

機器人研磨概論(一)

2023.8.10

@DSA

孚達智動有限公司

許又升總經理

BOOSTER
YOUR EXPERT IN ROBOTIC TOOLS

Outline

- 前言
- 機器人研磨與人工的差異
- 浮動工具對機器人研磨的作用
- 研磨工藝與耗材的種類
- 機器人研磨系統的重要參數
- 浮動工具使用的限制

前言

- 何謂研磨與拋光

研磨(grinding)和拋光(polishing)沒有嚴謹的定義，不同地方用法常有出入，而且與sanding、buffing、deburring之類的別稱更容易混淆，今天一開始會先用「研磨」來指稱所有的研磨拋光，等到介紹研磨拋光工藝分類的時候再詳細說明

機器人研磨與人工的差異

- 控制方式

機器人研磨：位置控制邏輯 → 控制器只管TCP有沒有跑到正確位置，不知道end effector跟工件之間發生什麼事

人工研磨：力量控制邏輯 → 在出力的情況下，手的位置感覺很不精準，依靠反作用力的感覺決定如何調整出力，視覺給予最末端的反饋

機器人研磨與人工的差異

- 應用上的優勢

想研磨出完全一樣的尺寸，任何自動化機器的精度都勝過人工—>CNC
加工應用

研磨尺寸差異比較大但外觀看起來差不多的工件，對人來說不難，但很少機器做得到—>鑄造件研磨

機器人研磨與人工的差異

- 研磨的效率

如果工件大小重量適合人工作業，機器人絕大數都不比人快

非常小或非常大的工件才可以展現機器人效率上的優勢

機器人自動化的潮流是取代人工，所以大部分都是適合人工的工件大小，而且通常尺寸差異比較大，自動化難度比較高

浮動工具對機器人研磨的作用

- 工件尺寸差異大的問題：碰撞、沒磨到、磨過頭
- 除此之外，研磨材料消耗、機器人路徑誤差、工件定位誤差等，都讓問題更加嚴重

BOOSTER
YOUR EXPERT IN ROBOTIC TOOLS

浮動工具對機器人研磨的作用

- 改變工作的邏輯：位置控制—>力量控制

浮動工具可以視為機器人之外的第七軸，當機器人專注在TCP位置控制的時候，浮動工具介於機器人和研磨工具/工件之間，吸收各種誤差並維持一定的接觸力，讓位置控制轉換成力量控制

浮動工具對機器人研磨的作用

比較浮動工具(compliant tool)跟機器人原生力覺控制(force control)之間的差異

	浮動工具	力覺控制
形式	機器人外加第七軸	控制六軸改變力量輸出
力量穩定性	*** 氣壓緩衝使出力平穩，機器人可以用高速研磨	* 響應慢又易暴衝，受機構背隙影響大，只能低速研磨
使用方便性	*** 不用coding與設定，機器人路徑亦簡化	* 每一段路徑都要力控的程式設定
泛用性	*** 不同研磨耗材形式使用專門的浮動工具，可以對應多種研磨工作	* 理論上可以通用所有的研磨應用，實際上只能研磨相對平緩的面

基於以上的比較，目前主流都是採用浮動工具，力覺控制的應用比較狹隘

研磨工藝與耗材的種類

- 研磨工藝決定耗材種類，耗材種類決定研磨工具
- 研磨工藝分類(非單一標準)
 1. 移除要斷不斷的材料：去除鑄件的合模線、加工未斷的切屑等
 2. 移除多餘材料：去除鑄件的流道，工件尺寸修整
 3. 移除表面薄層：去除氧化物、砂孔、氣孔，改變表面粗度及紋理，修飾外型線條
 4. 提升表面品質：降低表面粗度，增加反光率，移除材料非目的之一

研磨工藝與耗材的種類

- 研磨(廣義)工藝分類(非單一標準)
 1. 去毛邊(deburring)：移除要斷不斷的材料
 2. 研磨(狹義)(grinding)：移除多餘材料
 3. 砂磨(sanding)：移除表面薄層
 4. 拋光(polishing、buffing)：提升表面品質

問題：按照此分類方式，拉絲屬於哪一種工藝？

研磨工藝與耗材的種類

常用耗材種類(以幾何特徵分類)

帶柄耗材



輪狀耗材



平面貼附耗材



環狀耗材



研磨工藝與耗材的種類

- 選擇耗材的三個主要原則

1. 可達性(不干涉)：由耗材與工件的幾何特徵共同決定

2. 材料移除率(需求的CT)：由耗材的粒度(grain size，或稱番數)及工具動力大小共同決定

3. 成品外觀(客戶審美觀)：由耗材的粒度、研磨手法以及介質硬度共同決定

研磨工藝與耗材的種類

- 選擇耗材的三個主要原則

	帶柄	平面貼附	輪狀	帶狀
可達性	* * *	*	* *	* *
材料移除率	*	*	* *	* * *
成品外觀	* ~ * * *	* * *	* ~ * *	* ~ * *

當然，選擇能適用多種工藝的耗材以節省成本也是技術條件以外的重要原則

研磨工藝與耗材的種類

- 帶柄耗材(材料移除率排序)

滾磨刀



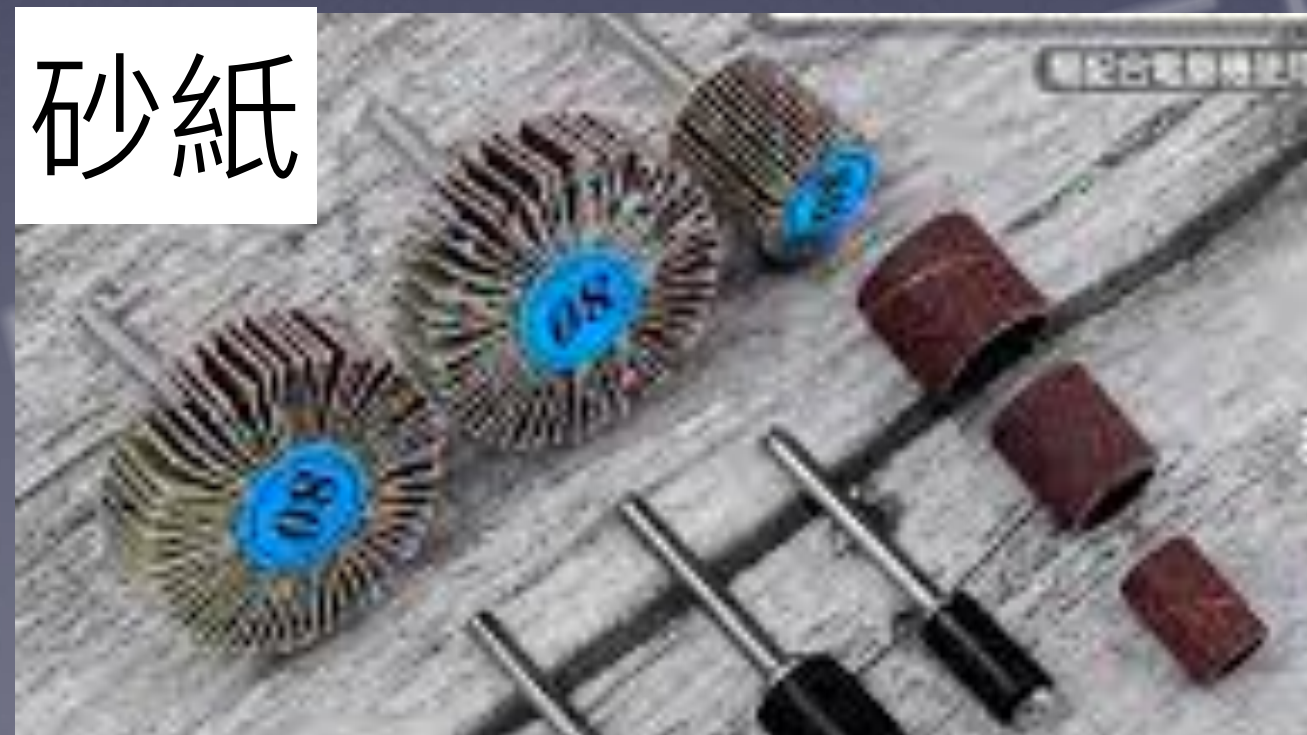
銼刀



砂輪



砂紙



纖維



刷



>

>=

>

>

>=

研磨工藝與耗材的種類

- 平面貼附耗材(材料移除率排序)

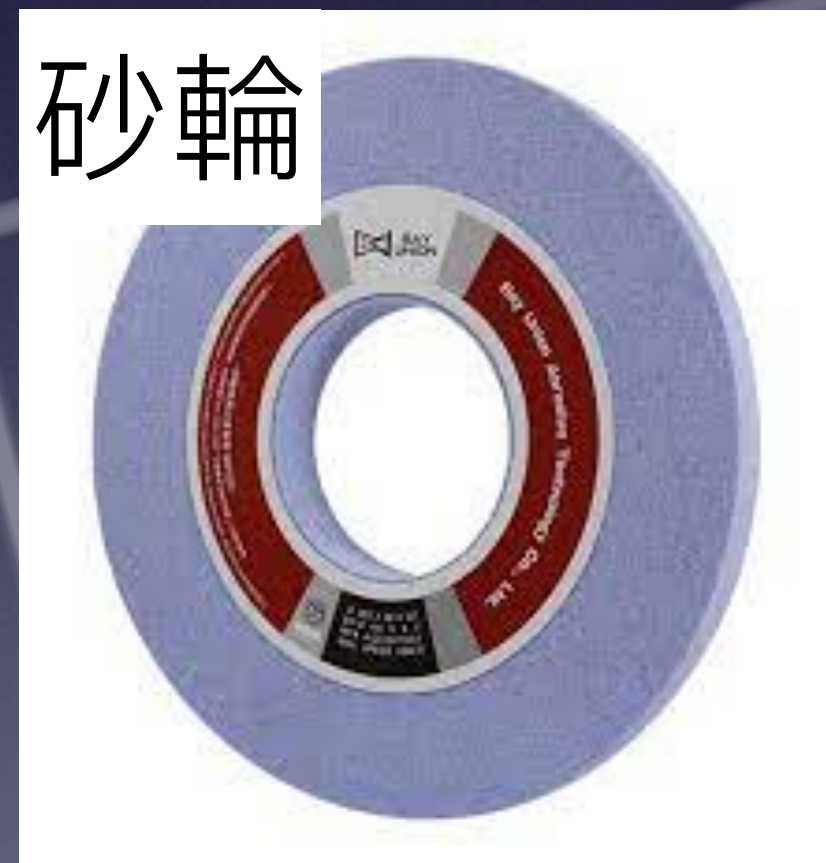


>



研磨工藝與耗材的種類

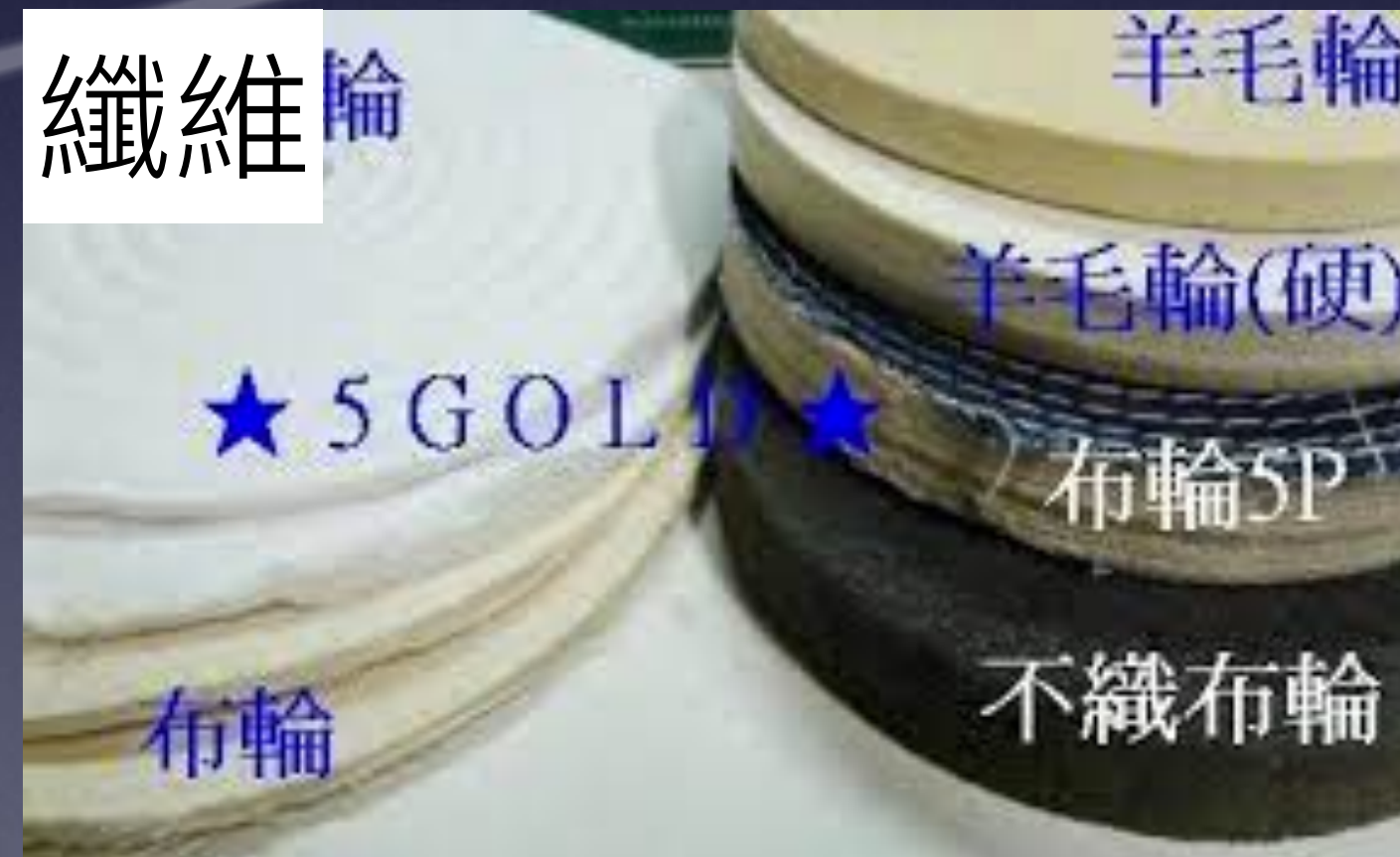
- 輪狀耗材(材料移除率排序)



>



>=



>



機器人研磨系統的重要參數

- 可達性(剛性條件)：依工件特徵選定耗材—>可達性確定
- 成品外觀(剛性條件)：粒度(越高越佳)、介質硬度(越軟越佳)、研磨手法(經驗、trial and error)
- 材料移除率(非剛性條件)：工具動力、接觸力、機器人移動速度

機器人研磨系統的重要參數

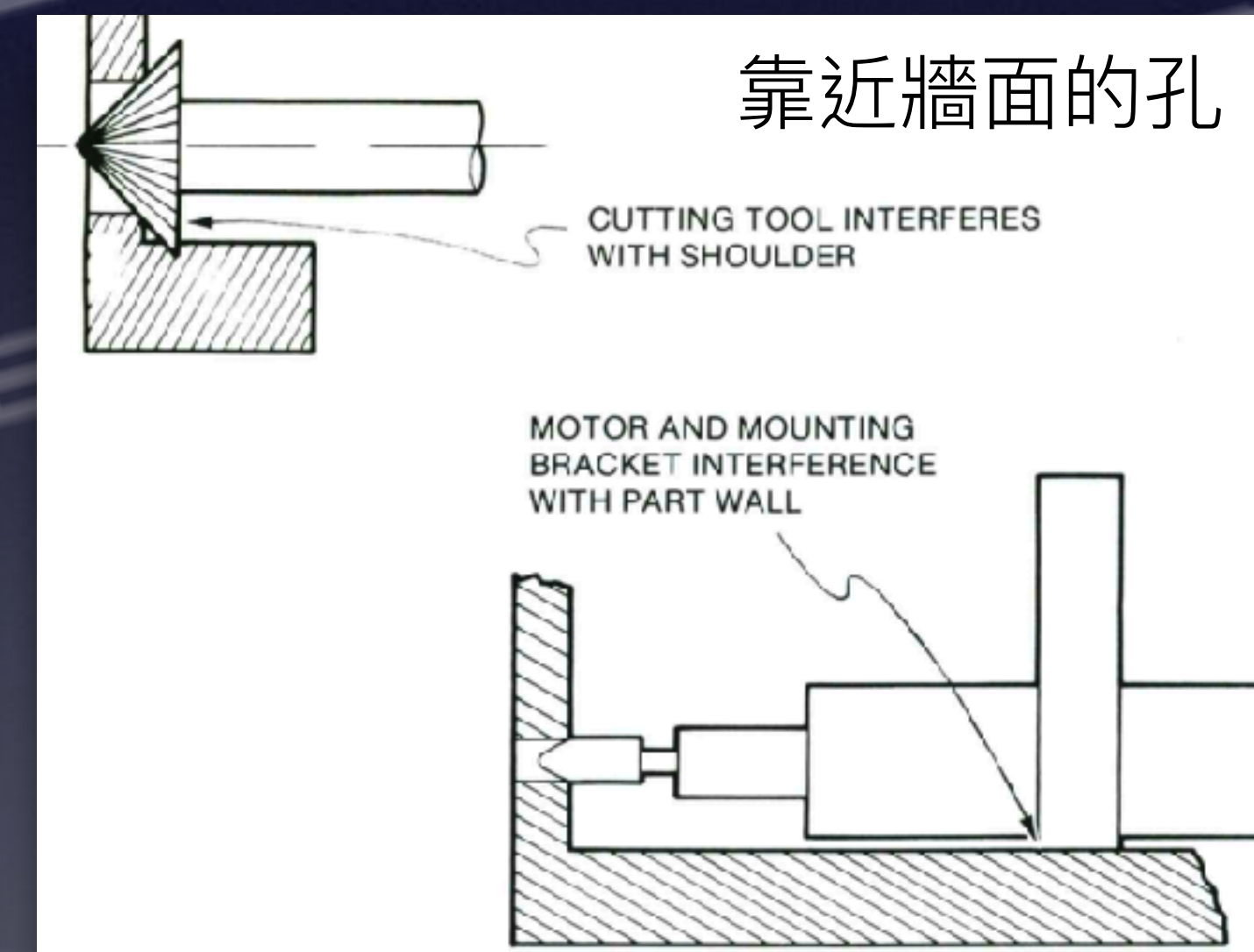
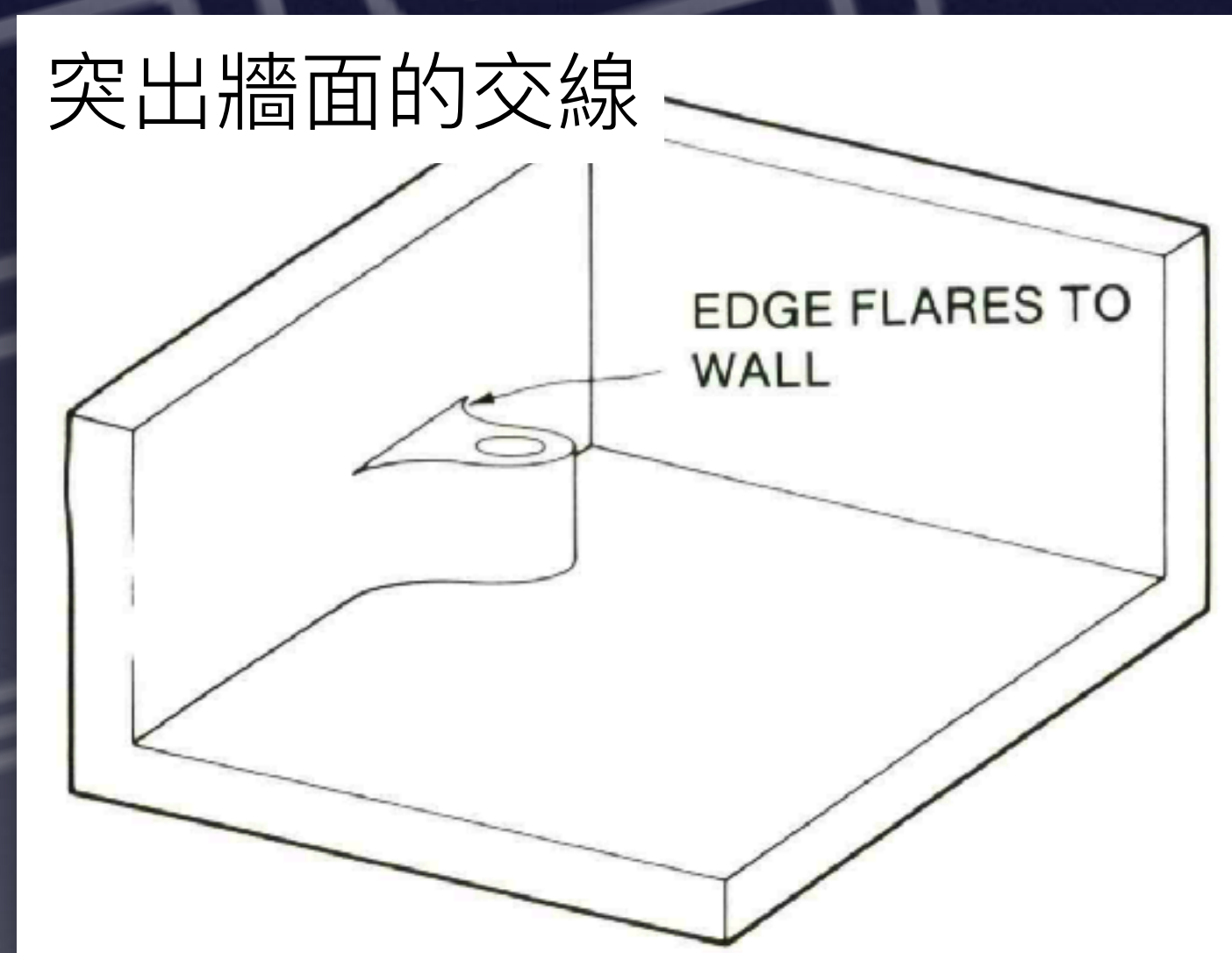
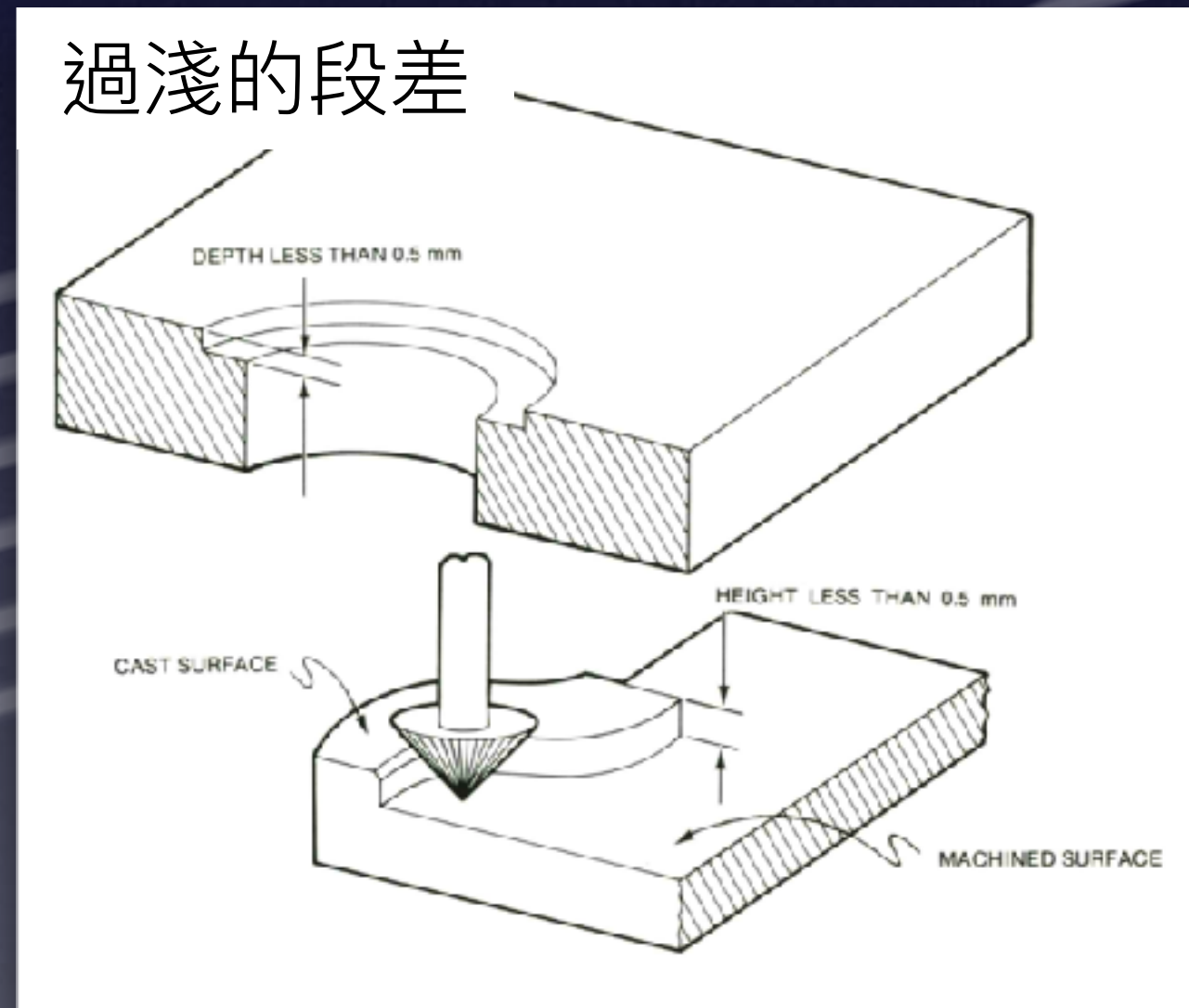
- 接觸力大-->材料移除率高-->機器人移動快-->CT短
- 注意接觸力大到一定程度會讓工具停止，機器人移動速度也有限
- 決定接觸力跟機器人速度的方式
 1. 選定耗材與工具以後，在目標的材料上測試
 2. 工具動力全開(0.5~0.6MPa並滿足耗氣量)
 3. 找出不會讓工具停止的最大接觸力
 4. 在這個接觸力之下，找出機器人用什麼速度移動可以符合研磨需求
 5. 如果機器人全速跑研磨量還是太大，降低接觸力直到符合研磨需求

機器人研磨系統的重要參數

- 工具動力保持全開的原因
 1. 氣動工具動力調整不線性
 2. 工件不同部位需要的材料移除率不同
 3. 從機器人速度和接觸力調整比較方便

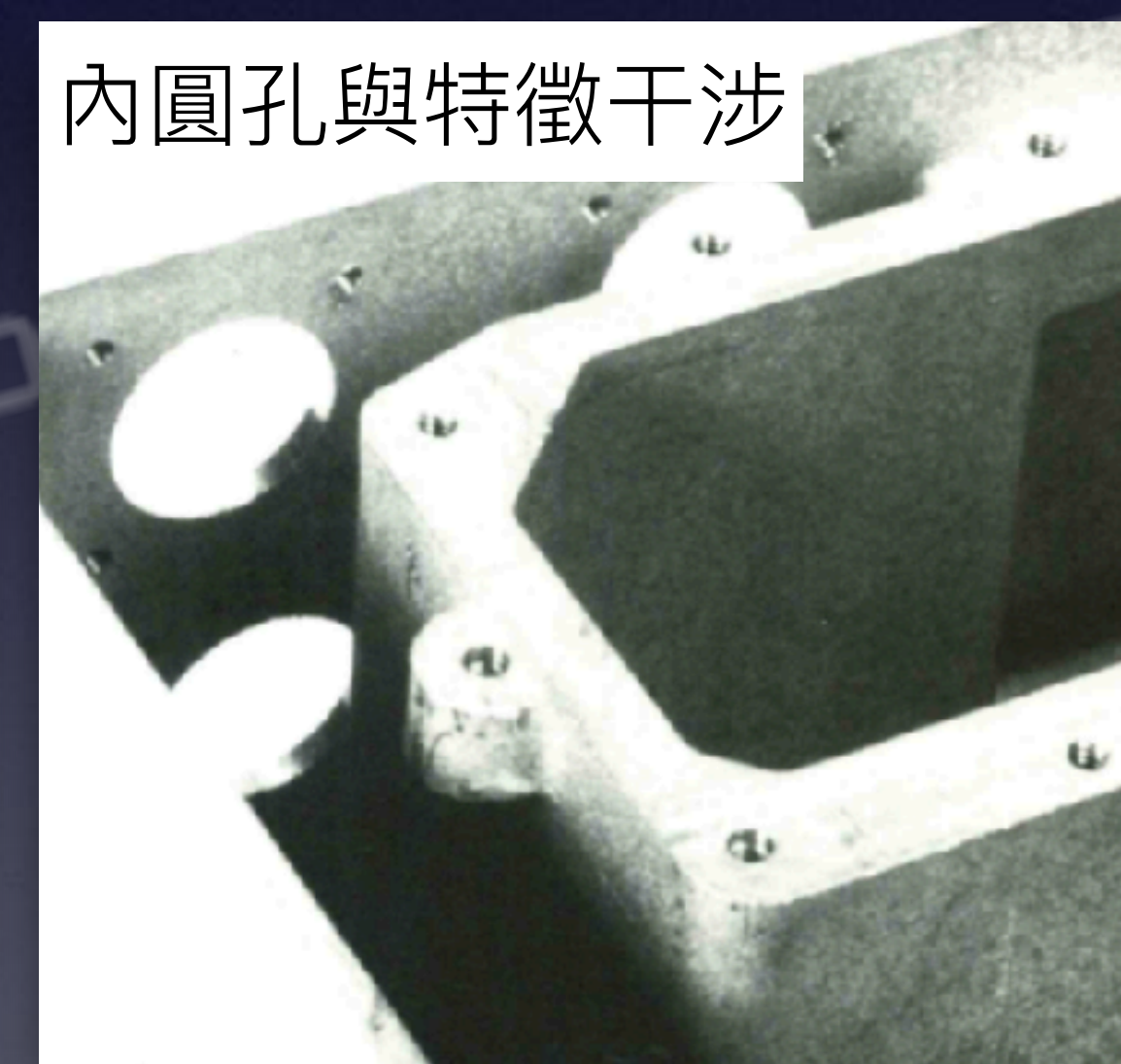
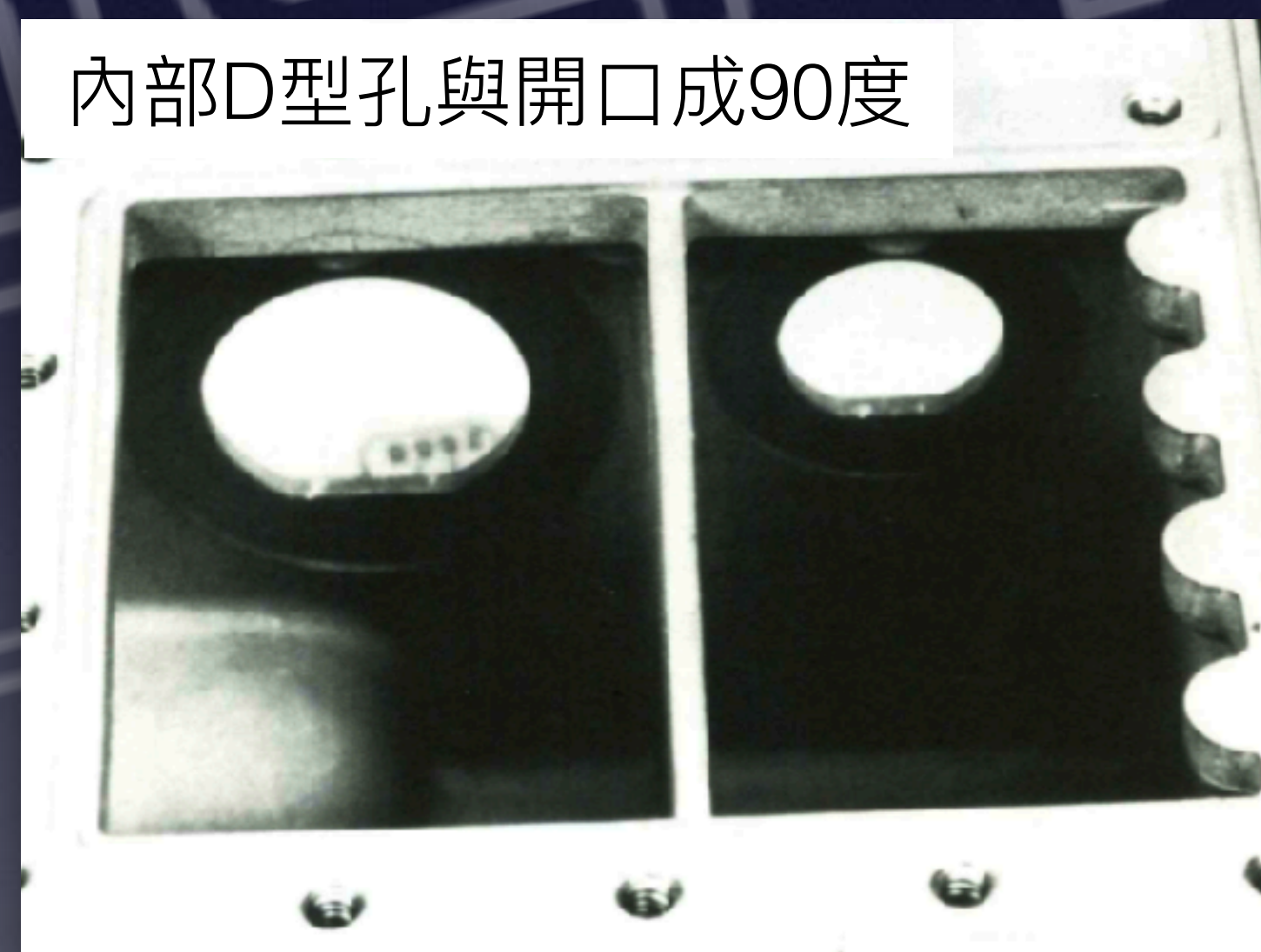
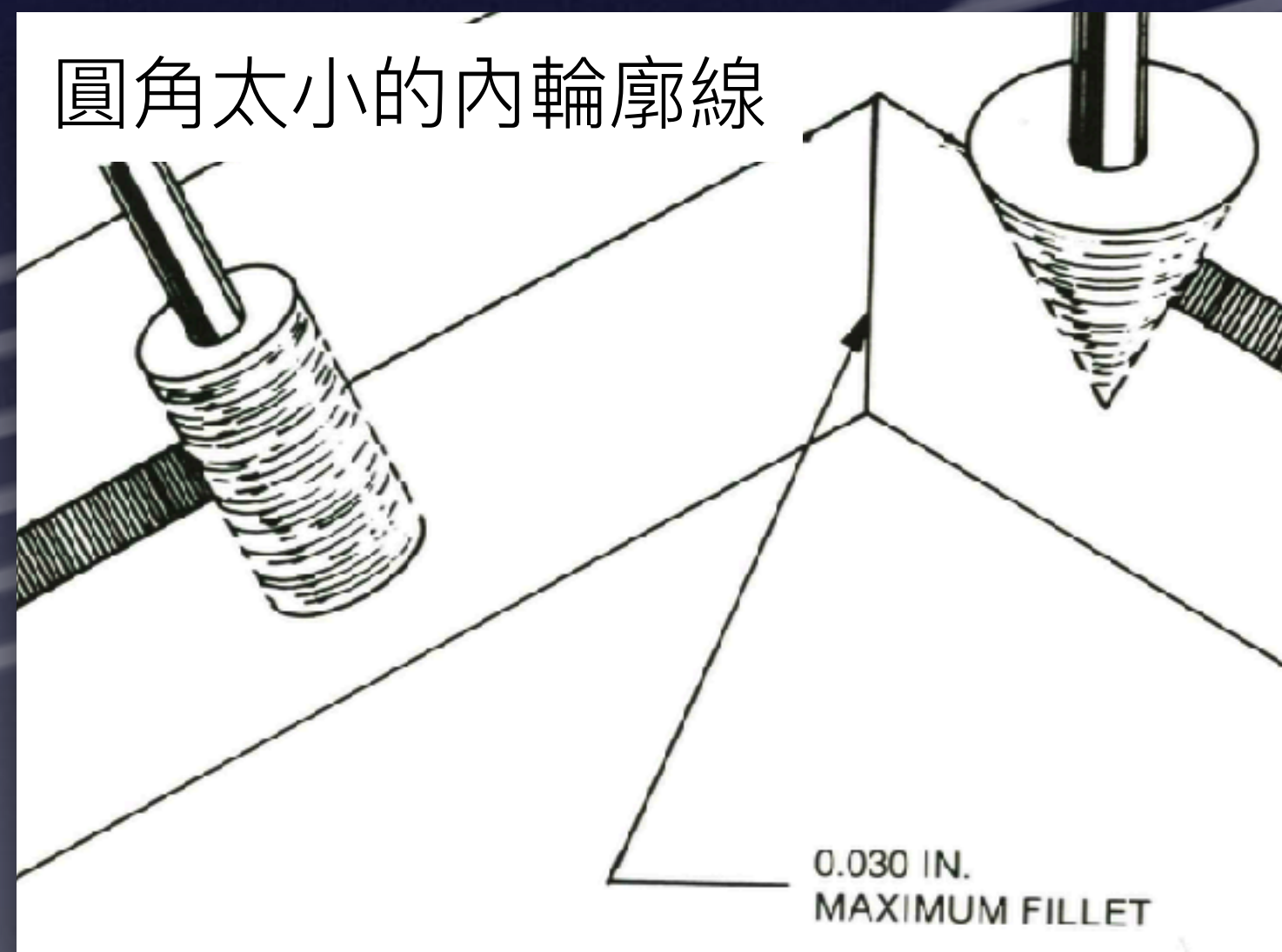
浮動工具使用的限制

- 幾何上的限制



浮動工具使用的限制

- 幾何上的限制



浮動工具使用的限制

- 機械結構上的限制

只能在浮動方向上接觸工件

帶柄及輪狀工具不能與工件多點接觸(引起彈跳)

BOOSSTAR
YOUR EXPERT IN ROBOTIC TOOLS

Thank you for your attention

Q&A time

