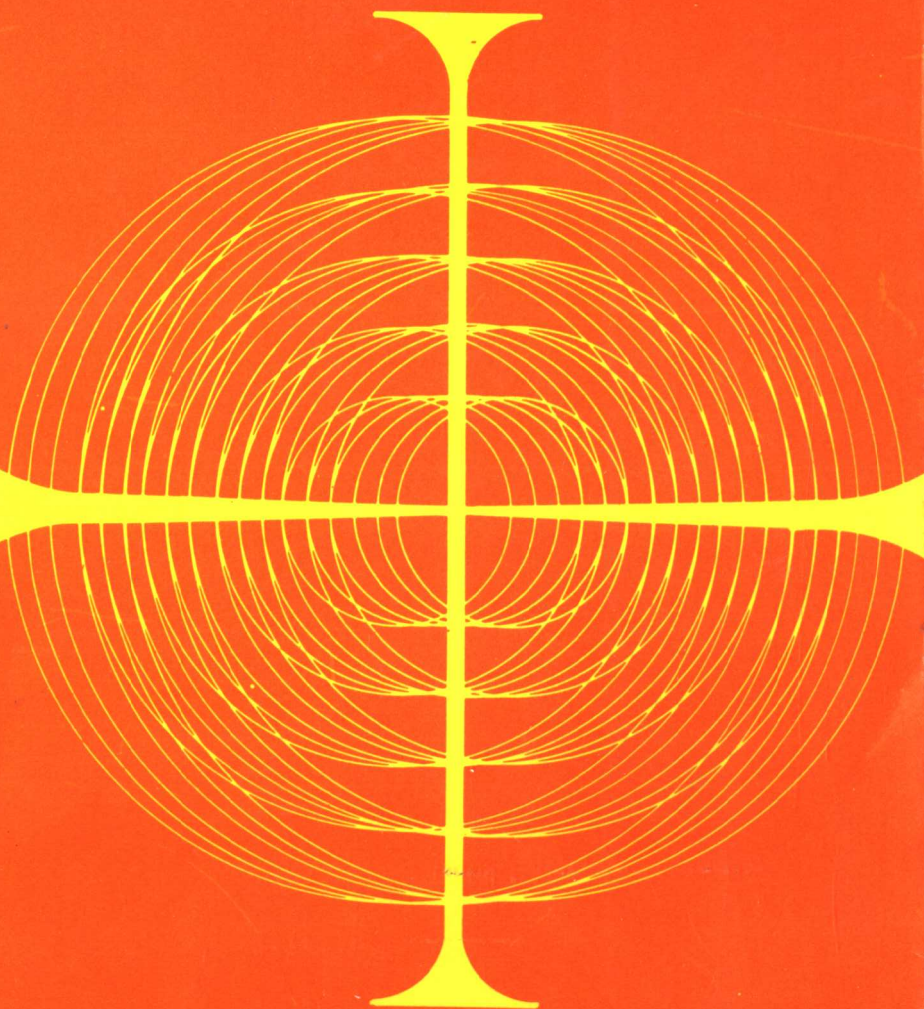


微細加工技術

マイクロ加工技術編集委員会編



復漢出版社印行

微細加工技術

マイクロ加工技術編集委員会編

復漢出版社印行

中華民國七十四年五月一日出版

微細加工技術

原著者：マイタロ加工技術委員會

譯著者：吳英民・劉一守・賴耿陽

出版者：復漢出版社

地址：台南市德光街六五一號

郵政劃撥三一五九一號

發行人：沈岳林

印刷者：國發印刷廠

版權所有
翻印必究

平裝 五元
精裝 七元五角

序 文

在精密機械工業、電子工業要求更精密、更高密度化的時代裏，微細加工已是不可或缺的重要技術。爲了更微細、更正確、更快、更廉價符合要求，究竟應選用何種加工技術？應如何選擇加工條件？需要微細加工的零件如何作成？找遍東西洋，並無討論這些問題的單行本，本書可說是搶先了一步。

第1章敘述必要性與在生產加工的功能，成爲本書的導編，本文大別爲二，第2章整理現在及將來各種微細加工的原理與特色。第3章爲各種電子零件及精密機械器具零件的微細加工實例。分別委託將近30位第1線技術者執筆。

但願本書有助於各位讀者的日常業務，善加活用，開創新用途，解決傳統技術的絕境。

譯者 賴 耿 陽
成功大學工程科學系人

目 錄

第一章 精微加工技術及其地位..... 1

- 1.1 精微加工的分野及其特異性..... 1
- 1.2 加工單位與加工能量..... 4
- 1.3 原子、分子加工單位與納諾技術 (nano-technology) 11

第二章 各種精微加工的原理與特色 15

- 2.1 放電加工..... 15
 - 2.1.1 原理..... 15
 - 2.1.2 特色..... 20
- 2.2 電子束加工..... 23
 - 2.2.1 電子束加工概說 23
 - 2.2.2 原理..... 23
 - 2.2.3 特色..... 26
 - 2.2.4 電子束加工裝置 27
 - 2.2.5 加工例..... 30
- 2.3 離子束加工及分子・原子束加工..... 31
 - 2.3.1 除去加工..... 32
 - 2.3.2 附着加工..... 39
 - 2.3.3 注入加工..... 41
- 2.4 雷射加工..... 41
 - 2.4.1 雷射的發光機構 42
 - 2.4.2 利用雷射的微細加工..... 43
 - 2.4.3 雷射加工機..... 44
 - 2.4.4 雷射加工的特色與適用分野..... 45
- 2.5 微波加工..... 47
 - 2.5.1 概要..... 47
 - 2.5.2 礬土瓷器的穿孔 48
 - 2.5.3 鑽石的穿孔..... 49
- 2.6 Plasma 加工 52
 - 2.6.1 Plasma 噴射與 Plasma 電弧..... 52
 - 2.6.2 Plasma 電弧切斷..... 53
 - 2.6.3 Plasma 電弧熔接..... 53
 - 2.6.4 Plasma 電弧熔接的特色..... 55

2.6.5 Plasma 電弧熔	接的應用.....	56
2.7 切削加工.....		58
2.7.1 微細切削加工...	59	2.7.2 微細開孔加工... 63
2.8 變形加工.....		70
2.8.1 影響變形加工的 要因與加工法的 開發法.....	72	2.8.3 微細變形加工的 前途..... 75
2.8.2 微細加工的特色		
2.9 磨料加工.....		75
2.9.1 抹磨 (polishing) ...	84	2.9.3 研磨加工..... 90
lapping)	75	
2.9.2 拋光 (		
2.10 噴射加工		90
2.10.1 利用磨料的噴射 加工.....	90	2.10.2 液體噴射加工... 92
2.11 超音波加工		96
2.11.1 超音波加工的原 理與特色.....	96	2.11.5 對微細加工的應 用.....102
2.11.2 超音波加工機... 96		2.11.6 超音波接合.....104
2.11.3 加工條件對加工 速度的影響.....	100	2.11.7 其他的應用.....105
2.11.4 影響加工精度的		
2.12 光蝕加工.....		105
2.12.1 前言.....	105	2.12.3 腐蝕加工工程...108
2.12.2 原版的製作.....	106	2.12.4 光電成形工程...115
2.12.5 結語.....	116	
2.13 化學研磨.....		118
2.13.1 化學研磨的機構	118	2.13.3 金屬的化學研磨121
2.13.2 化學研磨的條件	120	2.13.4 半導體的化學研 磨.....121
2.14 精密電鍍.....		123

2.15 電解加工.....	128
2.15.1 前言.....	128
2.15.2 加工原理.....	128
2.15.3 特色.....	129
2.15.4 加工特性.....	130
2.15.5 平衡間隙與定常加工形狀.....	132
2.15.6 線形特性的電解液 (NaCl) 適用的電極形狀.....	136
2.15.7 非線形特性的電解液 (NaNO ₃) 適用的電極形狀.....	137
2.15.8 反轉電極法.....	137
2.15.9 重複精度與加工精度.....	138
2.15.10 電解加工的應用.....	138
2.16 電解研削.....	140
2.16.1 前言.....	140
2.16.2 加工方式與加工原理.....	140
2.16.3 加工特性.....	141
2.16.4 電解研削的應用.....	142
2.17 電解研磨.....	145
2.17.1 電解研磨的機構.....	146
2.17.2 電解研磨的條件.....	147
2.17.3 金屬的電解研磨.....	148
2.17.4 半導體的電解研磨.....	149

第三章 各種工件的微細加工.....152

3.1 電子零件的微細加工.....	152
3.1.1 半導體零件.....	152
3.1.2 磁頭・線記憶.....	182
3.1.3 磁鼓與磁盤.....	186
3.1.4 陰蔽 (孔屏).....	190
3.1.5 電子槍.....	193
3.1.6 電子管.....	197
3.1.7 水晶振動子.....	207
3.2 精密機械器具零件的微細加工.....	211
3.2.1 鐘錶零件.....	211
3.2.2 青玉零件.....	220
3.2.3 光學機器零件.....	224
3.2.4 鑽石眼模.....	232
3.2.5 鑽石壓子、針.....	235
3.2.6 油壓、空氣壓機器零件.....	242
3.2.7 計測機器類.....	247
3.2.8 醫療零件.....	252

第1章 精微加工技術及其地位

最近生產加工技術的主流有二：一是自動化、無人化、多樣化等固有加工技術（proper materials processing technology）的系統化，亦即往系統生產技術（systematic manufacturing technology）的革新性（innovative）開發。另一是將固有加工技術本身發展到極限。

本書所謂的精微（micro）加工技術乃製造微細尺寸零件的生產加工技術，也可稱為微細加工技術，此加工技術也在系統技術上與固有技術上兩方面展開，本章概說以固有加工技術為中心的精微加工技術內容及其在生產加工中的角色。

1-1 精微加工的分野及其特異性

加工微細尺寸時，需要精微加工技術，不過，為何要有別於普通尺寸的加工？若須區別，從何種程度的微小尺寸起，才須有精微處理？這一點非說清楚不可，普通所謂的精度是指相對於目標加工尺寸的誤差尺寸比，不過，加工尺寸變小的話，精度須以絕對尺寸值表示，理由何在？

先談所謂加工單位尺寸或加工單位的概念，例如將軟鋼材車削成 $10\text{mm } \phi \pm 0.1$ ($R_{\text{max}} 10 \mu\text{m}$) 時與車削成 $0.1\text{mm } \phi \pm 0.01$ ($R_{\text{max}} 1 \mu\text{m}$) 時，兩者所用的車床、車刀、夾頭等當然不同，這些暫且擱下，就加工物而言，進刀深度產生的切屑大小（寬度或厚度）大不相同，亦即對於 $10\text{mm } \phi$ 的加工物，在容許誤差上，容許進刀深度產生大小約 0.1mm 的切屑，不過對 $0.1\text{mm } \phi$ 的加工物至多只容許 0.01mm 的進刀深度，而且在最終的修削中，分別只容許數 μm 或 $0.5 \mu\text{m}$ 等進刀深度； $0.1\text{mm } \phi$ 等微小尺寸的加工物之所以須如此考慮進刀深度，固然是由於強度上、剛性上不容許更大的進刀深度，不過，基本上的主因是構成軟鋼材之結晶粒（肥粒鐵、雪明鐵等）的大小，亦即，其大小為數 μm 程度時，直徑 0.1mm 表示直徑上只

約並列 20 個結晶粒，因而，進刀深度小於結晶粒徑時，會切進結晶粒內，而且結晶粒個別獨立成不連續體而被切斷。對 $10\text{mm } \phi$ 加工物的大進刀深度大致不計結晶粒的大小而視同連續體，可見兩者的微視切削機構完全不同。現場對前者的微細切削是用負切削角車刀，抑制結晶粒界等所致的切削阻力的大變動。

圖 1.1 的實驗具體表示切削加工的機構因進刀深度、切屑大小而異，亦即在進刀深度 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下的研磨中，比切削阻力（比剪斷組力）高達約 1300 kg/mm^2 ，但在 $50\text{ }\mu\text{m}$ 程度的微細銑削中，急降為 100 kg/mm^2 。在進刀深度 0.1 mm 以上的普通車削或拉張試驗中，降為 $20 \sim 30\text{ kg/mm}^2$ 。切屑的大小成 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下時，比剪斷阻力更大，接近軟鋼的理論剪斷強度 $G/2\pi \div 1400\text{ kg/mm}^2$ （ G ：剪斷彈性係數 $\div 8.3 \times 10^3\text{ kg/mm}^2$ ）

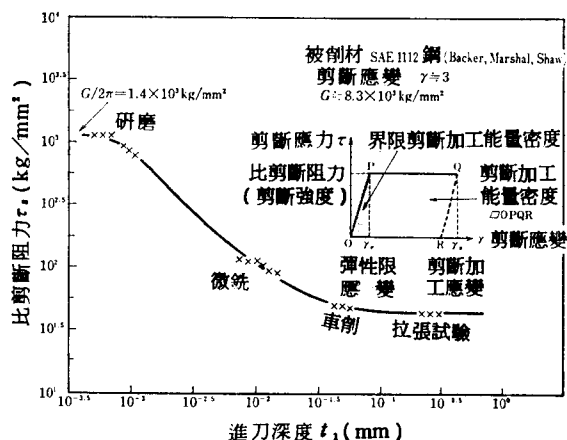


圖 1.1 進刀深度與比剪斷阻力

若將加工屑的大小（厚度）視為切削加工的加工單位尺寸或加工單位，加工單位為 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下時，比剪斷阻力（ kg/mm^2 ）或界限剪斷加工能量密度（ $\text{kg} \cdot \text{mm} / \text{mm}^3$ 或 J / mm^3 ）激增。界限剪斷加工能量密度（ $\text{kg} \cdot \text{mm} / \text{mm}^3$ ）為變形到相當於比剪斷阻力（ kg/mm^2 ）之應力（可視為彈性限度或降伏應力）時的彈性能量密度，比剪斷阻力可視為剪斷強度。比體積除去能量是發生此加工單位的切屑而切削單位體積時所需要的剪斷加工能量（以塑性滑動為主體），易實驗求得，圖 1.1 的實驗例是依據剪斷加

工應變 $\gamma = 3$ 的加工結果所得的比體積除去能，反求比剪斷阻力者。

因而切削的大小從數 μm 減為 $1\ \mu\text{m}$ 以下時，有極大的應力作用於車刀前端，因而該處單位面積發生大熱，車刀前端局部成為極高溫，可見，愈以微小加工單位切削時，愈要求耐熱性高、耐磨耗度大、高溫硬度，高溫度大的車刀材質。產生 $1\ \mu\text{m}$ 以下的切屑的精微切削中，優先使用鑽石車刀的理由在此，因而，以微小的切削為主體的研磨、抹磨 (lapping)、拋光 (polishing) 工程當然要用磨料之類耐熱性、耐磨耗性、超高硬度的材質。

就材料科學而言，金屬材料由微細的結晶粒 (數 μm ~ 數百 μm) 構成，在結晶粒內部有轉位缺陷以約 $1\ \mu\text{m}$ 的間隔 ($\div 10^8$ 個 / cm^2) 分佈 (圖 1.2)；構成軟鋼材的鐵 (肥粒鐵) 結晶粒在無轉位缺陷時的理論剪斷強度 (剪斷彈性限度) 約 $G/2\pi = 1400\text{kg}/\text{mm}^2$ ，但實際拉張試驗所得的剪斷強度會因轉位缺陷而降為 $20 \sim 30\text{kg}/\text{mm}^2$ ，亦即，在比轉位缺陷分佈間隔大的範圍，若有應力作用，則轉位缺陷所致的轉位線移動，甚低於理論強度的剪斷應力在結晶內造成滑動變形或塑性變形。當然，剪斷應力作用比結晶粒徑廣的範圍時，大都易因結晶粒界的缺陷而破壞，以鑄鐵為例，當然以結晶粒界的破壞優先，引起脆性破壞或拉張破壞，當然在較低的應力破壞。

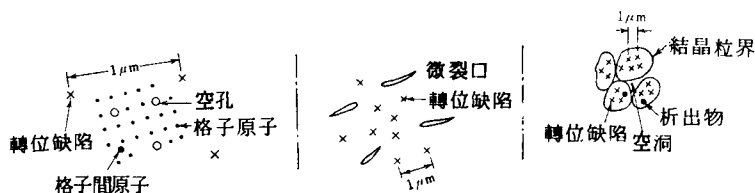


圖 1.2 轉位缺陷

反之，加工剪斷應力若其中於比平均轉位缺陷分佈間隔 $1\ \mu\text{m}$ 小的領域， $1\ \mu\text{m}$ 的小領域內當然不會有轉位線移動所致的材料滑動變形，所以剪斷應力接近理論剪斷強度。但事實上，會以稍小於轉位分佈的間隔殘留空洞或格子間原子等 (圖 1.2)，剪斷應力所致的變形會使轉位變低，產生局部塑性滑動，與理論剪斷強度之間當然有若干差距。所以， $1\ \text{mm}$ 以下 (submilli-meter) 的工件之切削加工需要數 μm 加工單位的加工，此時

也因加工單位與比切削阻力的關連，切削加工機構已頗異於普通尺寸的加工，需要 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下加工單位的切削。 $1\ \mu\text{m}$ 以下 (submicron-meter) 的工件加工乃切削加工的極限加工條件，因而，就切斷加工而言，加工單位尺寸需要數 μm 以下時，有別於普通加工，有各種界限，要以精微加工技術處理。

1.2 加工單位與加工能量

以上主要從切削的加工單位敘述精微加工分野的特異性，不過，較一般性的說明如表 1.1 所示，也可能切削加工的能量關係——亦即界限加工能量密度 δ (J/cm^3) 或比體積切削能量 ω (J/cm^3) 與加工單位 ϵ (cm) 的關係判斷，亦即切削加工是從素材破壞實質部而除去，獲得所定的形狀尺寸。此時欲切除的 1 塊材料實質部之大小 (切削應力作用的領域) 即為加工單位，依其大小比材料缺陷分佈尺寸大或小而有不同的破壞樣相或形態。

材料的缺陷分佈或不均質可分類為原子格子空間 ($\sim 10^{-7}\text{cm}$)、點缺陷空間 ($10^{-7} \sim 10^{-6}\text{cm}$)、轉位缺陷空間 ($10^{-6} \sim 10^{-3}\text{cm}$)、結晶粒界、空洞、龜裂空間 ($10^{-3} \sim 10^{-1}\text{cm}$) 及缺口空間 (10^{-1} 以上 cm)，破壞樣相各不相同，亦即，原子格子空間的破壞是逐一除去原子。點缺陷空間是以點缺陷 (原子缺陷) 為起點而增加結晶格子缺陷的破壞。轉位缺陷空間是轉位線移動使結晶內移位變形所致的破壞。結晶粒界空間等是缺陷面所致的破壞。缺口空間所致的破壞當然是拉張應力集中所致的破壞。

欲行切削加工時，加工應力作動的領域共有前述各缺陷空間以下的大小時，只能有相當於該領域的破壞形態。加工應力作用於較廣的領域時，當然以較易破壞的形態破壞。

表 1.1 是在各空間，以各種加工機構分離、切除時須施加於材料實質部的必要加工能量。界限加工能量密度 δ (J/cm^3) 是素材超過彈性限度，對應於各加工單位的空間內材料缺陷所致的破壞開始發生時的界限彈性能密度、比體積除去能 ω (J/cm^3) 是該加工單位的加工屑形成單位體積時的加工能。

因而達最極限時，加工單位為原子、分子的大小，成為逐個除去原子、分子的加工，必要的界限加工能量密度 δ 相當於材料的結合能與活性化能之

表 1.1 切削加工的界限加工能量—密度 δ (J/cm^3) 與比體積除去能— ω (J/cm^2)

加工單位 ϵ cm 缺陷 (不均質) 加工機構	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	備 考
	格子原子	點缺陷 (空孔, 格子間原子)	轉位缺陷 (刃狀螺旋) 微 裂			空洞, 破裂, 結晶 粒界			
分解 (電解)	$10^4 \longleftrightarrow 10^3$								溶解, 擴散
脆 性 破 壞		$10^4 \longleftrightarrow 10^2$							各種材料劈開
塑 性 變 形				$10^3 \longleftrightarrow 1$ [$10^6 \longleftrightarrow 10$]					各種材料粘性流動 (速度效果)
熔 融 除 去	$10^4 \longleftrightarrow 10^3$								
蒸 發 除 去	$10^5 \sim 10^4$								
濺 射 除 去	$10^5 \sim 10^4$								離子濺射

總和, 約為 $10^4 \text{ J}/\text{cm}^3$, 與加工機構不大有關係, 當然, 利用蒸發或濺射 (後述) 的除去機構除了從素材分離原子、分子的能量之外, 還要賦予某種運動能而取出, 所以加工能約多出 1 位, 約成 $10^5 \text{ J}/\text{cm}^3$ 。在這些原子、分子加工單位中, 界限加工能量密度與體積除去能量差不多。

另一方面, 在利用轉位缺陷的塑性變形加工中, 界限加工能量密度為材料因轉位缺陷而使結晶開始滑動的界限應力狀態之材料彈性限度能量密度; 比體積除去能量是材料因其應力而實際引起塑性滑動直到材料分離所需的加工能量, 因而其變形所用的能量大都成為熱, 所以後者成為極大 (圖 1.1), 利用轉位所致的塑性變形而產生微小切屑的切削或研磨會發生大熱的理由在此。

利用脆性破壞的分離加工 (破碎加工) 是材料中微裂 (玻璃是以約 $10 \mu\text{m}$ 的間隔分佈) 處的拉張應力集中, 導致材料分離、破裂, 因而, 巨視上的界限加工能量密度極小, 在葛里菲斯的破裂理論中, 破裂所解放的材料結

表 1.2 加工單位與加工法

加工單位 ϵ (cm) : 分離個片 (加工屑) 或結合個片的大小, 變形單位的大小

缺陷	原子	點缺陷	位 (微裂)	破裂，結品粒	加工法	工具等
加工單位 (cm)	$10^{-8} \sim 10^{-7}$ (0.001 μ m)	$10^{-7} \sim 10^{-5}$ (0.01 μ m)	$10^{-5} \sim 10^{-3}$ (10 μ m)	$10^{-3} \sim 10^{-1}$ (1000 μ m)	plasma切斷，瓦斯切斷(雕刻)	plasma炎，瓦斯炎
分離加工 (separation)	化學分解	化學研削	破	碎	高速切	車刀，銼刀，鑽頭，刮刀，銼，絞刀，鋸，刨床
					鏡面，滾動，研磨	砂輪，修整器，超音波
除去加工 (有加工屑) (removing)	抹磨，拋光，滾磨	破	碎	研削	高速，拋出， wire slice， band slice 拋磨	磨料，抹磨板，拋光板，介質
	破	碎	碎	碎	水擊，超音波破碎，磨料噴射	磨料，mask型工具，高速水流
	化學分解	化學研削	破	碎	金屬腐蝕，光蝕，化學研削，化學研磨，機械化學研磨	腐蝕液，mask，氣體，光mask (砂輪)

電氣分解	電解研削	電解研削，電解研摩 超音波重疊，高周波	電解研削，mask 型 (砂輪)
蒸發，擴散 溶解，擴散	電子束，雷射光，紅 外線，蒸發，溶解 plasma 弧	靜電透鏡，磁氣透鏡 加熱爐，擴散爐，真 空蒸發爐，熔解爐， 溶解液 電子槍，雷射元件， plasma 源	電子槍，不活性氣體 ，高周波
機射	離子機射加工， plasma 腐蝕	微波(介質)，電子 束	電極(型)，雷射元 件，電子槍
飛	飛	放電(金屬)，雷射 光	微波振盪器，放電電 源
分	割→	雷射，起槽，熱切， 冷卻，電子束割割， 雷射割割	鑽石工具，分割工具 ，電子束，雷射束
剪	斷→	剪斷，衝孔	衝模，衝頭
蒸	着	真空蒸着	mask，電子束加熱 (電阻)
分割(quipiaip) 加工(無加工屑)			

(consolidation) 結 合 加 工						(additioning) 附 加 加 工 (結 合 個 片 另 外)					
原子附着										膜射鍍金，離子化靜電鍍金	分子束，高周波膜射，離子束
原子注入										離子注入	離子束
化學結合 (反應)										陽極氧化，氣相反應，氧化	mask，爐
化學鍍金										還原，熱分解	
電 着						(電氣泳動)	(電氣泳動)			電鍍，電鍍	複印型mask，電鍍模
擴 散											mask 模
成 長		成 長								epitaxial (氣相，液相)，絕緣物	mask，分子束
融 着		(融 着)				(融 着)	(融 着)			plasma coat，hot dip，金屬化，熱噴，放電，鍍金	plasma 炎，mask 爐，放電極
						沈着・接着	(沈着・接着)			settle，塗裝，絲網印刷	mask，型，靜電噴槍，spinner，絲網
						固着・壓着	(固着・壓着)			diacharge	
								固 定		鋼釘，折曲，埋入，填埋	工 具

接合加工 (joining) (結合個片間)				壓接(壓着)→	超音波, 靜壓△動壓, 卷附	工具 (超音波火藥, 電磁線圈, 放電)
				接→	常溫, 硬化	接着劑
				燒→	封着, hermetic密封, 熱擴散, 合金, 化合	爐, 模
				焊→	超音波, 高周波放電, 擴散, 合金	硬焊材, 軟焊材
				熔→ (融接)	*	
			塑性變形	(塑性變形)	**	模, 加工機械
			粉體變形	(粉體變形)	乾式, 濕式, 流入壓縮, 擠出, 振動	模, 爐
		流體變形	(粉體變形)		壓鑄, 射出, 去蠟, 殺模	模, 熔解爐
表層流動					火炎加工(熱), 微粒子流動加工	爐, 紅外線, 電子束, 雷射光, 粒子加速裝置

* percussion, 閃電對接, 不活性氣體 (TIG, CO₂) 點, 投射, 電阻焊材, 電阻熱擴散 (plasma, 熱氣, 電子束, 光, 雷射, 超高周波電力), 摩擦壓接。

** 板材 (壓延, 壓拉, spinning, 整面, 爆發, 放電, 電磁成形, 膨脹, staking, 鍛鍊), 線材, 管材 (彎曲, 扭曲, 卷圈, 拉直, 抽拉, 熱自由拉), 滾製, 擠出 (衝擊), 鍛粗, 擦光 (burnishing), 壓印 (stamping) 鍛頭, 滾齒, 自由流動成形 (玻璃細管, 玻璃纖維), 超塑性加工, 脫抽加工。

△ 爆發壓接, 電磁固相接合

合能常大於破裂所增加的表面能，所以在脆性破壞中，原則上幾無加工發熱，當然，加工應力若集中於比微裂之分佈間隔小的領域——例如 $1\text{ }\mu\text{m}$ 等，玻璃也會發生粘性流動滑動，所以在玻璃的擦光 (polish) 加工中，會發生熱，此時需要約與原子、分子加工單位相等的極大界限加工能量密度 10^4 J/cm^2 。

由上述加工單位所致界限加工能量密度的差異可知，材料加工單位尺寸所致加工機構的變化不只是除去加工，在以素材結合為主體的結合加工，變形加工中也同樣，表 1.2 依此觀念表示各種加工法與加工單位之間的關係，其中也包含普通尺寸的加工法。

所以，微細加工的領域是指ในการ加工之際，材料中的結晶粒徑有問題的 0.1 mm 級尺寸之加工，亦即從此尺寸程度的加工起成為 μm 級加工單位的工作，加工能量密度急增。當然，對於無結晶粒的非晶質材料——例如玻璃等大都在材料中以 μm 程度的間隔分佈不均質部份（微相）以 $10\sim 100\text{ }\mu\text{m}$ 間隔分佈缺陷部份（微裂），故須配合尺寸，決定用何種程度的微細加工。電子零件或電子裝置的 submilli 級微細加工例有彩色電視機的陰蔽 (shadow mask) 之光蝕 (photoetching) ($0.3\text{ mm}\phi$ 孔開縫加工)、錄音機或錄影機磁頭的加工、裝配、電阻類的噴吹整緣 (blast trimming) 或雷射整緣、Si 晶片 (威法) 的切片 (slicing)、IC 或電晶體的線結合 (wire bonding) ($50\text{ }\mu\text{m}\phi$)、PC (印刷配線) 板的開孔加工、線記憶裝配、視頻盤拾波器 (video disc pick up) 的加工、裝配、水晶或瓷質振動子的抹磨加工或擦光加工、電子管、表示管等的陰極、絲極、柵極等的加工、裝配、微動開關 (繼電器) 類的加工、裝配、電容器零件的加工、裝配、電感器 (線圈、陶鐵磁體) 部份的加工、裝配等。

機械零件或機械裝置例常見於手錶的零件加工，例如微細壓造、微細電鑄、齒輪的車削或切齒、寶石軸承的抹磨開孔加工、雷射加工、電子束加工、超音波加工。其他如玻璃纖維或金屬細線的精密抽線 (鑽石眼模的微細孔加工)、伸縮囊及鬚簧等的微細成形壓延、塑膠小物件的模子加工、電動刮鬚刀、切刃的電鑄、航行迴轉儀的彈性支持彈簧 ($0.1\text{ mm}\phi\pm 0.1\text{ }\mu\text{m}$ ，麻時效鋼)、合成纖維噴嘴 (0.1 mm 以下異形孔，P.)、刀口 (knife edge) (青玉)、樞軸軸承 (青玉)、切片機 (microtome) 刃 (鑽石)、迷你滾珠軸承、注射器針、體溫計玻璃、伺服導閥、光學刻度、鑽石壓