友	Battenfeld
型 號	12H	90H	MINIMAT M7	MINIMAT M8	Micro- system 50
鎖模力(ton)	9	9	7	7	5
驅動方式	氣壓式	氣壓式	直壓式	直壓式	全電式
射出容積(cm ³)	13.1	5.27	5	3.8	1.1
射速(mm/sec)	-	-	260	267	1273
螺桿直徑(mm)	15	10	16	16	14
柱塞直徑(mm)	-	-	11.5	10	5

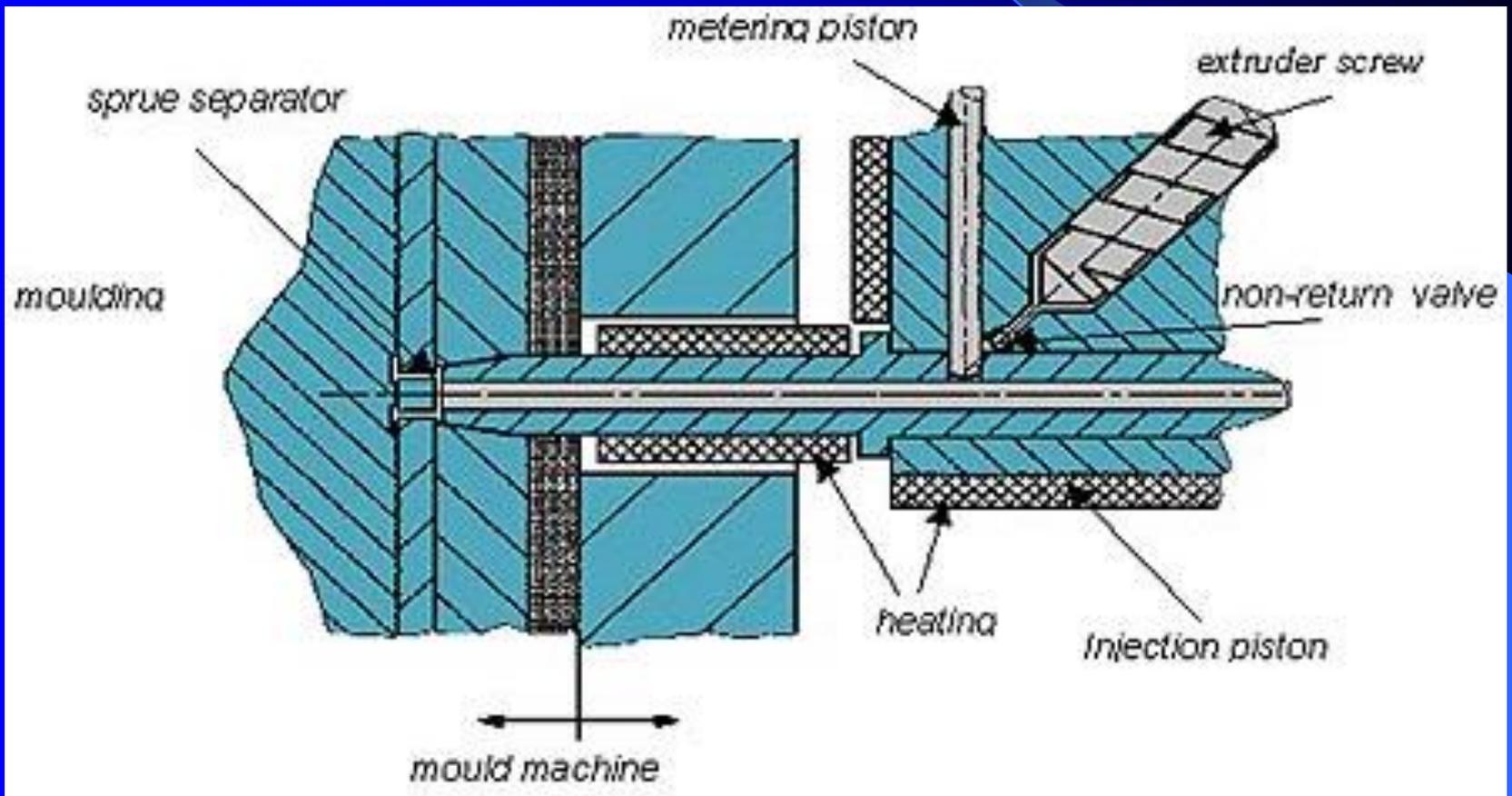
Battenfeld Microsystem 50 (2/3)

融膠、計量、射出
三單元分別設置

融膠：14mm螺桿

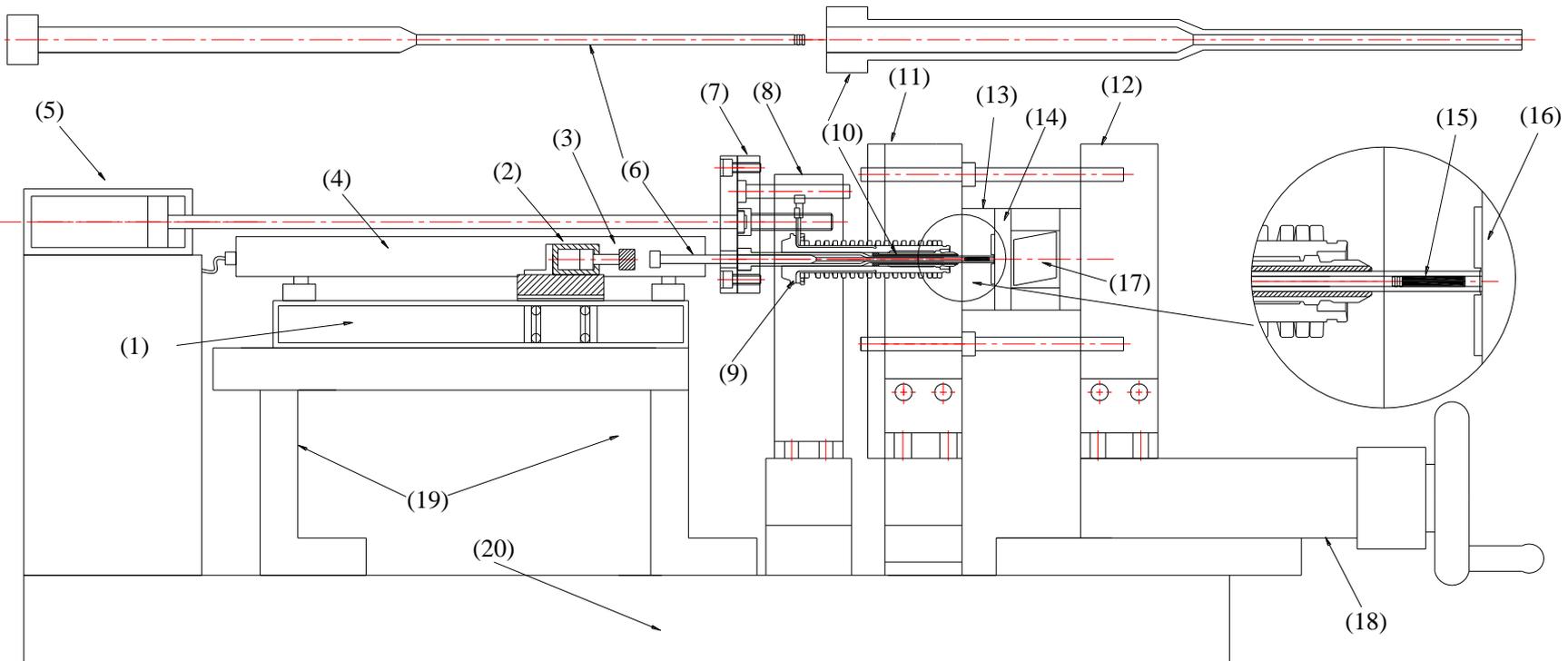
計量：計量活塞

射出：5mm 柱塞



衝擊式微射出成型機

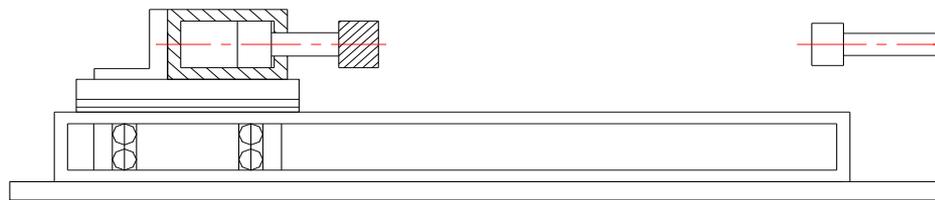
➤長1400mm、寬200mm、高300mm



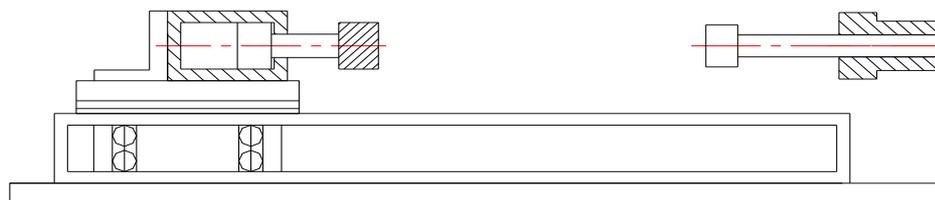
(1)air cylinder of impact accelerating (2)air cylinder of packing pressure (3)impact hammer (4)linear variable differential transfer (5)air cylinder of sleeve moving (6)injection plunger (7)injection sleeve stationary base (8)melt unit stationary base (9)melt unit (hot runner) (10)injection sleeve (11)stationary-side mold base plate (12)movable-side mold base plate (13) injection mold (14)tempered glass (15)plastic billet (16)mold cavities (17)reflection mirror (18)clamping device (19)supporting frames (20)stationary base of the machine

衝擊式微射出機作動流程 1/2

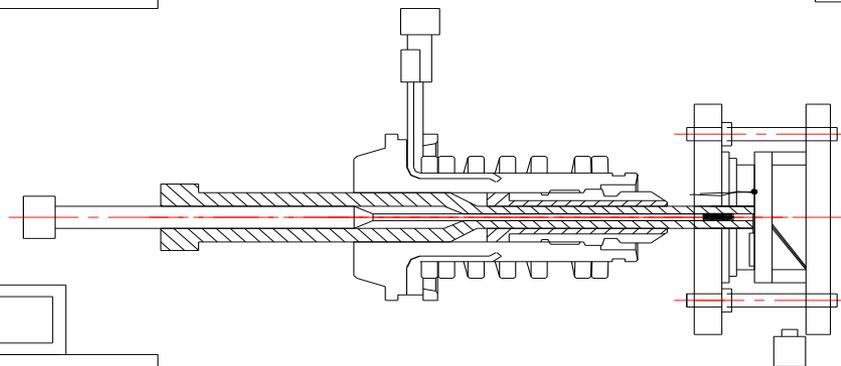
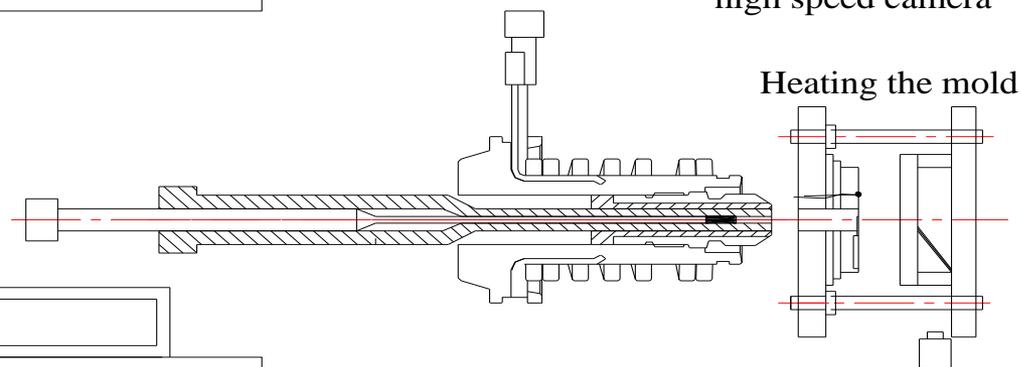
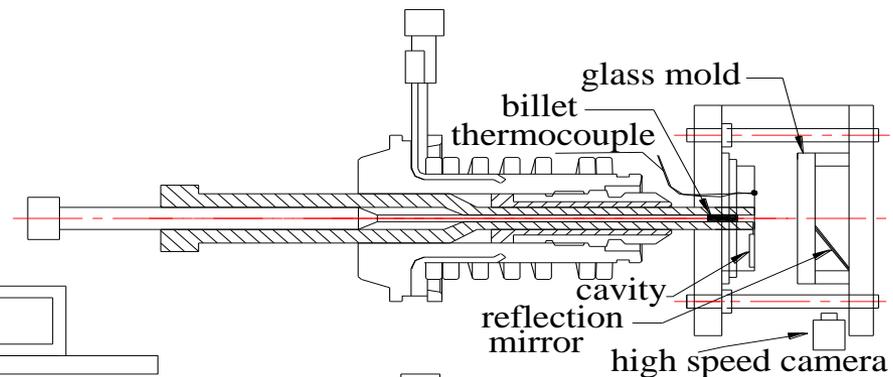
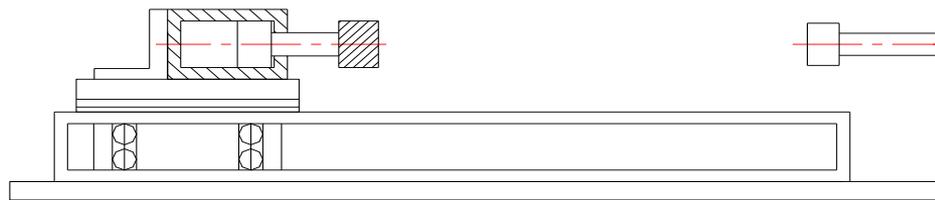
Step1: charging the plastic billet



Step2: melting the plastic billet, heating the mold

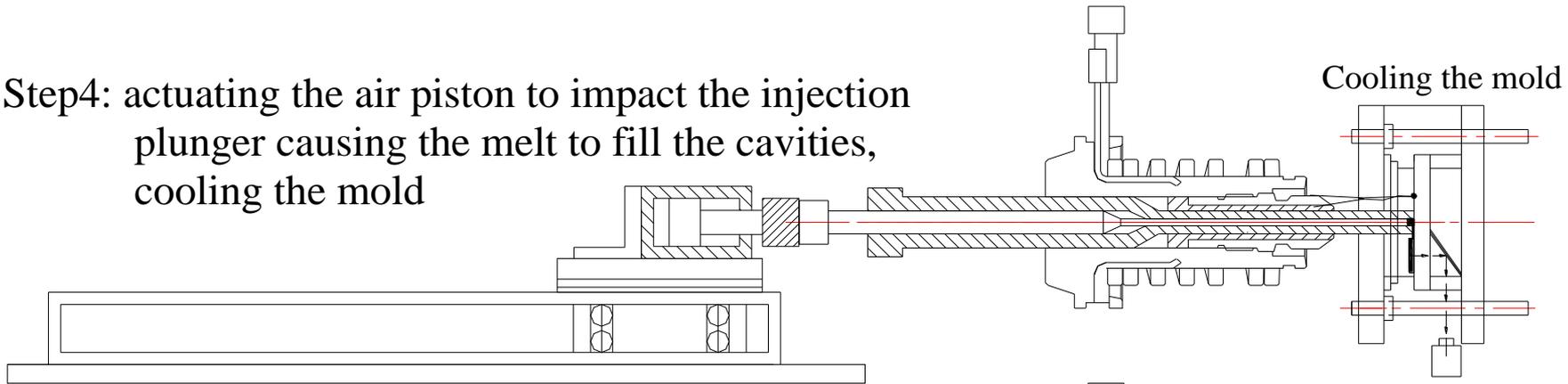


Step3: closing the mold, moving forward the injection unit

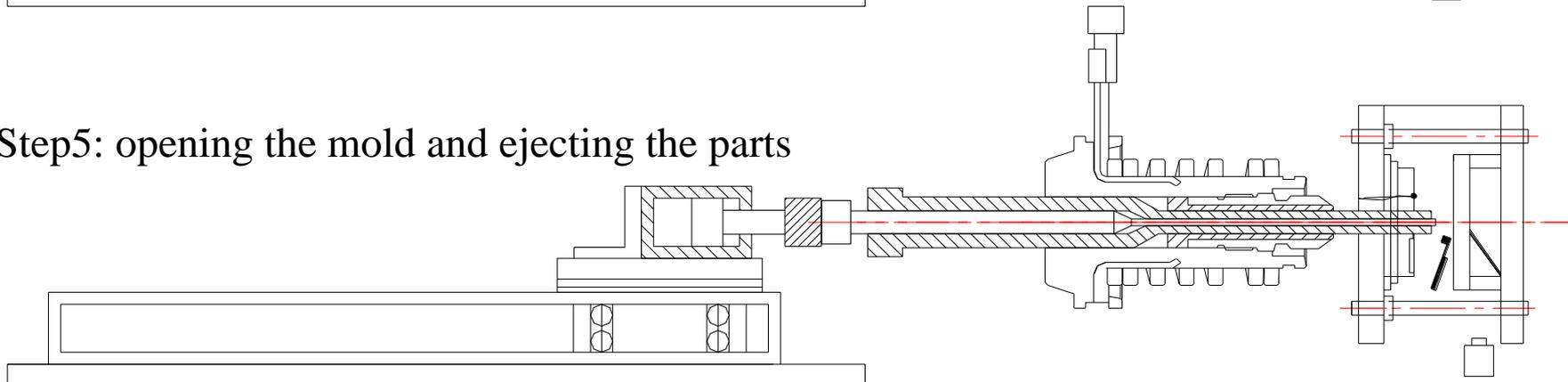


衝擊式微射出機作動流程 2/2

Step4: actuating the air piston to impact the injection plunger causing the melt to fill the cavities, cooling the mold



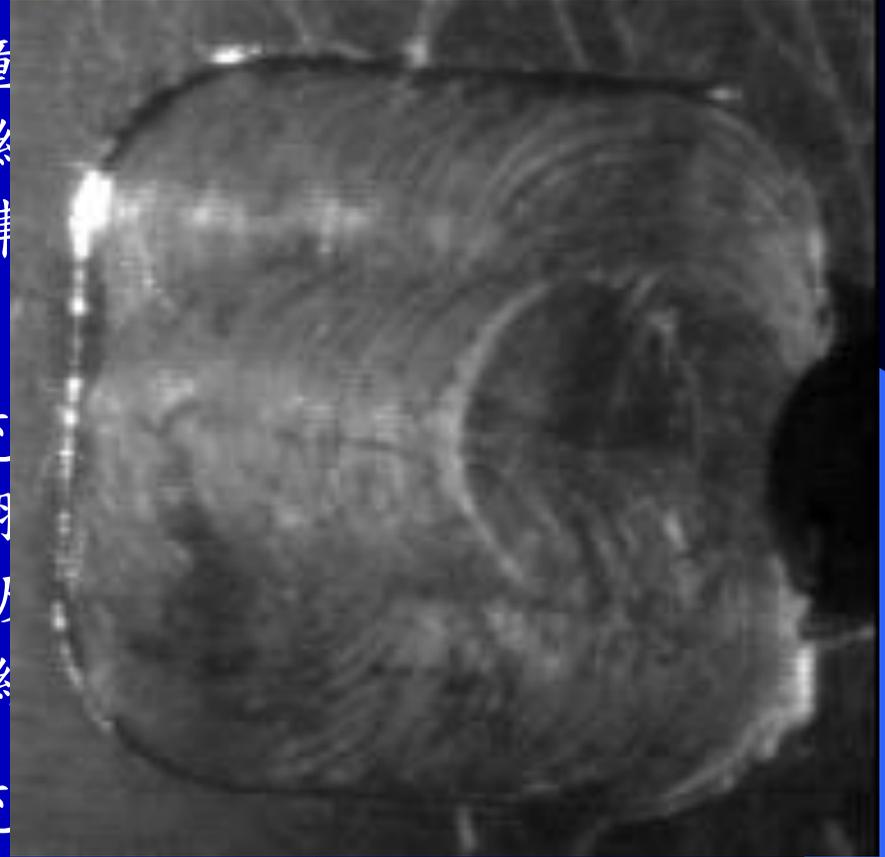
Step5: opening the mold and ejecting the parts



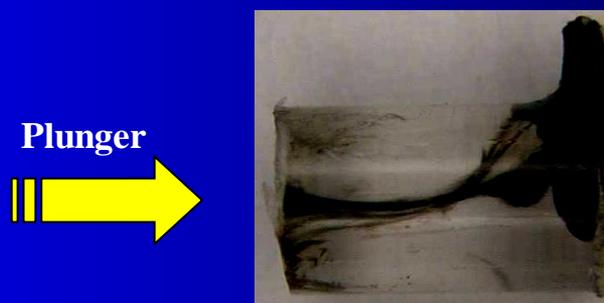
衝擊射出成型三階段

❖ 衝擊射出依其作動原理可分成以下三階段

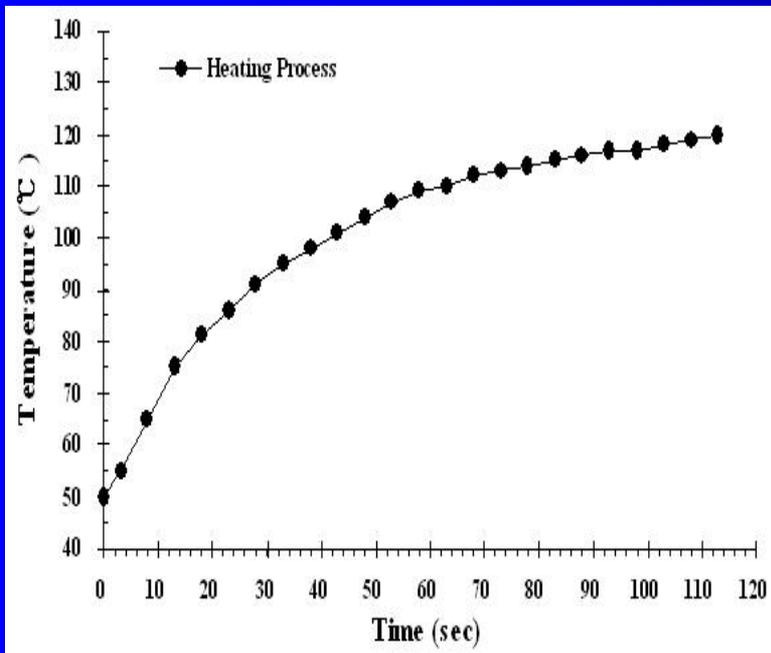
1. **衝擊充填**: 發生於衝錘撞擊能量完全轉換為融膠壓縮。衝錘撞擊射出柱塞將衝擊能量轉為融膠射出。
2. **壓力充填**: 發生於衝擊充填後。衝錘撞擊能量完全轉換為融膠壓縮。在射出柱塞間進行一連串之壓縮及膨脹。融膠會受壓力之作用而繼續射出。
3. **壓力保壓**: 發生於模穴充填後。繼續加壓以維持模內壓力並補充融膠之冷卻收縮。



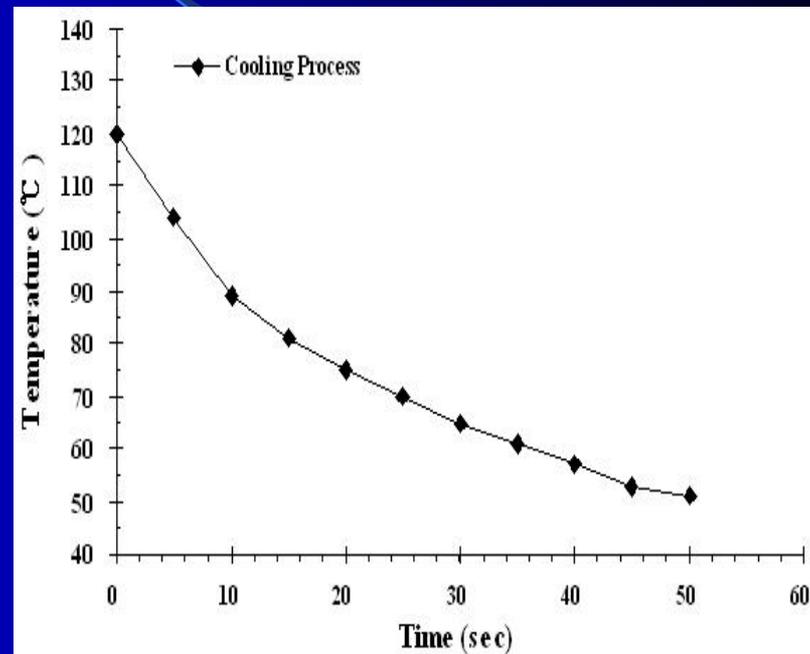
射出套管內之融膠流動



變模溫操作之時間、溫度圖

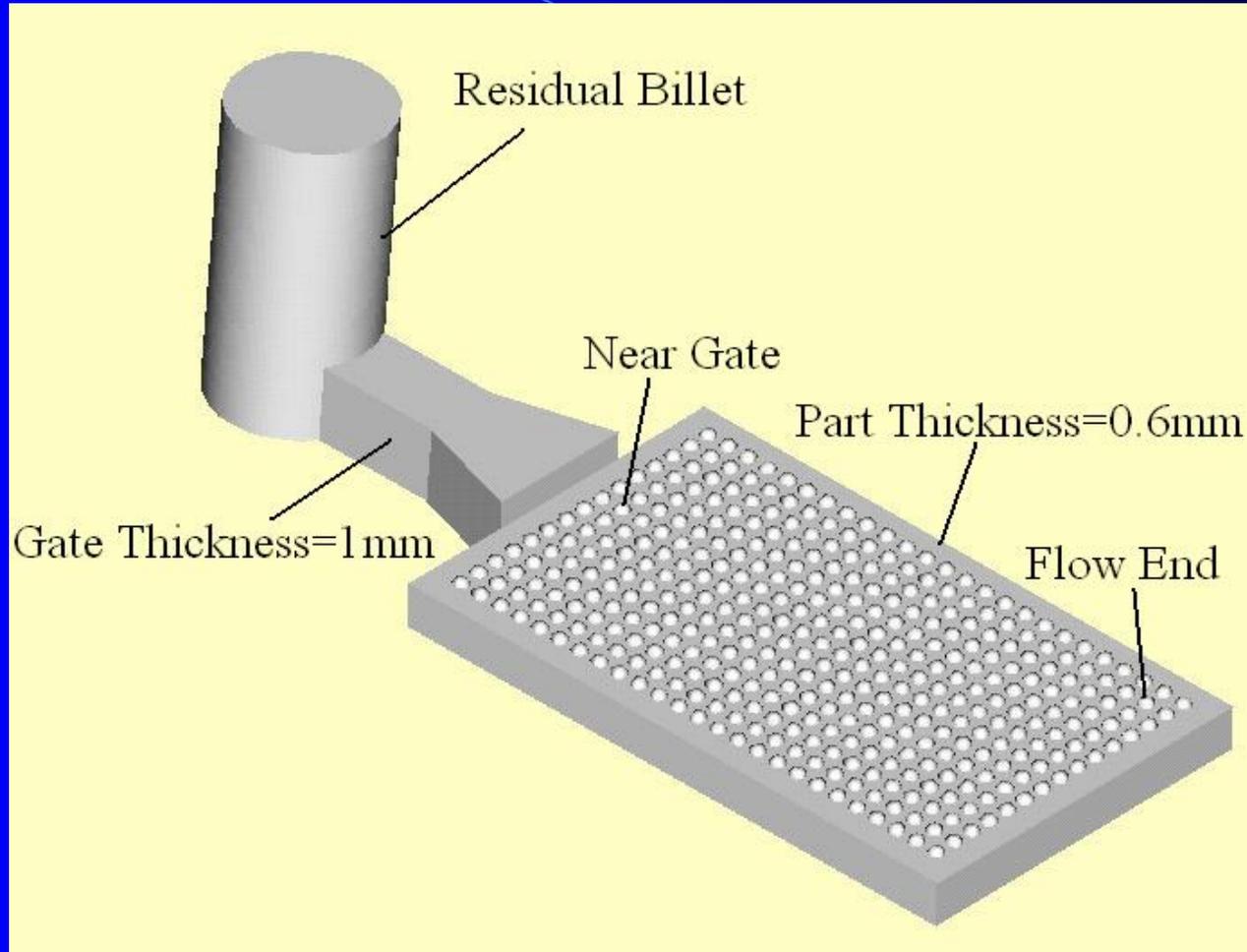


昇溫過程



冷卻過程

微鏡片陣列光學元件射出 與表面微結構轉寫能力探討

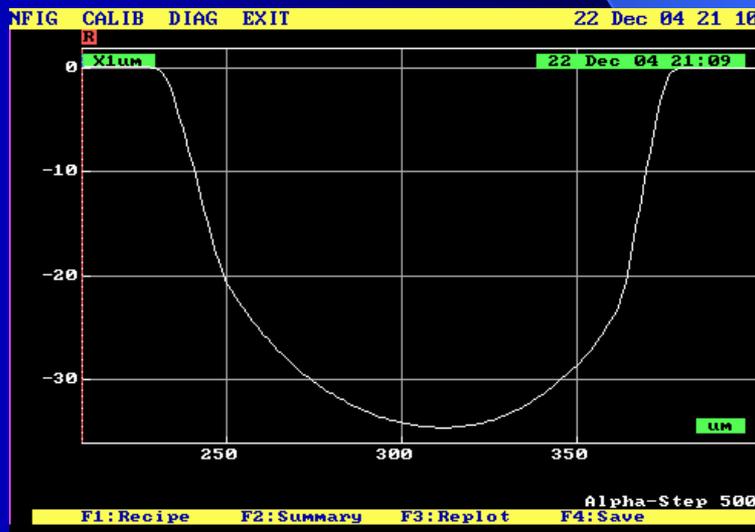
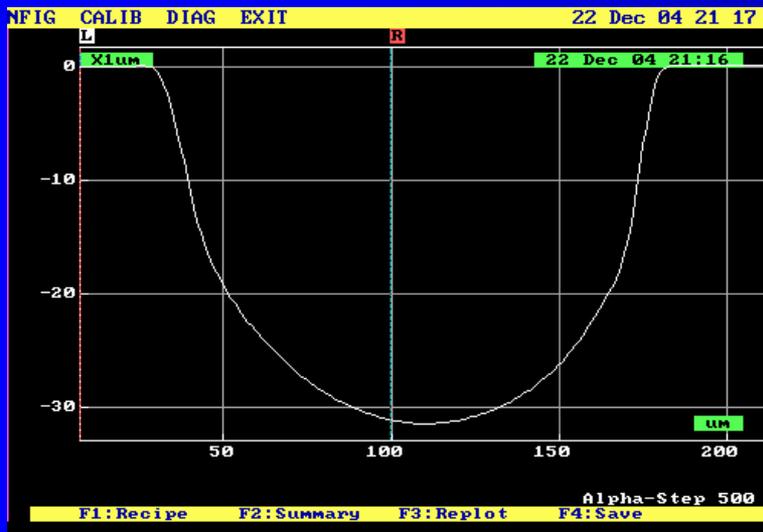
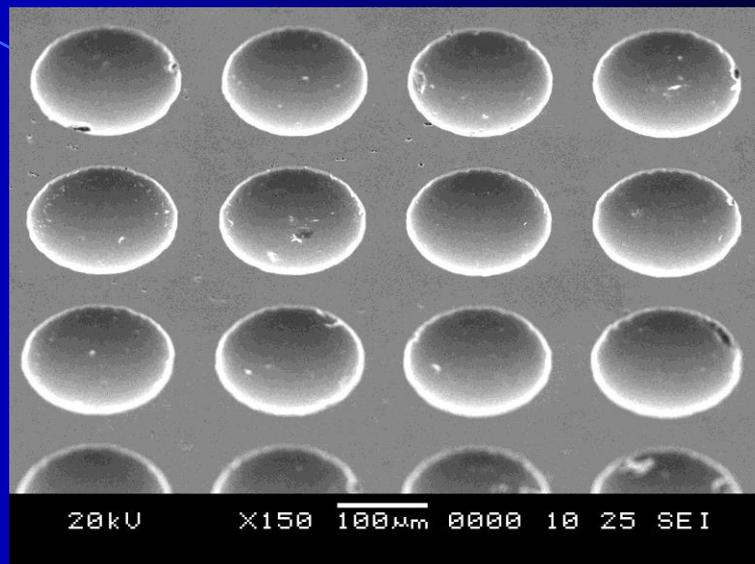
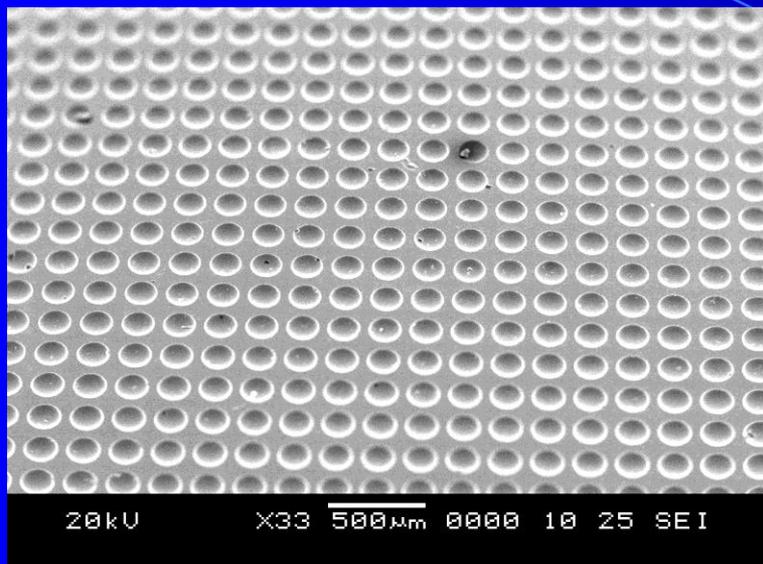


長8mm、寬5mm、厚0.6mm

微凸透鏡片直徑 150μ 、高度約 33μ 、曲率約為 100μ

各鏡片間之間距為 200μ

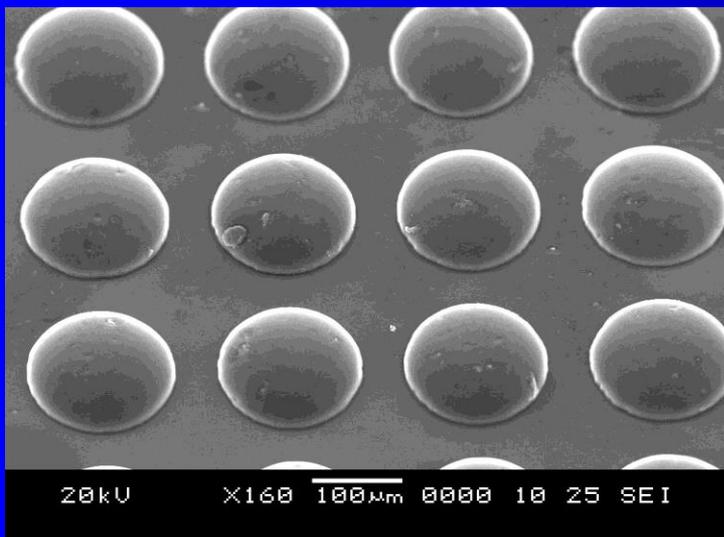
鎳模仁



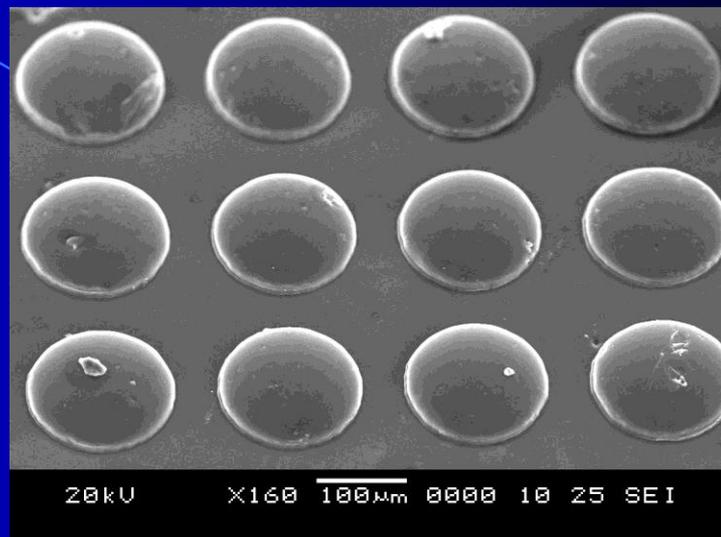
近澆口端

流動末端

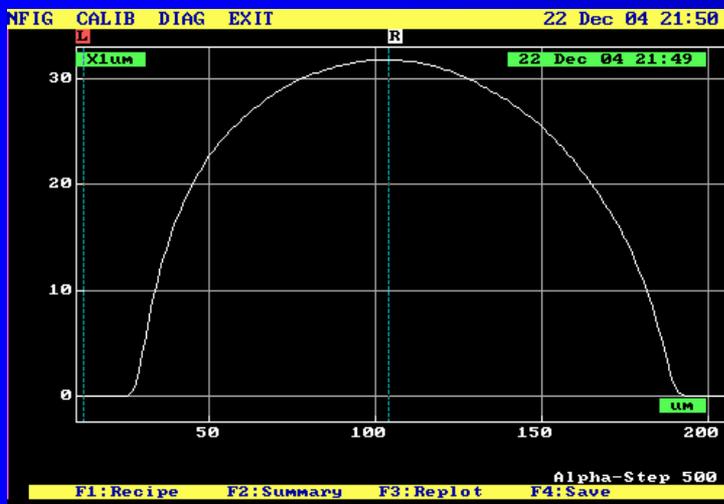
模溫30°C 加速氣缸0.6MPa 保壓氣缸0.4MPa



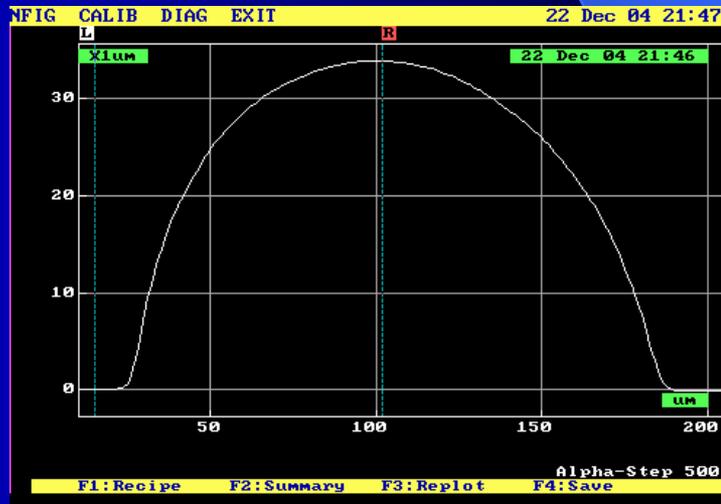
近澆口端



流動末端

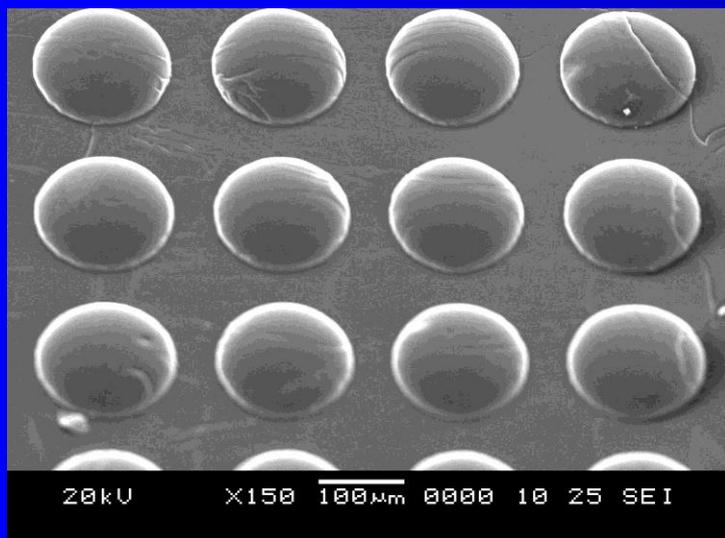


近澆口端

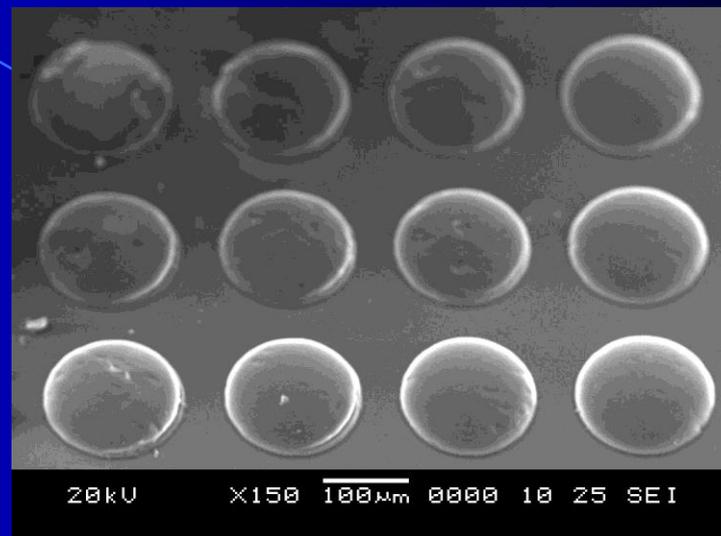


流動末端

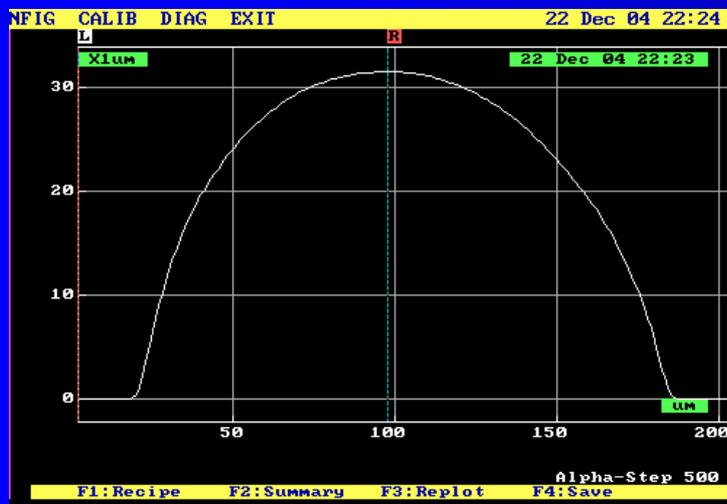
模溫30°C 加速氣缸0.6MPa 保壓氣缸0.1MPa



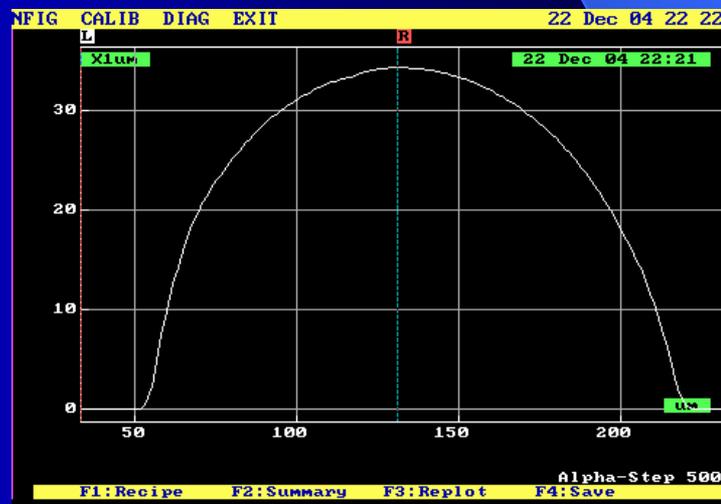
近澆口端



流動末端

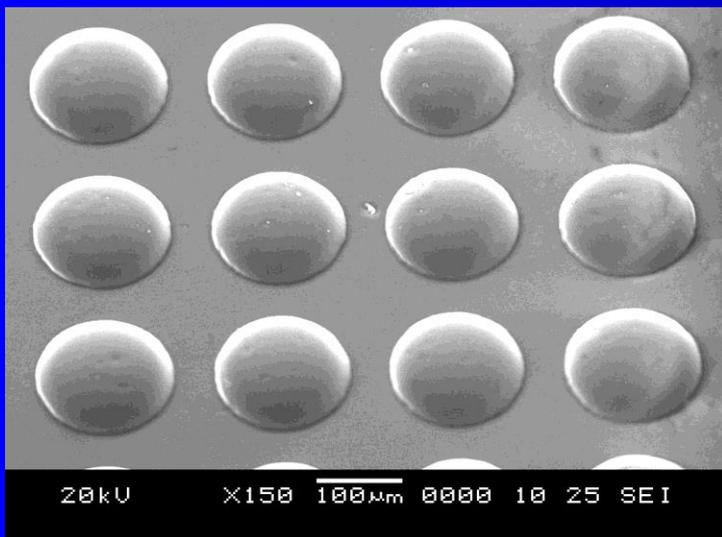


近澆口端

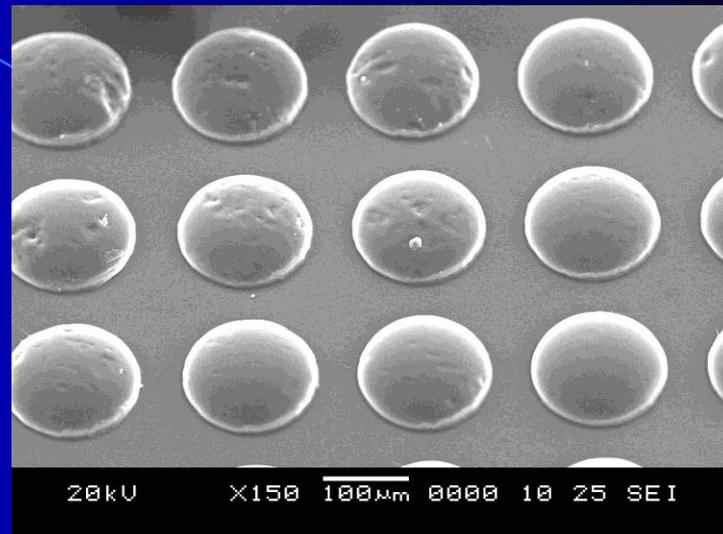


流動末端

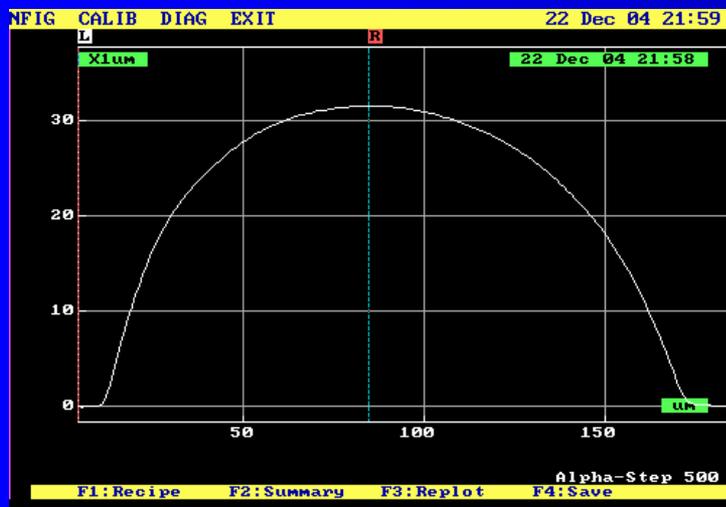
模溫30°C 加速氣缸0.3MPa 保壓氣缸0.1MPa



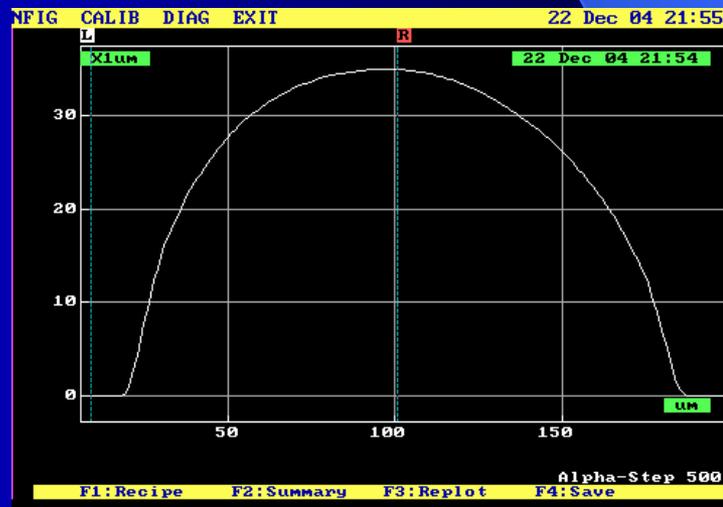
近澆口端



流動末端

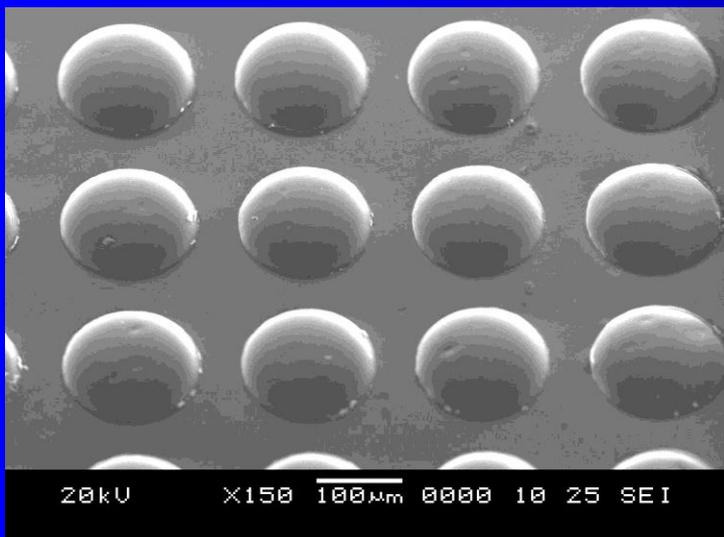


近澆口端

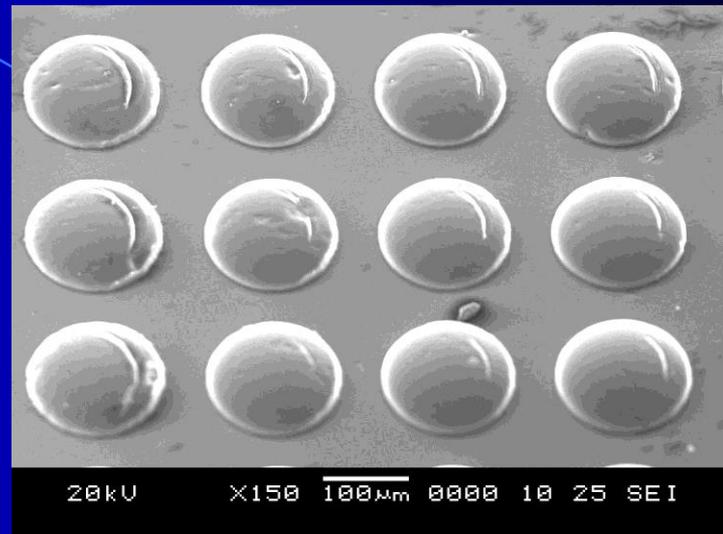


流動末端

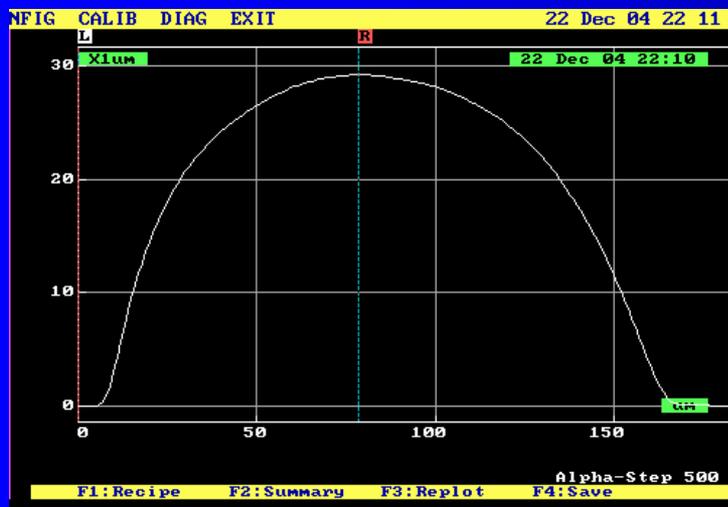
模溫30°C 加速氣缸0.3MPa 保壓氣缸0MPa



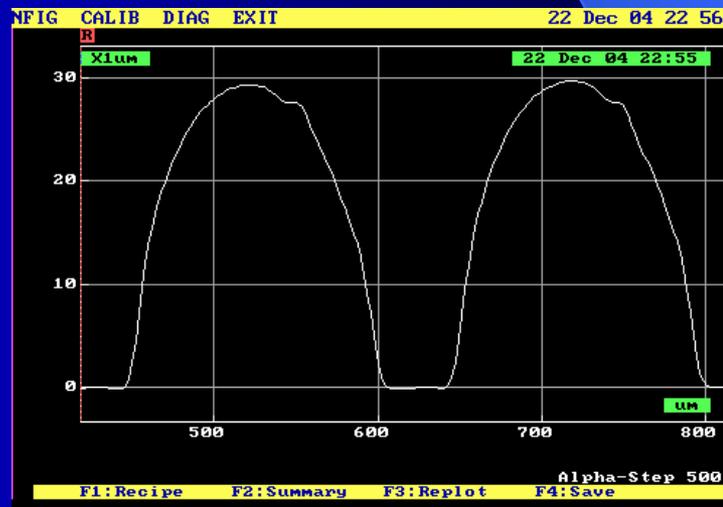
近澆口端



流動末端

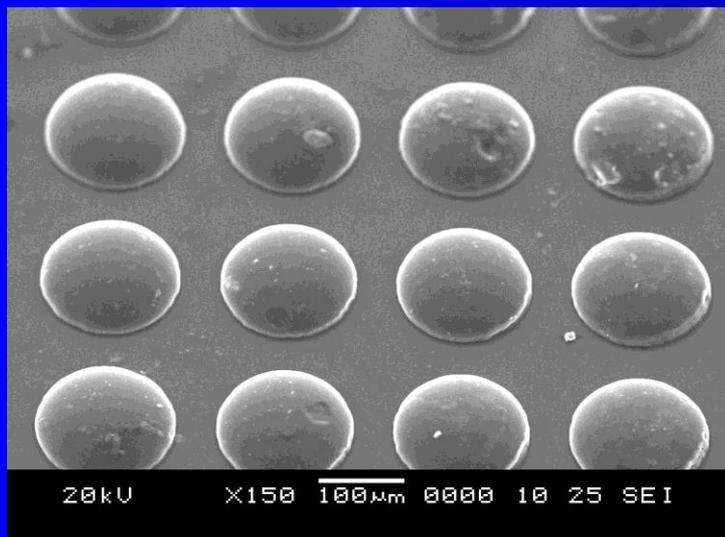


近澆口端

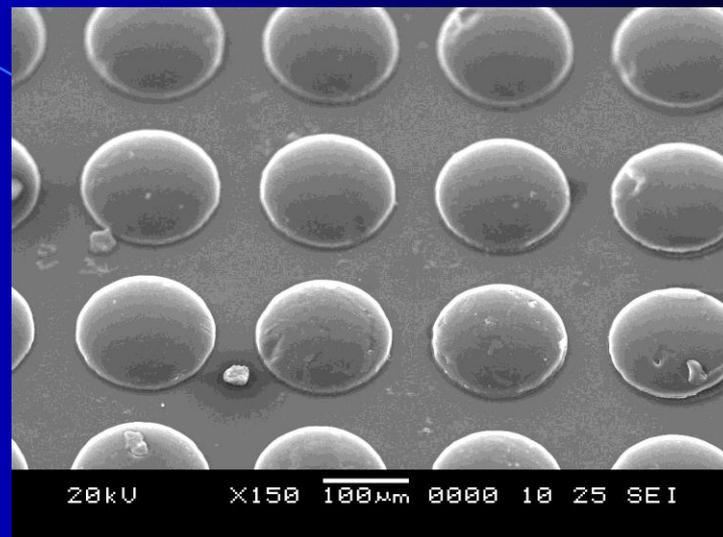


流動末端

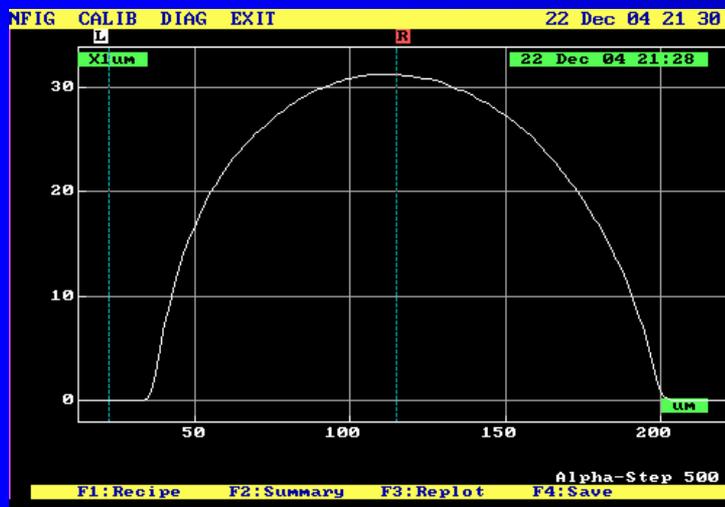
模溫90°C 加速氣缸0.6MPa 保壓氣缸0.4MPa



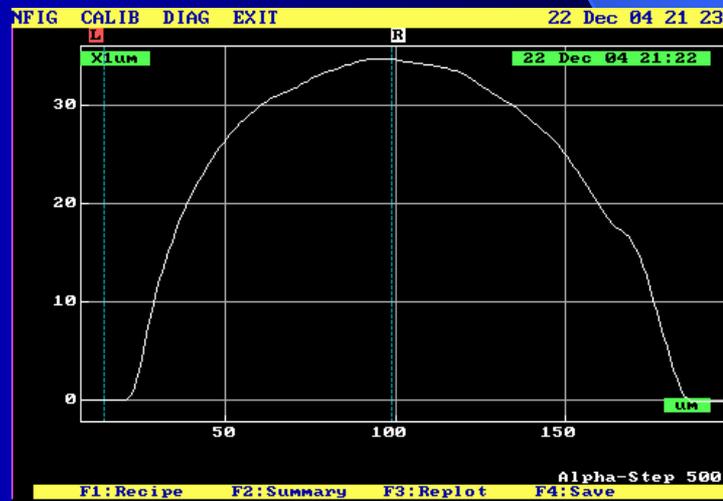
近澆口端



流動末端

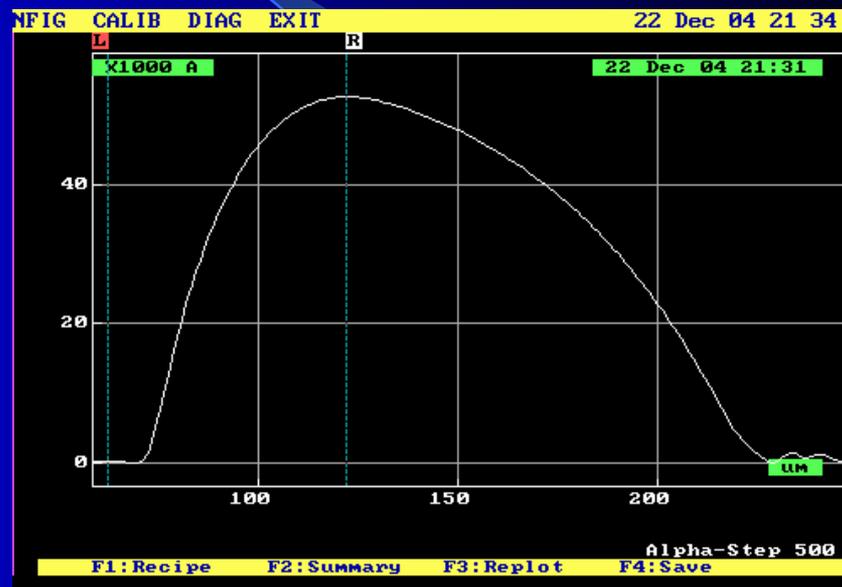
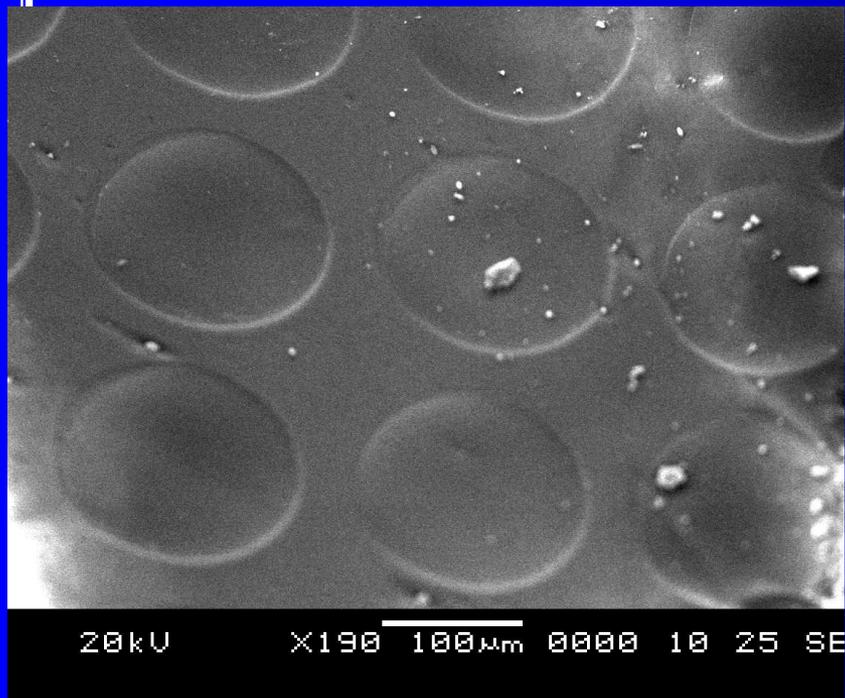


近澆口端

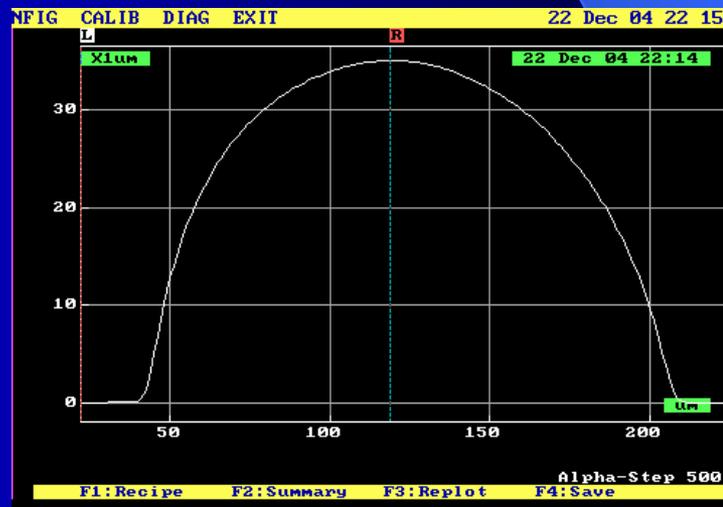
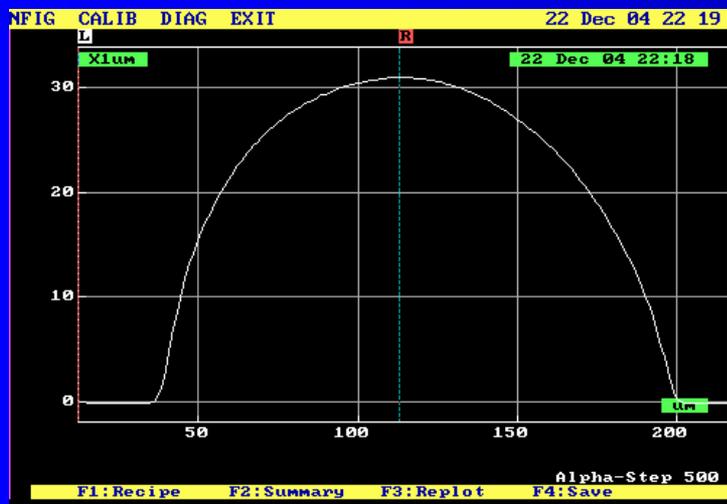
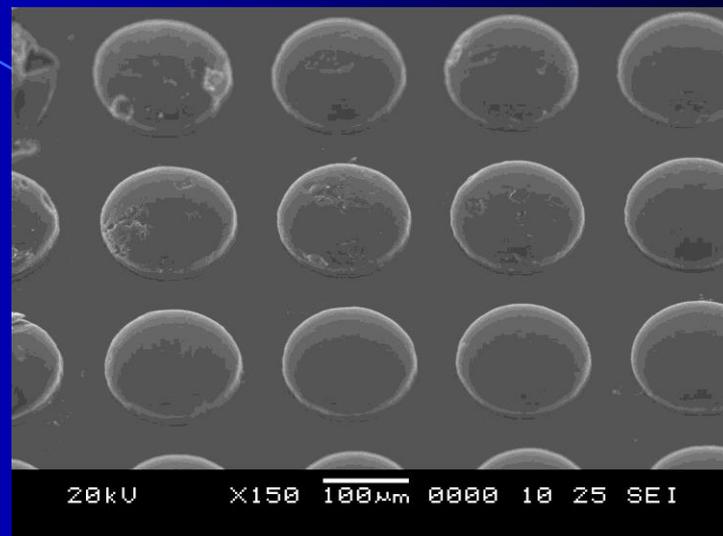
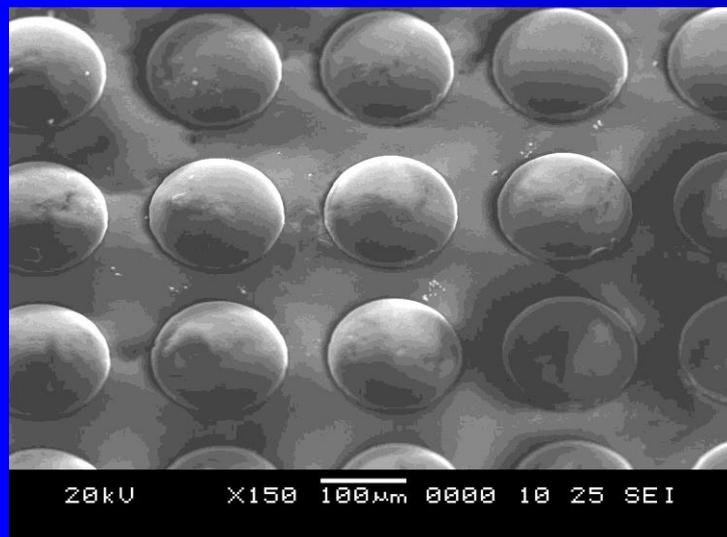


流動末端

模溫90°C 加速氣缸0.6MPa 保壓氣缸0MPa



模溫150°C 加速氣缸0.6MPa 保壓氣缸0.4MPa



近澆口端

流動末端