

CNC銑削加工初階應用實務 (手寫銑床CNC碼初階)

修平科技大學/機械系副教授 郭武彰

精密製造實驗室(五軸加工銑削)負責人

wuchang@hust.edu.tw

0931100470 (Line)

youtube影片：<https://goo.gl/iyhRIh>

教師簡介

- CNC銑床/車床 – 程式編寫教學
- CNC五四三軸銑床/車床 – 現場實務教學
- PowerMILL/MasterCAM – 程式排刀應用
- CNC銑床/車床乙級檢定教育訓練
- 教育部/達康科技公司/企業實習一學期，協做2016TMTS展示工件五件
- 勞動部/生產力中心之「小型人力提升計畫」入廠五軸/銑削教育訓練
- FB/郭武彰，YOUTUBE/郭武彰



專長

- 五軸CNC實務加工訓練
- CNC銑乙證照訓練
- CNC車乙證照訓練

資歷

- 勞動部車床丙級監評
- 勞動部CNC車床監評
- 達康科技業界實習半年
- 105學年度統測命題委員

聯絡方式

- 0931100470中華
- LINE: tw.0931100470
- FB: 郭武彰

CNC銑床乙級技術士檢定概說1(學科)

- 每年約八月底發售簡章
- 九月初報名
- 十一月筆試學科
- 十二月至隔年二月進行術科測驗
- 以上每年只有一梯

- 學科筆試部分，每年的考古題與答案均可在網路上查到，考試共計60題單選60分，20題複選40分，背一背就60分及格了。

- 術科分二題，一題為手寫程式題，另一為CAM程式題。題目前配對題組出現，為201~206共計6題組

CNC銑床乙級技術士檢定概說2(術科手寫)

- 手寫題是在一塊98*61*16mm的S45C鐵材上，依題目銑削出深度為均一4mm的圖形。
- 98*61*16素材不用銑六面，直接做題，正反面可做，所以有一次失敗機會。
- 程式撰寫不得參考資料，用鉛筆先書寫於題目紙張上
- 程式只能使用機床之控制器面板輸入，於機床上模擬
- 考場提供機床、虎鉗、刀桿、 $\phi 10$ 筒夾、平行塊、軟錘。考生自備ED10端銑刀、卡尺、挫刀、去毛邊、高度規、尋邊器...
- 機床型式依考場指定，除非特列，通常沒有事先熟悉的機會。

CNC銑床乙級技術士檢定概說3 (術科手寫)

- 以台中職訓局機械二股為例，考場提供七台西門子828D控制器銑床。修平考場為FANUC 0i-MD銑床4台。
- 一般均以同一支程式進行三次相同路徑加工，第一/二次為粗加工，XYZ的預留量為0.1。(裝 $\phi 10$ 的刀，但刀具半徑補正為5.1，G54之Z值為+0.1，刀長依實際長度量測至OFFSET)
- 第三次為精加工，調整刀具半徑補正量為5.0，G54之Z值回復為0.0，刀長同前。
- 完成之後先在虎鉗上量測尺寸是否正確，不正確即進行補救，再慘就翻面再做。
- 下工件之後，仔細去毛邊，交件並領取CAM題的題紙及素材。

CNC銑床乙級技術士檢定概說4(術科CAM)

- CAM題使用考場提供的軟體進行，中區職訓是使用MASTERCAM X5進行繪圖及刀路製作。本教材會以SOLIDWORKS+POWERMILL方案進行。
- 繪圖需嚴謹考慮加工公差，CAM規畫亦需極熟練的能力，加工過程極依賴正確的參數，很可能參數錯誤斷刀就會報銷工件。後處理出程式碼亦要小心修改部份內容。
- 可以容許失敗一次，再領用一只全新素材。
- 一般會使用到定位倒角鑽、鑽尾5.8、EM6，R3，絞刀6.0，倒角刀；在206題，EM6需換成EM5。
- 加工過程長達1~2小時，失誤的後果非常嚴重。
- 部分精度尺吋、倒角會有手動調變機床設定的可能，要邊做邊調。
- 完成之後亦仔細去毛邊。

CNC銑床乙級技術士檢定概說5 (術科CAM)

- 其中的 $\phi 6$ 孔，需仔細用R3球刀測試穿越，方可交件。
- 交件後當場不會評分，但有可能...監評會告知不及格的尺寸位置。
- 靜待勞動部的發照公告。
- 註：若是運氣不好斷刀，考生需有重置新刀具及接程式的能力，故習慣會輸出單支程式，一支一支手動呼叫加工。

- 以下課程目標為手寫程式撰寫題之技法。

銑削參數的評估-1

- 何謂米數？每刃切削量？每層吃量？查表？公式？刀具商？順逆銑？
- 米數
銑刀刀刃最外緣的切線速度，以 m/min 評估之

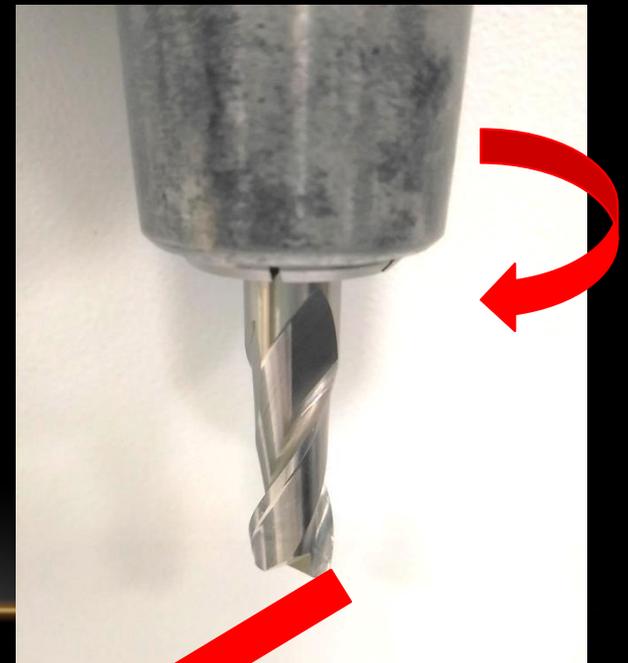
$$V = (\pi * D * S) / 1000$$

π 為圓週率 3.14

D 為刀直徑，單位 mm

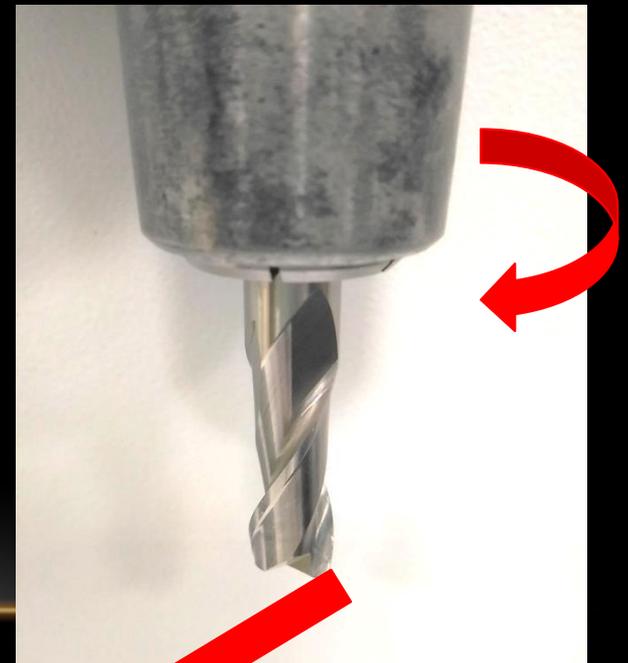
S 為主軸轉速，單位 rpm

- 常用對應評估值(無關刀直徑)
鎢鋼刀/S50C鋼料 = 60~150 m/min
鎢鋼刀/6字頭鋁料 = 80 ~ 250 m/min
HSS刀/鐵料 = 20 ~ 30 m/min
HSS刀/6字頭鋁料 = 40 ~ 100



銑削參數的評估-2

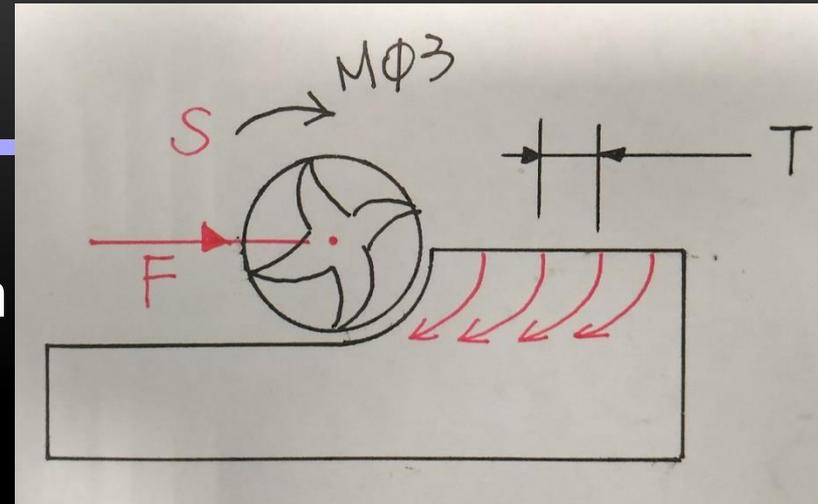
- 鎢鋼刀性脆，怕低米數加工與震動
- HSS刀性韌，怕高米數但耐震
- 以上為一般參考，實際依刀具材質組成、塗層、配件強度、機床強度、被切削材料而有很大不同。
- 應用工程師應自行建立工作環境之標準參數，再測試刀具之工作極限。
- 本公式可於第一步先求出主軸之轉數S值



V

銑削參數的評估-3

- 每刃切削量：刀具於行進間，每刃移除料件的厚度， T 以 mm 為單位
- 與轉速條件 S 逆比例
與進給率 F 正比例
- $T = F / (S * Z)$ ，其中 F 為進給率 mm/min， S 為主軸轉速 RPM， Z 為刀刃數
- 此公式可得到切削過程中之參數 F
- 鎢鋼刀/鐵料： T 可以先試 刀直徑/100
- HSS 刀/鋁料： T 可先試 $(\text{刀直徑}/100) * 0.8$



銑削參數的評估-4

- 每層下切量與刀間距 <https://youtu.be/0YQ7AOkkm8g>
- ~~相對於近年的擺線加工~~，傳統粗銑可用：
刀直徑 * (0.1至0.5) 做為每層下切量的參考值
刀間距以 刀直徑 * 0.6 嘗試之
- 以上S、F、刀間距、每層下切為粗銑之最重要評值估，
可以互相消長取得刀具的極限利用率
- 擺線加工的示範
CAM模擬：https://youtu.be/U_VfXjx9JhY
實切1：<https://youtu.be/QXrMCZaSeY8>
實切2：<https://youtu.be/z4cE1AFSiuk>

銑削參數的評估-5

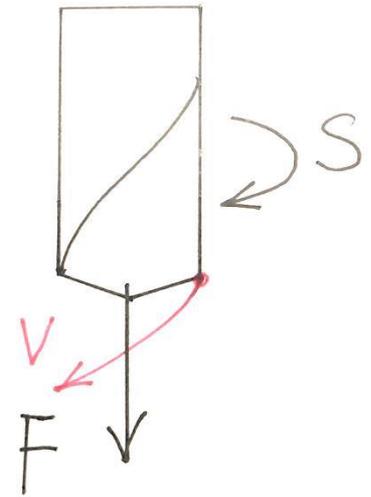
- 銑削參數練習題
- 假設有一EM10二刃鎢鋼端銑刀，使用於S50C中碳鋼鐵料粗銑，請自定：切削米數及每刃切削量，進而求出 F ？ S ？並且評估每層下切量及刀間距之數值。
- 假設有一EM1三刃HSS端銑刀，使用於鋁料粗銑，請自定：切削米數及每刃切削量，進而求出 F ？ S ？並且評估每層下切量及刀間距之數值。
- 假設有一EM10四刃以S3200及F750切削鐵料，每層下切量4mm。請逆算出米數與每刃切量，同時如果將此參數套用至EM7三刃，則 S 、 F 、每層下切量各為多少？(註明單位)

銑削參數的評估-5A

- 銑削參數練習題
- 假設有一EM12三刃鎢鋼端銑刀，使用於S50C中碳鋼鐵料粗銑，請自定：切削米數及每刃切削量，進而求出 F ？ S ？並且評估每層下切量及刀間距之數值。
- 假設有一EM6三刃HSS端銑刀，使用於鋁料粗銑，請自定：切削米數及每刃切削量，進而求出 F ？ S ？並且評估每層下切量及刀間距之數值。
- 假設有一EM10三刃以S3200及F750切削鐵料，每層下切量4mm。請逆算出米數與每刃切量，同時如果將此參數套用至EM6四刃，則 S 、 F 、每層下切量各為多少？(註明單位)

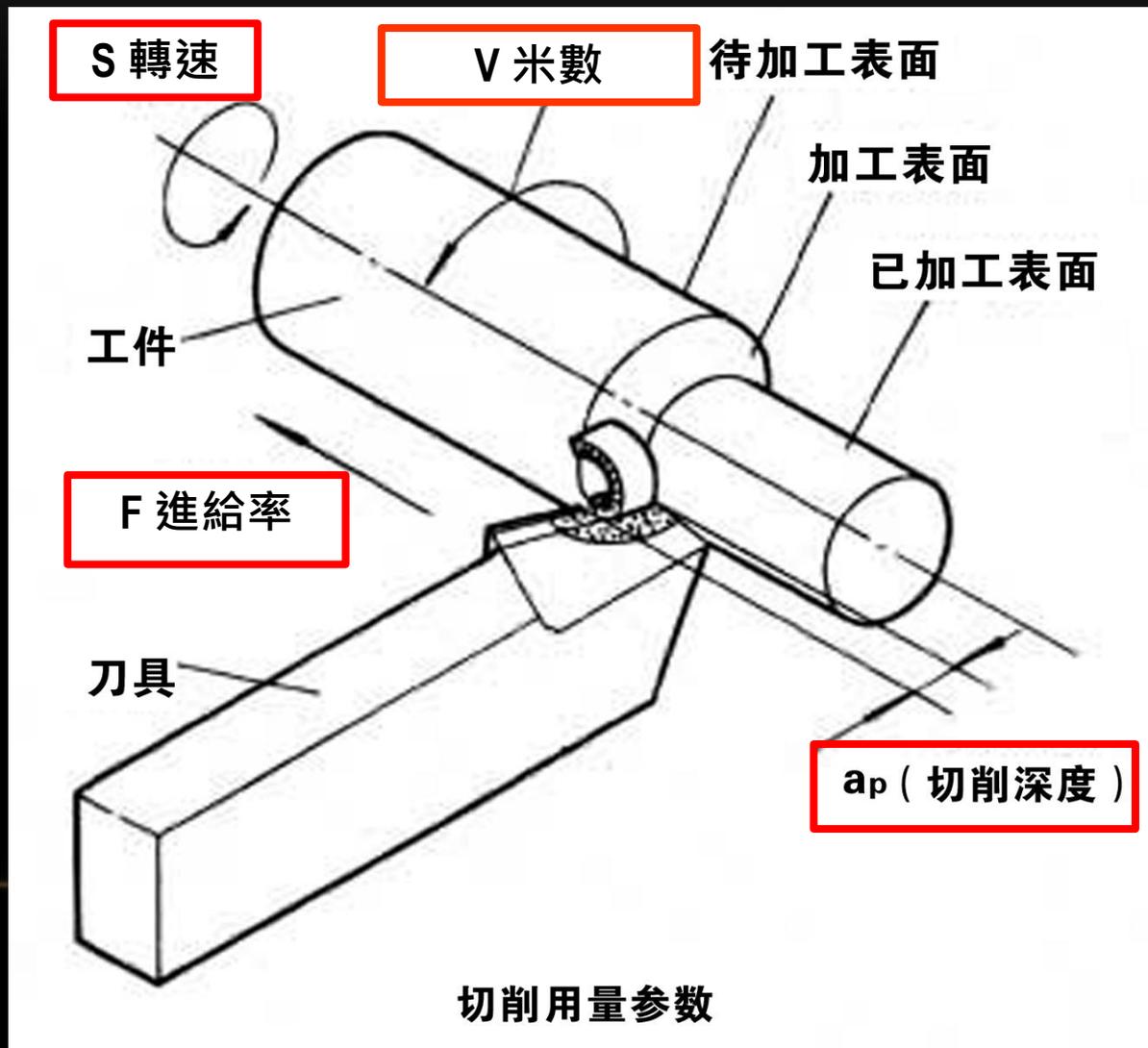
銑削參數的評估-6

- 鑽削參數評估
- 米數之計算相同於端銑刀，得S
- 每刃切削量相同於端銑刀，得F
- HSS鑽用於S50C及鋁料：米數20~30
- 鎢鋼鑽用於S50C及鋁料：米數60~100
- 每刃切削量以 $\frac{1}{100} * \text{刀直徑}$ 為基準



銑削參數的評估-7

- 車削參數評估



銑削參數的評估-8

- 車削不同於銑削，是為連續不斷削加工，刀片的壽命比銑削長很多
- 米數定義相同於切削
$$V = (\pi * D * N) / 1000$$

π 為圓週率3.14
D為車刀尖端之加工直徑，單位 mm
N為夾頭轉速，單位 rpm
- 程式例
G50 S2000
G96 S180 M03

銑削參數的評估-9

- 車削米數評估
- 建議全然參考刀具商的文件，因為刀片材質與塗層之差異性比銑刀來的大。例如SANDVIK文件...
- 下列為粗略評估

鋼	處理條件	BHN	高速鋼		合金鑄鐵		碳化鎢	
			速度 m/min	進給 mmpr	速度 m/min	進給 mmpr	速度 m/min	進給 mmpr
低碳易削鋼	冷抽拉	170-190	60	0.12	80	0.12	225	0.15
中碳易削鋼	冷抽拉	200-230	50	0.12	60	0.12	150	0.12
	淬火及回火	250-300	35	0.12	40	0.12	130	0.12
普通低碳鋼	退火	110-165	40	0.12	60	0.12	170	0.15
普通中碳鋼 (0.4-0.5 C)	退火	120-185	35	0.12	50	0.12	150	0.15
普通高碳鋼 (0.55-0.95 C)	退火	170-200	30	0.12	50	0.12	150	0.12
普通中碳鋼	淬火及回火	210-250	30	0.10	40	0.10	140	0.12
	淬火及回火	260-310	25	0.10	40	0.10	120	0.10
普通高碳鋼	淬火及回火	320-375	15	0.10	30	0.10	75	0.10

銑削參數的評估-10

- 車削米數評估
- 建議全然參考刀具商的文件，因為刀片材質與塗層之差異性比銑刀來的大。例如SANDVIK文件...
- 下列為粗略評估(台中精機手冊)

方式 材質	粗 車	精 車	車 牙	截 溝 切 斷	鑽 孔
S45C 中碳鋼	160~180	180~200	120	100	25
SCM 合金鋼	130~150	200	100	100	25
FC 鑄鐵	100~130	180	100	80	25
Cu 銅	220~250	220~250	130	130	30
Al 鋁	300	300	150	150	60
SUS 不鏽鋼	70~80	90~100	60	50	15

銑削參數的評估-11

- A_p 切削深度：以車刀能承受之粗車量，同時以能斷屑為原則

- 例1(一般外徑粗車)

G50 S2000

G96 S180 T0101 M03

...

G71 U2.0 R2.0

G71 P10 Q20 U0.3 W0.1 F0.2

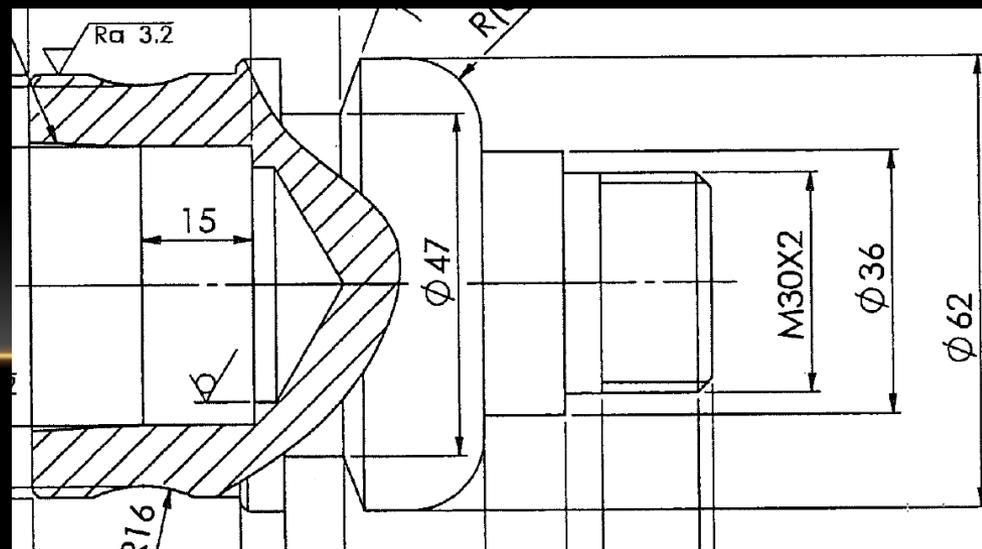
- 例2(一般切斷車削)

G50 S2000

G96 S100 T0505 M03

...

G01 Z-55.9 F0.05

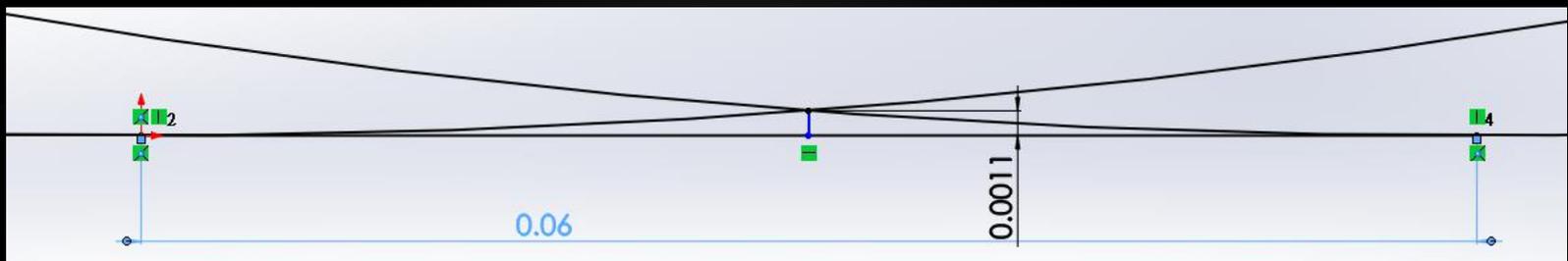
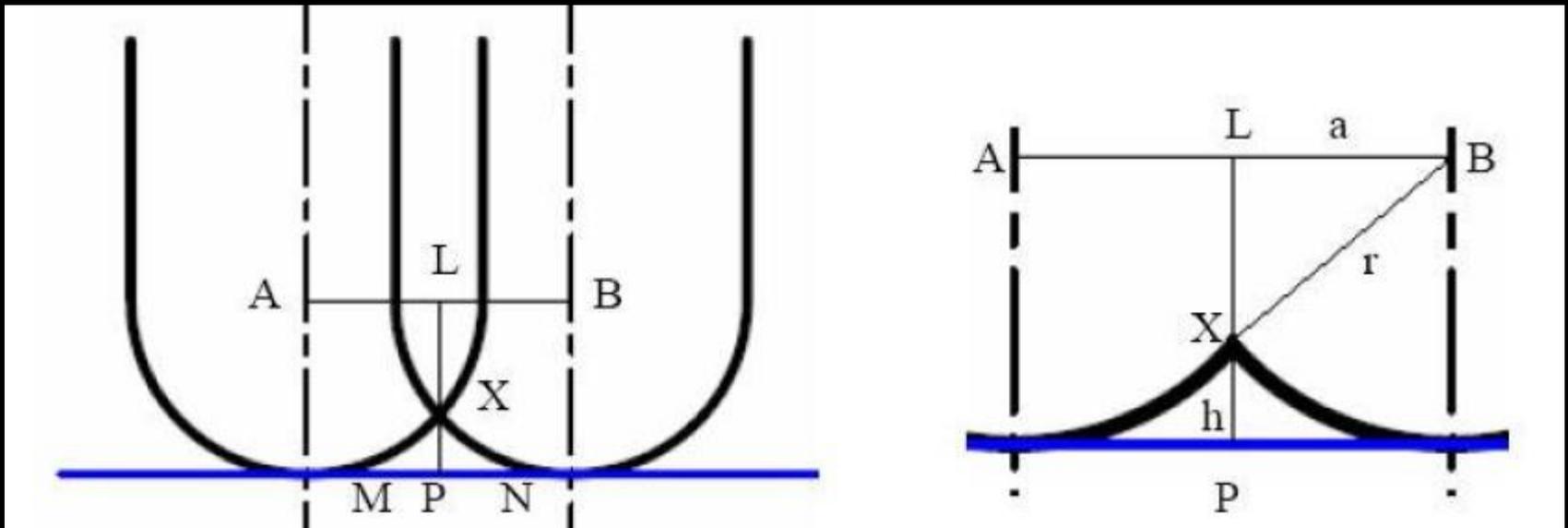


銑削參數的評估-12

- 參考動畫 <https://www.youtube.com/watch?v=EWB17JgNo-Q>
- 參考動畫 <https://www.youtube.com/watch?v=KnV4XvIVyzU>

銑削參數的評估-13

- 車削表面粗度：由留痕高度決定(球刀精銑削亦同)
- R0.4之車刀以F0.06進給，留痕高度為0.0011(以SW繪圖)
- 一般而言，留痕高在 $2u$ 以下，就很美觀了。



銑削參數的評估-14

- 車削F值之評估：單位mm/rev，仍依賴刀具商參數表及經驗值決定
- 粗車削例
G96 S180 T0101 M03
G71 U2.0 R2.0
G71 P10 Q20 U0.3 W0.1 F0.2
- 精車續上例
G96 S2000 T0303 M03
G70 P10 Q20 F0.06

銑削參數的評估-15

● Sandvik車刀參考例



切削速度推薦值

切削速度 (v_c) , m/min (ft/min)

牌号 1025

P

M

N

S

60-200
(185-655)

60-180
(195-590)

90-400
(295-1310)

20-50
(65-165)

牌号 CB7015

H

60-200
(200-600)

CoroTurn® XS 的切削參數推薦值

車削刀片

刀片尺寸	尺寸, mm, inch				应用范围 普通車削 / 背鏜 推荐切削深度				推荐进给量	
	d_{m1}	b_{21} mm	b_{21} inch	r_{ϵ} mm r_{ϵ} inch	a_p mm	最小 - 最大	a_p inch	最小 - 最大	f_n mm/r	最小 - 最大
04	0.18	.007	-	-	0.05	(0.01 - 0.08)	.0020	(.0004 - .0031)	0.007	(0.050 - 0.015)
04	0.28	.011	-	-	0.06	(0.01 - 0.10)	.0024	(.0004 - .0041)	0.010	(0.050 - 0.014)
04	0.38	.015	-	-	0.08	(0.01 - 0.15)	.0031	(.0004 - .0059)	0.012	(0.008 - 0.017)
04	0.46	.018	-	-	0.09	(0.01 - 0.20)	.0035	(.0004 - .0071)	0.015	(0.010 - 0.020)
04	0.56	.022	-	-	0.12	(0.01 - 0.22)	.0047	(.0004 - .0087)	0.018	(0.010 - 0.025)

銑削參數的評估-16

● Sandvik車刀參考例

切削速度推薦值，公制

推薦值僅在使用切削液時有效。

ISO P	MC 材料編	CMC	鋼 材料	單位切削力 k_{c1} N/mm ²	布氏硬度 HB	<<<< 耐磨性	
						CT5005	CT5015
						h_{v2} , mm	feed f_r , mm/r
						0.05-0.1-0.2	0.05-0.1-0.2
						切削速度 (V), m/min	
P1. 1. Z. AN	01. 1		非合金鋼 C=0.1 - 0.25%	1500	125	730-590-485	650-540-440
P1. 2. Z. AN	01. 2		C=0.25 - 0.55%	1600	150	650-530-420	570-480-385
P1. 3. Z. AN	01. 3		C=0.55 - 0.80%	1700	170	-	510-425-340
P2. 1. Z. AN	02. 1		低合金鋼 (合金元素 ≤5%) 非淬硬	1700	180	530-450-360	480-400-320
P2. 1. Z. AN	02. 12		軸承鋼	1800	210	-	-
P2. 5. Z. HT	02. 2		調質	1850	275	395-325-250	285-235-190
P2. 5. Z. HT	02. 2		調質	2050	350	320-260-200	230-190-150

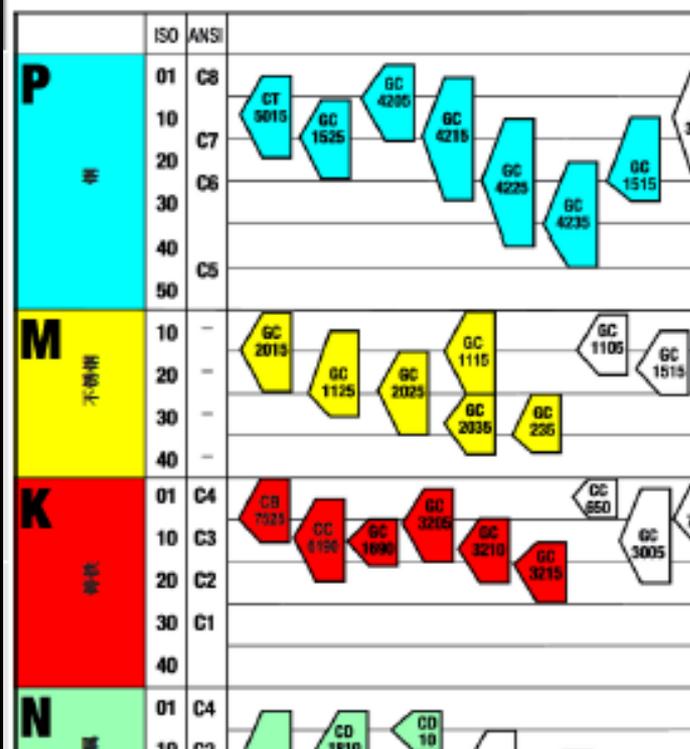
切削速度推薦值，公制

										韌性 >>>>
GC1515	GC1125	GC3005	GC4205	GC4215	GC4225	GC2015	GC4235	GC30	GC2025	
0.1-0.2-0.3	0.1-0.2-0.3	0.1-0.3-0.5	0.1-0.4-0.8	0.1-0.4-0.8	0.1-0.4-0.8	0.1-0.4-0.8	0.1-0.4-0.8	0.15-0.25-	0.1-0.4-0.8	
310-290-255	310-290-255	520-415-340	620-450-330	570-405-300	510-345-245	440-300-210	425-275-200	305-260-215	295-200-145	
280-255-245	280-255-225	470-370-305	560-405-295	510-365-265	455-305-215	400-270-190	380-245-180	275-235-195	265-180-130	
285-260-230	260-235-210	445-355-290	530-385-275	460-330-240	425-290-205	370-250-175	365-235-170	260-220-185	250-170-120	

銑削參數的評估-17

● Sandvik車刀參考例

用于普通车削的牌号



用于普通车削的牌号

P 钢、铸钢、长切屑可锻铸铁。

基本牌号

GC3015 (HT) - P10 (P01-P20)

具有优良的抗积屑瘤和抗塑性变形能力的非涂层金属陶瓷牌号。新型配方提高了韧性。用于要求高表面质量与/或低切削力的长合金钢和合金钢的精加工。 $f_n \times a_p < 0.35 \text{ mm}^2$

GC1515 (HC) - P25 (P10-P30)

薄 CVD 涂层和超硬合金。推荐用于中低速下精加工长碳钢、合金钢和其它较软的钢材。当需要锋利的切削作用与较高的表面质量时，该牌号表现优异。其很高的耐磨冲击性能使其也适用于轻间断切削。

GC1525 (HC) - P15 (P05-P25)

PVD 涂层金属陶瓷牌号。具有优良的耐磨损性和刃口韧性。用于长碳钢和合金钢的精加工和半精加工。适用于中等和高切削速度下要求高表面质量的场合。 $f_n \times a_p < 0.35 \text{ mm}^2$

GC4205 (HC) - P05 (P01-P15)

CVD 涂层牌号。具有优异的抗月牙地磨损和抗塑性变形能力。推荐用于稳定工况下工件的高效中等加工和粗加工。能承受高温，并且不会降低干涩加工应用中的刃口安全性。

GC4215 (HC) - P15 (P01-P30)

用于精加工到超加工的 CVD 涂层硬质合金牌号。适合于钢和铸钢件的连续切削至轻型断续切削。优化了硬度与韧性的陶瓷基体与耐磨涂层相结合。在干切削和湿切削应用中既能承受高温，又不会牺牲刃口安全性。

GC4225 (HC) - P25 (P10 - P40)

CVD 涂层硬质合金牌号。用于钢件和铸钢件的精加工到粗加工。具备钢件车削所需最佳硬度和韧性特性的陶瓷基体与厚的耐磨涂层相结合，使其能够进行高效的连续和间断切削。该牌号应用范围十分宽广

GC4235 (HC) - P05 (P05-P40)

銑床手寫碼簡介-7B



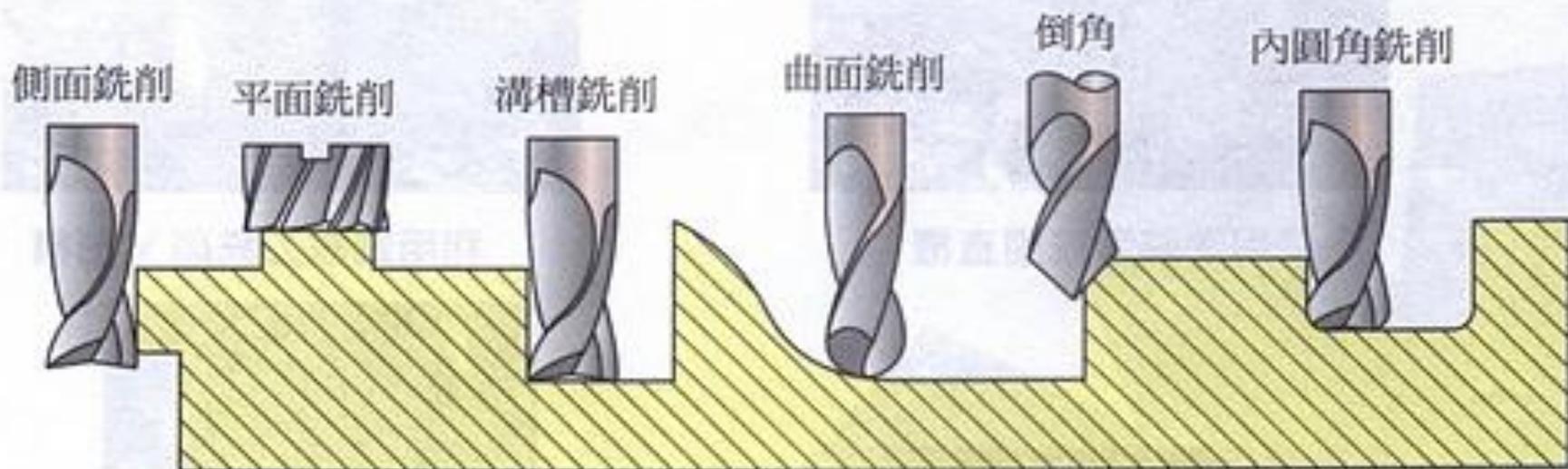
台中預校・聯機集團

Speeds & Feeds ENDMILL(Sintered Carbide)										
鎢鋼固定銑刀										
工件材質：STEEL (鋼)										
Cutter Dia	Rough & Semi Finish 粗銑					Finish 精銑				
	Dφ	RPM	V.M/min	F		No. of teeth	RPM	V.M/min	F	
mm/min				mm/t	mm/min				mm/t	
10	1400	44	168	0.06	2	1800	57	144	0.04	2
20	710	45	99	0.07	2	1000	63	100	0.05	2
25	560	44	90	0.08	2	800	63	80	0.05	2
30	450	42	140	0.08	4	630	60	150	0.06	4
40	355	45	110	0.08	4	500	63	120	0.06	4
50	280	44	90	0.08	4	400	63	95	0.06	4

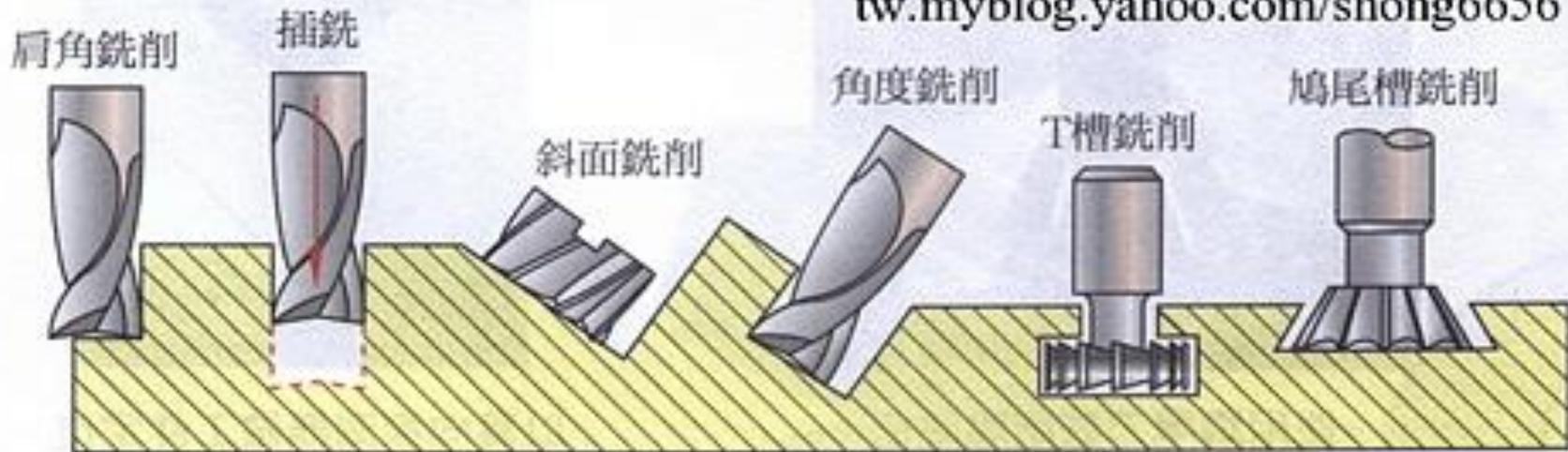
工件材質：CAST IRON (鑄鐵)

Cutter Dia	Rough & Semi Finish 粗銑					Finish 精銑				
	Dφ	RPM	V.M/min	F		No. of teeth	RPM	V.M/min	F	
mm/min				mm/t	mm/min				mm/t	
10	1600	50	160	0.05	2	2240	70	180	0.04	2

補充



tw.myblog.yahoo.com/shong6656



以各種端銑刀銑削加工的情形