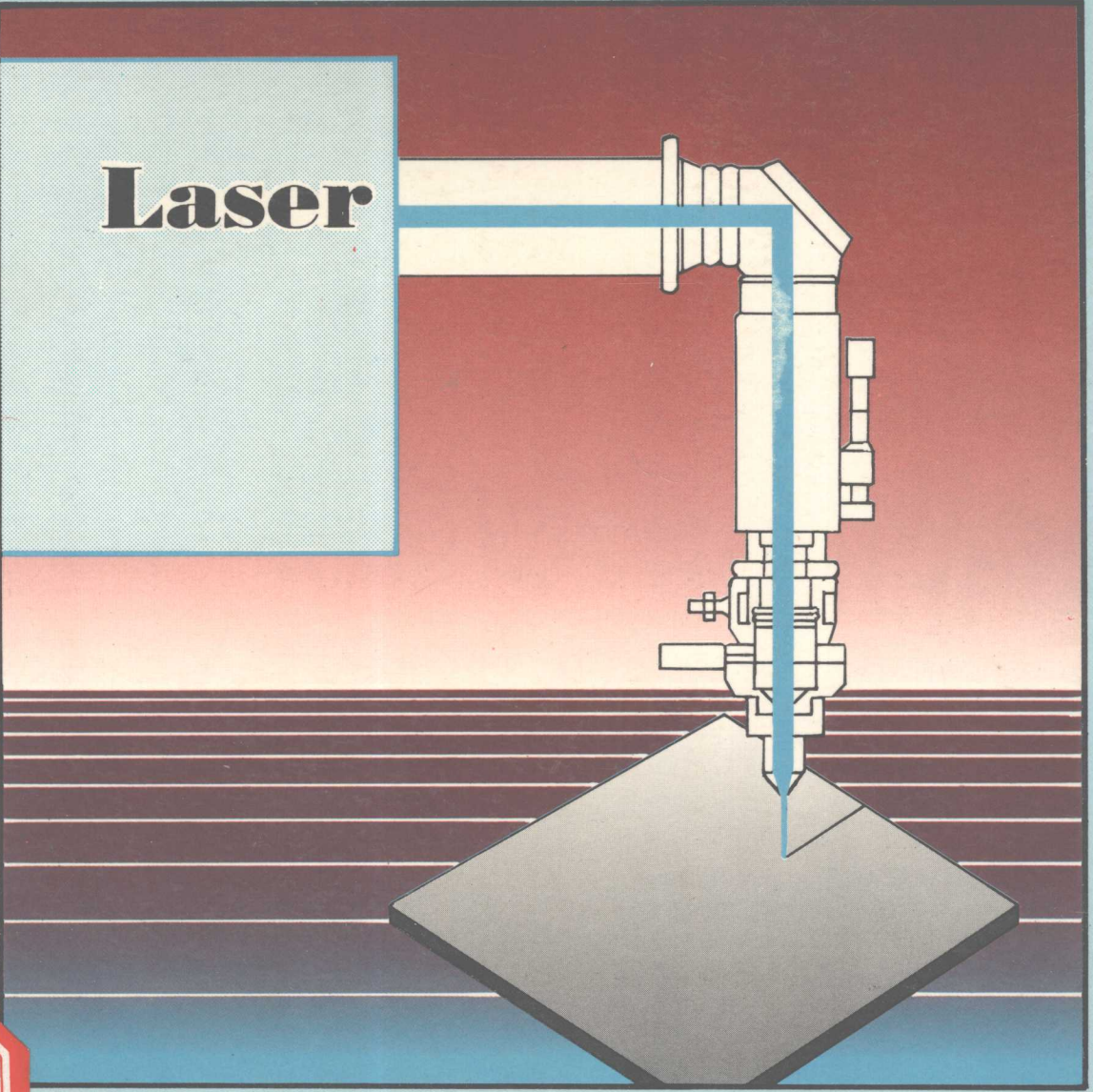


非傳統加工程序

林昇立 編譯

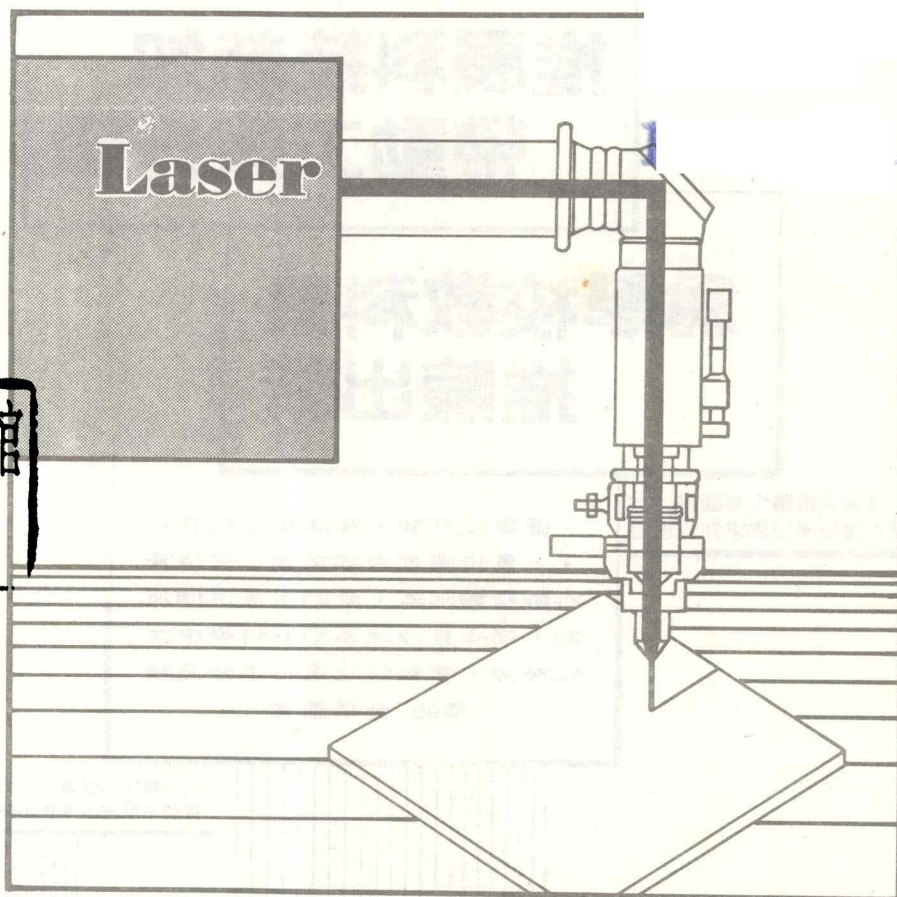
Laser



全華科技圖書股份有限公司 印行

非傳統加工程序

林昇立 編譯



院图书馆
章



全華科技圖書股份有限公司 印行



全華圖書

法律顧問：陳培豪律師

非傳統加工程序

林昇立 編譯

出版者 全華科技圖書股份有限公司

地址 / 台北市龍江路76巷20-2號2樓

電話 / 5071300 (總機)

郵撥帳號 / 0100836-1 號

發行人 陳 本 源

印刷者 宏懋打字印刷股份有限公司

電話 / 5084250 • 5084377

門市部 全友書局(黎明文化大樓七樓)

地址 / 台北市重慶南路一段49號7樓

電話 / 3612532 • 3612534

定價 新臺幣 220 元

初版 / 77年 8 月

行政院新聞局核准登記證局版台業字第〇二二三號

版權所有 翻印必究

圖書編號 0211601

我們的宗旨：

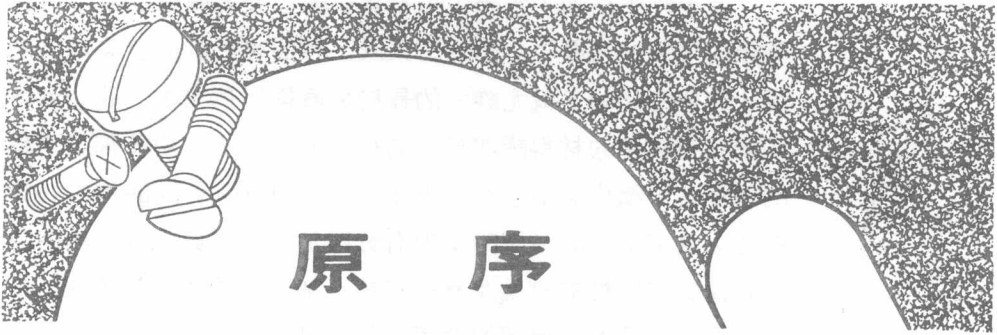
**推展科技新知
帶動工業升級**

**為學校教科書
推陳出新**

感謝您選購全華圖書
希望本書能滿足您求知的慾望

「圖書之可貴，在其量也在其質」，量指圖書內容充實，質指資料新穎夠水準，我們本著這個原則，竭心盡力地為國家科學中文化努力，貢獻給您這一本全是精華的“全華圖書”

為保護您的眼睛，本公司特別
採用不反光的米色印書紙!!



本書的目的在於提供給讀者，深入了解數種非傳統加工程序的應用。

在加工製造方面，沒有任何的書可提供像食譜般的方式來解決問題。一般僅能在實際的應用下，得到證實，其基本加工特性及加工能力，這才對讀者有幫助，這也是本書所採用的方法。

任何非傳統加工的使用能力都應被考慮到，那些表面、形狀及工件材料的要求，可允許使用傳統機器及切削刀具做經濟的加工，通常，傳統加工都有較高的經濟性並且易於使用。但是，若要加工的工件材料特性或幾何形狀超過工作負荷或阻礙傳統加工能力時，非傳統加工在實際使用上就顯得有效了，並且能提供改進品質及生產力的效益。

非傳統加工提供了產品設計革新及生產力改進的新機會，那些難以加工的材料或難以傳統設備及刀具加工的幾何形狀，通常可以很容易地使用非傳統加工來製造。

非傳統加工程序對於製造舞台而言是一個新人，然而用於非傳統加工的理論却要早於傳統加工。這聽來似乎有點矛盾。地球表面及許多自然界的材料，早就由於熱、光、水、化學溶劑、電能、風以及磨蝕材料等的作用而改變了他們的形狀。

非傳統程序便是使用電流、擴大的光、氣體、鬆的金鋼砂，及化學溶劑，甚至是水等為加工的介質，就如傳統的切割工具或研磨來移降或成形加工材料。介質可單獨使用或同時使用。

力的作用在加工系統中是很重要的。非傳統程序中，材料移降的增量通常很小，因此工具及工件的變形就很小。舉例來說，非傳統孔加工就允許大的長度對直徑比例來加工孔。製造記號於相當薄的材料諸如飛機的格段（panel）由於加工過程的變形也可減少。這並不是說在加工介質及工件間的總力必需要低。當加工大的區域時，力有分離加工介質與工件之趨向時，就需要有剛性的設備及支持夾具。加工工具及夾具必須以能夠存在於嚴厲的非傳統的環境的材料來製做。

硬化鋼、碳化物、陶瓷以及鑽石等材料吸引著早期的非傳統加工工程師們。有些材料並非如上述的材料那麼的硬，但卻難以傳統加工來製做，這些材料多用於高溫及腐蝕的環境用。這些材料會由於傳統加工的摩擦而產生加工硬化。非傳統加工則不會受到此特性的影響。

工件材料可能相當容易地以傳統加工來加工，但工件的幾何形狀却可能是一種束縛。許多的外形在幾何上是難以傳統方式來處理的，但却是非傳統加工候選者。非傳統加工的許多利益中較大之一是具有同時製造多種幾何零件或外形的能力，當把程序變成相同的時候，這是大量製造的利益。

在非傳統加工中，工具元件通常以相當容易加工的材料來製造，因此大量地降低了成本及時間。

由非傳統加工所製造的零件表面，可能會有相當地狹小的不受歡迎的影響層。在許多的狀況中，這不受歡迎層的深度可能以減少最後加工的材料移降率的量或多一道二次操作以降去小量的材料來降低其深度，以確保加工後工件表面的完整。

健康及安全是非常重要的，必須進行測定以確保有安全的工作環境，並安全地丟棄廢棄的材料。

許多的個人及公司大方地提供資料及應用資訊。課文中所引用的都經過了著作所有權者的認可。Metcut 研究協會——尤其是 Guy Bellows 先生——他非常地幫忙。普渡大學 O.D. Cascoe 教授供給了有用的技術材料之收集。S.S. White 的

J.F. McDonald 先生；日本的 Sugino 機器公司總裁 Kenji Sugino 先生；俄亥俄州克里夫蘭Metalphoto 公司副總裁 Gary D. Baker 先生；新澤西州APT材料工程的 E. Huntress 先生；新澤西州，西圖布魯克，梭迪克 - 伊納華研究發展副總裁 Leif Houman 先生等，都提供了在材料收集上早期及有用的協助。我感謝 SME 材料移除評議會及加工工程師協會的非傳統加工部門的每一位。我也要感謝校對者及貢獻者他們的大名在感謝頁上。Matthew Haavisto 先生對於本書所花的時間及努力亦應受到表彰。

E.J. Weller , CMfgE , P.E.

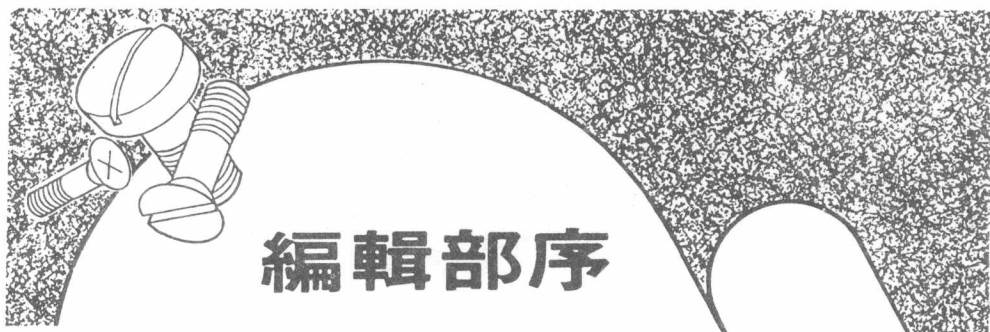


今日科技突飛猛進是大家有目共睹的，同時，為滿足科技發展上的需求，新材料的開發也隨之日益更新。然而，這些新材料的加工，都已超出傳統加工方法的極限能力，因此，新的加工方法更為迫切需要。在此情勢下，製造業界不遺餘力的研究發展新的加工方法——統稱為非傳統加工程序，我國工業正值轉型時期，對此非傳統加工程序之需求，更是不可或缺。這便是本書出版的目的。

本書為有系統地介紹各種非傳統加工程序，故將這些加工程序大分為四類——機械、電氣、熱、化學加工程序等。介紹各加工程序時，除了加工原理、構造及特色外，更着重於應用時須注意的加工條件、製程參數及加工特性，並舉出實際加工例，期使讀者在選用加工方法時，有所助益。

本書在編譯過程，承蒙同窗至友羅仕鵬、林有鎰、林文寬等之協助，使能積極完成。吾等雖不敢草率從事，但疏漏錯譯之處，尚祈專家業者不吝指正。

林 昇 立 謹識

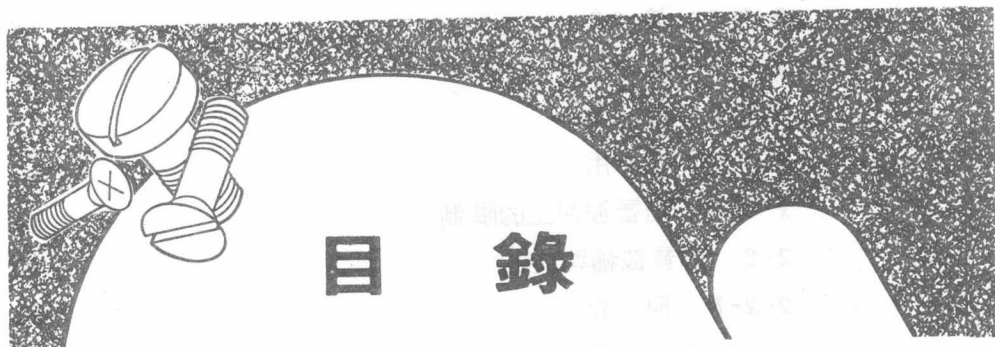


編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

科技的突飛猛進，帶動新材料的開發與製造加工技術的日新月異，傳統的加工法已不敷時代的需要，於是更新的加工法被迫切的研究開發出來了。此書網羅了各種非傳統加工程序，分成機械、電氣、熱、化學加工程序四大類，除了原理外，還有特性、應用等，均以深入淺出，配合圖解說明，對欲研究此門學問的大專學生、工程人員來說，是一本不可多得的好書。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習相關方面的叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。



目錄

1 各類加工程序之比較及評估

1-1 非傳統加工程序之回顧	2
1-1-1 簡介	2
1-1-2 機械能	3
1-1-3 電能	3
1-1-4 熱能	3
1-1-5 化學能	4
1-1-6 製造中之物理參數	4
1-1-7 外形上的應用	5
1-1-8 材料上的應用	6
1-1-9 加工零件上的效應	9
1-1-10 金屬切除率	9
1-1-11 尺寸控制	10
1-1-12 圓角半徑	10
1-1-13 錐度	11
1-1-14 表面精度	11
1-1-15 可能造成的表面傷害	11
1-1-16 健康、安全及環境	11

2 機械加工程序

2-1 超音波加工	14
-----------	----

2-1-1	簡 介	14
2-1-2	操作原理	14
2-1-3	設 備	22
2-1-4	應 用	26
2-1-5	超音波加工的限制	30
2-2	超音波輔助加工	32
2-2-1	簡 介	32
2-2-2	操作原理	32
2-2-3	應 用	34
2-3	迴轉超音波輔助加工	37
2-3-1	簡 介	37
2-3-2	操作原理	37
2-3-3	應 用	38
2-4	磨料噴射加工	39
2-4-1	簡 介	39
2-4-2	操作原理	40
2-4-3	設 備	41
2-4-4	應 用	49
2-4-5	優點及其限制	54
2-5	磨料流動加工	56
2-5-1	操作原理	56
2-5-2	設備和工具	62
2-5-3	應 用	62
2-6	軌跡研磨	65
2-6-1	操作原理	65
2-6-2	設備和刀具	68
2-6-3	加工特性	68
2-6-4	應 用	68
2-7	水噴射切削	69
2-7-1	簡 介	69

2-7-2	操作原理	69
2-7-3	設 備	70
2-7-4	應 用	74

3

電氣加工程序

3-1	電化學加工	78
3-1-1	簡 介	78
3-1-2	操作原理	78
3-1-3	製程參數	83
3-1-4	設 備	86
3-1-5	應 用	92
3-2	電化學研磨	99
3-2-1	簡 介	99
3-2-2	操作原理	100
3-2-3	應 用	101
3-3	電化學放電研磨	104
3-3-1	簡 介	104
3-3-2	操作原理	104
3-3-3	應 用	104
3-4	電化學去毛邊	107
3-4-1	簡 介	107
3-4-2	操作原理	107
3-4-3	設 備	109
3-4-4	優 點	110
3-4-5	應 用	111
3-4-6	使用限制	114
3-5	電化學搪磨	115
3-5-1	簡 介	115
3-5-2	操作原理	115

3-6	成形管電解加工	116
3-6-1	簡 介	116
3-6-2	操作原理	117
3-6-3	應 用	121
3-7	ECM程序加工金屬之機械及表面性質	122
3-7-1	簡 介	122
3-7-2	經濟因素	126

4

熱加工程序 129

4-1	電子束加工	130
4-1-1	簡 介	130
4-1-2	操作原理	130
4-1-3	應 用	139
4-2	雷射束加工	147
4-2-1	簡 介	147
4-2-2	操作原理	148
4-2-3	雷射的特性	153
4-2-4	程序說明	155
4-2-5	應 用	162
4-2-6	安全考慮	174
4-3	放電加工	176
4-3-1	簡 介	176
4-3-2	操作原理	176
4-3-3	製程參數	178
4-3-4	應 用	207
4-3-5	EDM的微孔加工	215
4-4	放電線切割	216
4-4-1	簡 介	216
4-4-2	操作原理	217

4-4-3	應 用	218
4-5	放電研磨	219
4-5-1	簡 介	219
4-5-2	操作原理	219
4-5-3	應 用	220
4-6	電漿電弧加工	221
4-6-1	簡 介	221
4-6-2	操作原理	221
4-6-3	應 用	225
4-6-4	優點及限制	231
4-7	電漿輔助加工	231
4-7-1	簡 介	231
4-7-2	操作原理	232
4-7-3	應 用	232
4-8	熱除毛邊	233
4-8-1	簡 介	233
4-8-2	操作原理	233
4-8-3	設 備	233
4-8-4	應 用	235

5

化學加工程序

237

5-1	化學材料切除法	238
5-1-1	簡 介	238
5-1-2	健康和安全考慮因素	238
5-1-3	製程參數	239
5-1-4	耐蝕性皮膜	239
5-1-5	耐蝕性皮膜的選擇	244
5-1-6	耐蝕性皮膜及其選擇方法	247
5-1-7	應 用	250
5-2	化學銑切	254

5-2-1	簡 介	254
5-2-2	操作原理	254
5-2-3	製程參數	259
5-2-4	應 用	264
5-2-5	化學銑切材料的機械性質	266
5-2-6	優點及限制	267
5-3	化學剪穿	268
5-3-1	簡 介	268
5-3-2	操作原理	269
5-3-3	應 用	278
5-4	化學耐蝕法	282
5-4-1	簡 介	282
5-4-2	操作原理	282
5-4-3	應 用	285

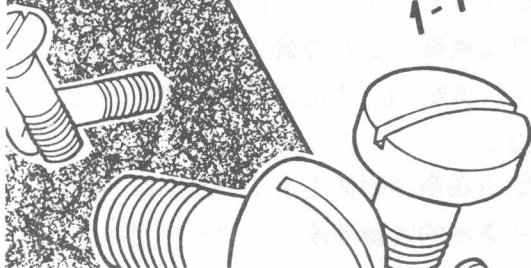
1



各類加工程序之 比較及評估

OVERALL COMPARISON AND EVALUATION

1-1 非傳統加工程序之回顧



1-1 非傳統加工程序之回顧 (OVERVIEW OF NONTRADITIONAL MACHINING)

1-1-1 簡介 (Introduction)

近年來，科學及工程上的發展都被放在金屬加工工業的特殊需求上。這些特殊需求主要是發展高的強度對重量比 (strength-to-weight ratios) 金屬，以滿足特殊的需求。隨著金屬冶金上的發展，其尋找的結果已有較佳的金屬加工及成形等新方法出現，如較快的製造方法以降低成本，及引用新發展的金屬以解決過去製造生產上的困難點。而大多數的研究及發展已從實驗室轉移到工廠，而且這些新的製造方法已成為標準的加工程序，而不是簡單的實驗現象。

在本書中將提及這些新的或非傳統技術使用在材料切削的運作。現在以藝術的觀點來討論每一種非傳統加工程序，以使製造和設計工程師與學員熟悉每一項非傳統加工程序的功能與目前的應用情形，以及避免在一特殊生產條件下運用非傳統加工製程所潛在的危險。本章先就以後章節中所提到的主要製程，在關於物理參數、外形上的應用、材料上的應用，對加工零件的影響，對製程的影響，及工具等方面做一初步的比較及評估。

這項非傳統加工程序應用於機械的、電子的、熱的、化學的材料加工程序等之廣泛性變化中。這些技術在第二次世界大戰之後為應付加工條件之改變才出現。設計工程師已開創出複雜零件，而且該複雜零件能完全承受近於其極限強度的應力。同時冶金學上正在發展太空時代合金 (space-age alloys) 以改善耐腐蝕能力、耐沖蝕能力，及耐高溫能力。然而，這些合金也證實其加工狀況比慣用材料還難得多。

雖然非傳統加工技術原本是被設想來解決太空工業中的獨特問題，而今天大多數的非傳統加工技術卻被多樣性應用遍及多種工業。它們被用來切削每一種材料，從新的超合金、陶瓷到塑膠、木材及纖維品。非傳統切除材料技術對於解決很多製造上的問題是有很大的幫助，非傳統加工技術之發展，使得一些困難或不可能生產的零件變為可以生產製造。

在非傳統加工技術中，一些被廣泛地應用在商業的使用上，一些則應用在某些限制的商業基礎上，其他的則仍停留在原本的實驗階段——還沒有足夠的成本效益以應用在生產階段中。