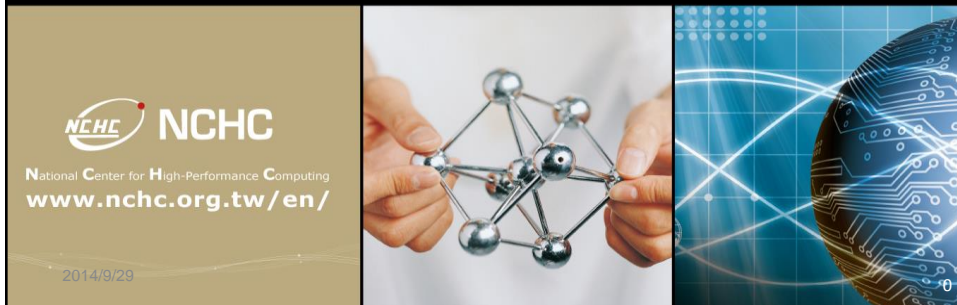


3D列印技術之現況與發展

財團法人國家實驗研究院 國家高速網路與計算中心

盧建銘 副研究員

2014.9.17/24



Outlines

NARLabs

承諾·熱情·創新

- 積層製造/3D列印: 為什麼突然這麼夯呢?
AM/3DP: Why suddenly so Hot?
- 積層製造/3D列印: 原理及分類
AM/3DP: Principles and Classifications
- NCHC積層製造/3D列印: 研究進展
Progress of Additive Manufacturing at NCHC
- 積層製造/3D列印: 對未來裝備製造技術和材料技術的影響
AM/3DP: Its Impact on Manufacturing and Materials Technologies



The Economist
APRIL 21ST-27TH 2012
Economist.com

Romneyomics explained
The euro crisis: back after its siesta
Argentina's oil grab
The science of guerrilla warfare
America's bagel king

The third industrial revolution
A 14-PAGE SPECIAL REPORT

2014/9/26

NAR Labs
承諾·熱情·創新

**The Economist—
The third industrial
revolution
(第三次工業革命)**

人類
生活方式變更
製造方法迭更

<http://www.dezeen.com>
2

2012/3/9 美國歐巴馬總統宣布
“重振美國製造業”計畫

新建15個製造創新研究所 創立製造創新國家藍圖



<http://news.gpwb.gov.tw>

國家積層製造創新研究所 (NAMII)
NATIONAL ADDITIVE MANUFACTURING INNOVATION INSTITUTE

2013年籌建三個製造創新研究院

- Digital Manufacturing and Design
- Lightweight and Modern Metals Manufacturing
- Clean Energy Manufacturing

2014/9/26

NAR Labs
承諾·熱情·創新

來源：王華明
3

Outlines

NARLabs

承諾·熱情·創新

- 積層製造/3D列印: 為什麼突然這麼夯呢?
AM/3DP: Why suddenly so Hot?
- 積層製造/3D列印: 原理及分類
AM/3DP: Principles and Classifications
- NCHC積層製造/3D列印: 研究進展
Progress of Additive Manufacturing at NCHC
- 積層製造/3D列印: 對未來裝備製造技術和材料技術的影響
AM/3DP: Its Impact on Manufacturing and Materials Technologies

2014/9/26

4

積層製造/3D列印: 定義

NARLabs

The definition of AM/3D Printing

承諾·熱情·創新

1. 1982年，日本名古屋市工業研究所首次公開實體模型印製
2. 1984年，Chuck Hull定義Stereolithography (光固化)
3. **3D Printing (3維列印), Rapid Prototyping (快速原型), Additive Manufacturing (積層製造), Layer Manufacturing (疊層製造), Digital Fabrication (數位製造)**
4. 以數位模型檔案為基礎
5. 2013年的十大值得觀察的科技趨勢之一—**3D Printing**, Internet of Things, Big Data, Second-Screen...

<http://zh.wikipedia.org/wiki/Digitimes>

2014/9/26

5

積層製造/3D列印: 原理

Principles of AM/3D Printing

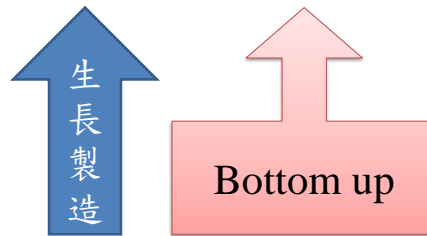
NARLabs

承諾·熱情·創新

材料製備與零件製造一體成形
逐層添加材料的變革性製造技術

增材方式

- 黏結/燒結
- 融化凝固
- 汽相沉積



2014/9/26

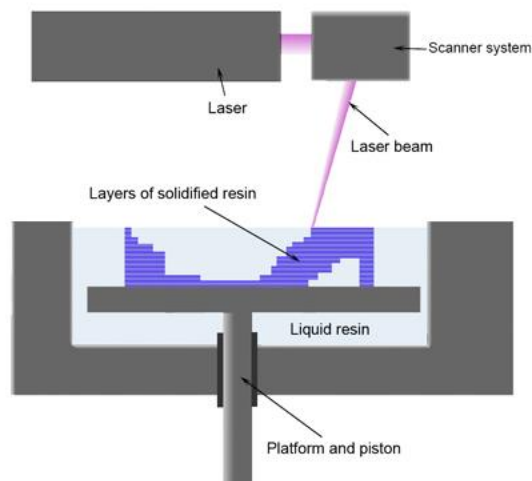
來源: 王華明
6

光固化造型法 (光敏樹脂法)

(Stereolithography Apparatus, SLA)

NARLabs

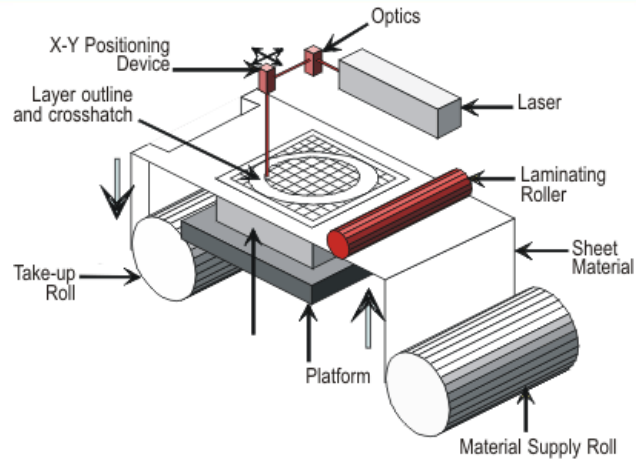
承諾·熱情·創新



[http:// wikipedia.org](http://wikipedia.org)

疊層成型法(分層實體製造法) **NAR Labs**

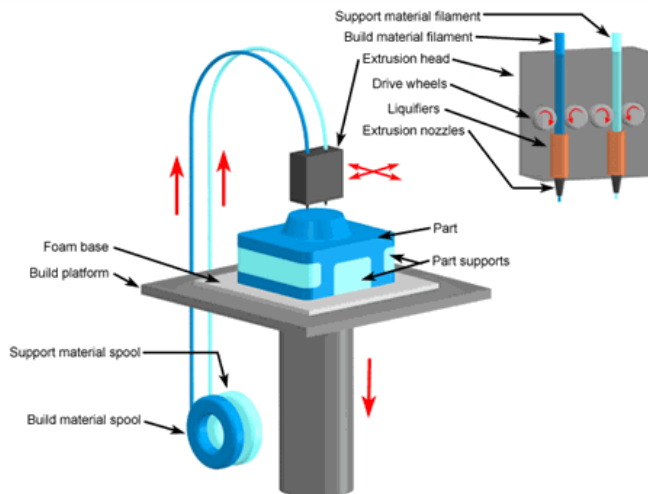
(Laminated Object Manufacturing, LOM) 承諾·熱情·創新



Azom.com™ <http://www.azom.com>

熔融沉積成型法 **NAR Labs**

(Fused Deposition Modeling, FDM) 承諾·熱情·創新



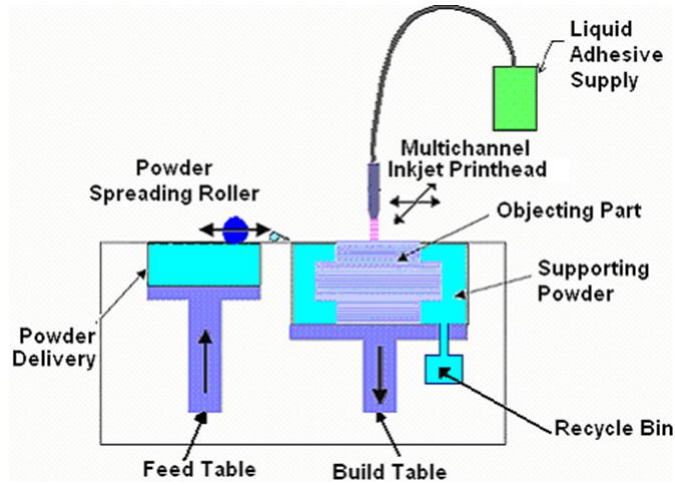
Copyright © 2008 CustomPartNet <http://www.custompartnet.com>

三維噴塗黏結法

(Three Dimensional Printing and Gluing, 3DP(G))

NAR Labs

承諾·熱情·創新



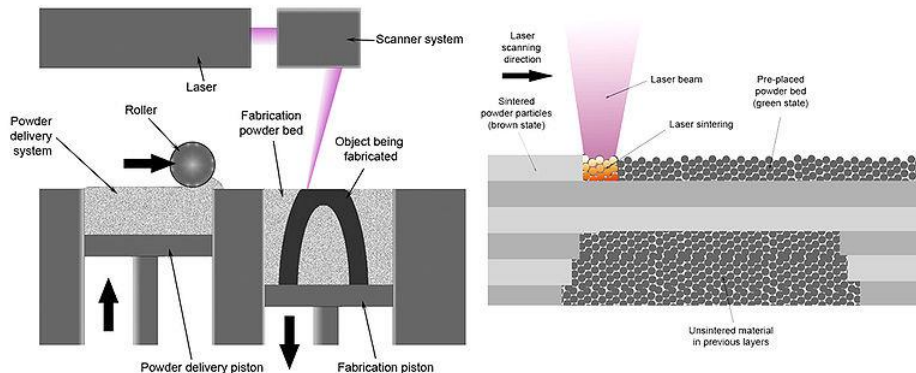
[http:// www.intechopen.com](http://www.intechopen.com)

選擇性雷射燒結法

(Selective Laser Sintering, SLS)

NAR Labs

承諾·熱情·創新

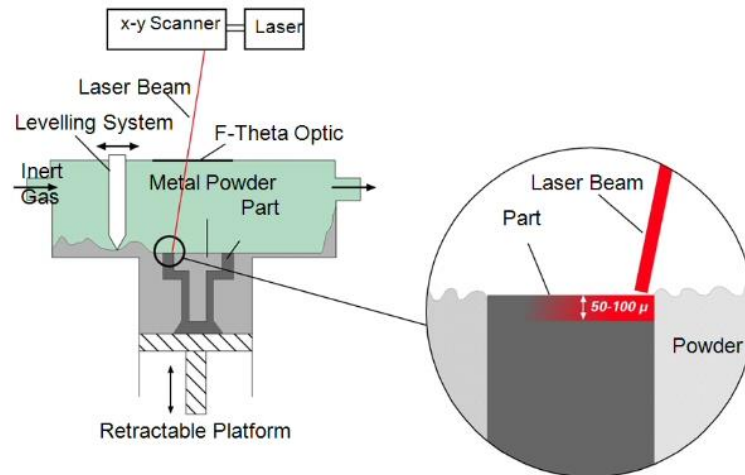


<http:// wikipedia.org>

選擇性雷射熔融法 (Selective Laser Melting, SLM)

NARLabs

承諾·熱情·創新

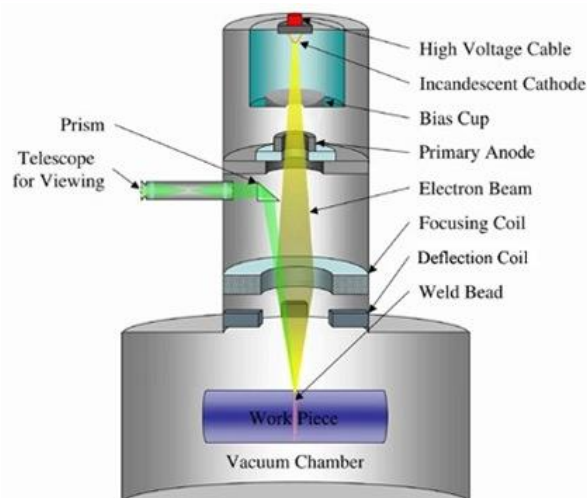


<http://compolight.dti.dk/29509.2>

電子束熔融法 (Electron Beam Melting, EDM)

NARLabs

承諾·熱情·創新



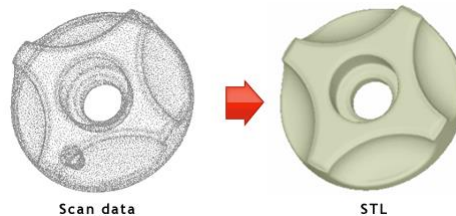
<http://www.popular3dprinters.com>

前處理 (Pre-processor)

NARLabs

承諾·熱情·創新

- 前處理-切片、分區軟體
- 切片軟體完成對CAD造型軟體所形成的STL文件進行切片處理，形成包含各層片的幾何資料的數據文件，所有3D列印都要使用切片軟體來實現這一功能



2014/9/26

[http:// www.cavlab.com](http://www.cavlab.com)

15

後處理 (Post-processor)

NARLabs

承諾·熱情·創新

- 高溫燒結
- 熱等均壓(HIP)
- 熔浸
- 浸漬
- 減法製造(例如:切削)
- 表面加工(例如:噴砂)
- 熱處理(例如:退火)
-

2014/9/26

16

積層製造/3D列印: 分類

Classifications of AM/3D Printing

NAR Labs

承諾·熱情·創新

第1類: 非金屬零件積層製造
【上世紀80年代中期開始, 已較成熟】

第2類: 致密金屬構件積層製造
【上世紀90年代初期開始, 难度大】

第3類: 生物積層製造
【義肢/人工關節; 硬組織/軟組織; 人體器官】

2014/9/26

來源: 王華明
17

第1類: 非金屬零件成型 RPM

NAR Labs

承諾·熱情·創新

1. 方式: 黏結、燒結、固化等
2. 對象: 樹脂、石蠟等非金屬模型
3. 作用:
 - 1) 新產品設計, 功能評估, 商業宣傳和量產前準備
 - 2) 縮短研製週期, 降低研發成本和生產準備成本

- RPM經近30年發展應用, 較成熟
- 去年起文化創意、藝術娛樂、家庭教育發展快速
- 媒體/公眾高度關注的”3D列印”

2014/9/26

來源: 王華明
18

第1類: 非金屬零件成型 RPM(續)

NAR Labs

承諾·熱情·創新

五種基本方法

名稱	原材料	方式
SLA	液體樹脂	光固化
LOM	紙/塑料膜	黏結
FDM	樹脂絲	黏結
3DP(G)	粉末	黏結
SLS	粉末	燒結

來源: 王華明

19

2014/9/26

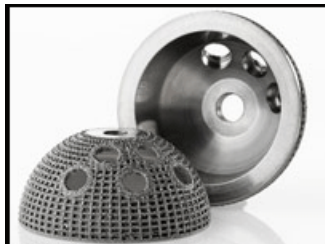
第2類: 緻密金屬構件直接製造

NAR Labs

承諾·熱情·創新

1. 方式: 選擇性雷射熔融法(SLM)/電子束熔融法(EDM)
2. 原料: 金屬粉末、金屬絲材

上世紀90年代初開始發展: 难度大



2014/9/26 <http://www.lasinternational.org>



<http://www.econolyst.co.uk>

20

第2類: 緻密金屬構件直接製造(續)

MARLabs

承諾·熱情·創新

以粉末/絲材為原料, 通過高能雷射/電子束熔化沉積, 直接實現高性能金屬零部件的”近淨成形”

材料:

- 材料製備與零件一體成形
- 非平衡材料/梯形材料: 高性能構件

製造:

- 無需大型鍛造裝備及鍛壓模具
- 精度高、加工量少、成本低、週期短
- 超快速反應、高柔性、快速修復

2014/9/26

來源: 王華明

21

第2類: 緻密金屬構件直接製造(續)

MARLabs

承諾·熱情·創新

超小能量束

~100 μ m

超細粉

~30 μ m

高速掃描

3~1000m/s

1. 複雜/超複雜小型構件
2. 高性能難加工高活性金屬件
3. 大型複雜整體關鍵構件積層製造

未來重要發展方向

2014/9/26

來源: 王華明

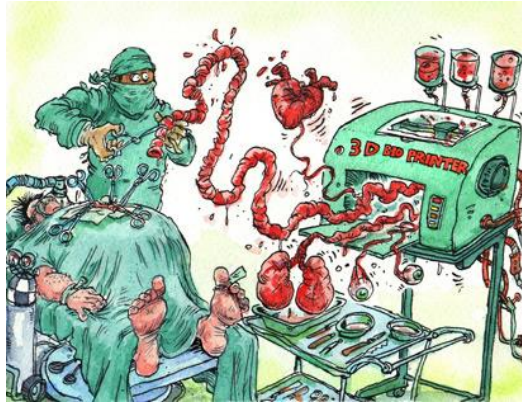
22

第3類: 生物積層製造

NAR Labs

承諾·熱情·創新

1. 方式: ?
2. 原料: 生物相容性材料等



2014/9/26

<http://www.economist.com>

23

Applications(1)

NAR Labs

承諾·熱情·創新



2014/9/26

來源: 蘋果日報

24

Applications(2)

承諾·熱情·創新



傳中國新一代戰機或全球首個使用3D列印技術(來源：環球網)

2014/9/26

25

Applications(3)

承諾·熱情·創新



來源：蘋果日報, 數位時代

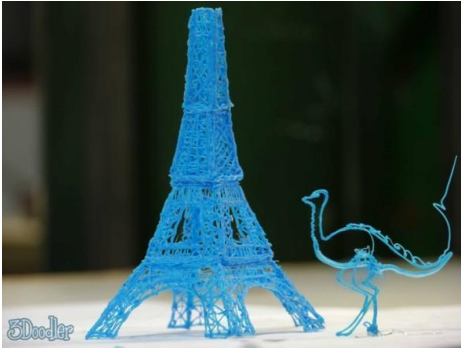
2014/9/26

26

Applications(4)

NAR Labs

承諾·熱情·創新



這把琴是由3D列印出來



<http://www.cool3c.com>, <http://www.coi.tw>

2014/9/26

27

Applications(5)

NAR Labs

承諾·熱情·創新

- Medical
- Dental
- Architecture
- Engineering
- Chemistry
- Classics and Archaeology
- Art and Sculpture
- Cultural & Creative
- ...etc



<http://unimelb.edu.au>

2014/9/26

28

Sample Procedure

承諾·熱情·創新



2014/9/26

<http://stust.edu.tw>

29

Animations of AM/3D Printing(1)

承諾·熱情·創新

- ✓ <https://www.youtube.com/watch?v=SGHOFxeaDr4> (1 min.)
3D Printed Guns Pose New Threat as Gun Law Expires
- ✓ <https://www.youtube.com/watch?v=YqzJlBcCsow> (6 min.)
Make a Working GUN using a 3D Printer! 100% Legal. Amature GunSmith Makes an AR-15 Rifle
- ✓ <https://www.youtube.com/watch?v=DconfGsXyA> (24 min.)
3D Printed Guns (Documentary)
- ✓ <https://www.youtube.com/watch?v=ehnzfGP6sq4> (11min.)
3D printer can build a house in 20 hours
- ✓ <https://www.youtube.com/watch?v=i6Px6RSL9Ac> (5 min.)
3D metal printing
- ✓ <https://www.youtube.com/watch?v=hmxjLpu2BvY> (9min.)
Printing a bicycle with a 3D printer

2014/9/26

30

Animations of AM/3D Printing(2)

NAR Labs

承諾·熱情·創新

- ✓ <https://www.youtube.com/watch?v=CP1oBwccARY> (6min.)
The 3D Printing Revolution
- ✓ <https://www.youtube.com/watch?v=L3Ta9LeILFk> (4min.)
3D Printshow 2013: Extra!
- ✓ <https://www.youtube.com/watch?v=dOvnEdWMAwE> (3min.)
千點不一樣 "全球首把3D列印手槍" 2013-05-08, TVBS新聞台)
- ✓ <https://www.youtube.com/watch?v=hSVMYMFnL8M> (9min.)
【季四端的雲端世界】2012/11/24 製造業危機! 「3D列印」第三次工業革命
- ✓ <https://www.youtube.com/watch?v=uu0r3dB0aMY> (8min.)
20121124季四端的雲端世界6—這就是3D列印!
- ✓ <https://www.youtube.com/watch?v=acug1R9mB-w> (1min.)
3D列印塑膠槍 德州大學生試射成功

2014/9/26

31

Animations of AM/3D Printing(3)

NAR Labs

承諾·熱情·創新

- ✓ <http://www.theverge.com/2014/9/4/6105505/how-to-3d-print-your-own-daft-punk-helmet> (1:46)
打造你專屬的頭盔
- ✓ https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=svwSmNPhu5M (44:19)
NASA & Made in Space: 3D Printing in Space!
- ✓ <http://bcove.me/4c0vu27m> (3:35)
觀看與 Jason Lopes 進行的獨家訪談，瞭解團隊如何利用 3D 列印技術製作機械戰警盔甲

2014/9/29

32

Current Techniques

承諾·熱情·創新

Techniques	Materials
選擇性雷射燒結 (selective laser sintering , SLS)	熱塑性塑料 、 金屬粉末 、 陶瓷粉末
直接金屬雷射燒結 (Direct metal laser sintering , DMLS)	幾乎任何 合金
熔融沉積式 (fused deposition modeling , FDM)	熱塑性塑料 、 共晶系統金屬 、 可食用材料
立體光刻 (stereo lithography , SLA)	光硬化樹脂 (photopolymer)
數位光處理 (DLP)	液態樹脂
熔絲製造 (Fused Filament Fabrication , FFF)	聚乳酸 (PLA) 、 ABS樹脂
融化壓模式 (Melted and Extrusion Modeling , MEM)	金屬線 、 塑料線
分層實體製造 (laminated object manufacturing , LOM)	紙 、 金屬膜 、 塑料薄膜
電子束熔融 (Electron beam melting , EBM)	鈦合金
選擇性熱燒結 (Selective heat sintering , SHS)	Thermoplastic powder
粉末層噴頭3D列印 (Powder bed and inkjet head 3d printing , PP)	石膏

<http://zh.wikipedia.org/wiki/>

2014/9/26

33

Outlines

承諾·熱情·創新

- 積層製造/3D列印: 為什麼突然這麼夯呢?
AM/3DP: Why suddenly so Hot?
- 積層製造/3D列印: 原理及分類
AM/3DP: Principles and Classifications
- **NCHC積層製造/3D列印: 研究進展**
Progress of Additive Manufacturing at NCHC
- 積層製造/3D列印: 對未來裝備製造技術和材料技術的影響
AM/3DP: Its Impact on Manufacturing and Materials Technologies

2014/9/26

34

Differences and Advantages

NAR Labs

承諾 · 熱情 · 創新

More flexible for designing to be stronger and lighter

Hinges for a jet-engine cover: The part in the background is the old machined part. The parts in the foreground are the ones designed and printed on a 3D printer. The new parts are stronger and lighter in weight.

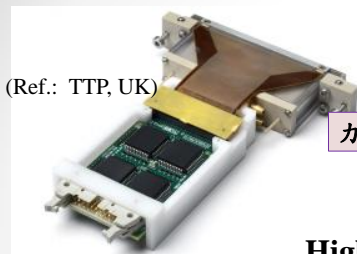


2014/9/26



35

Examples : future trend



(Ref.: TTP, UK)

力學、材料



High strength

Multi-material



力學、材料



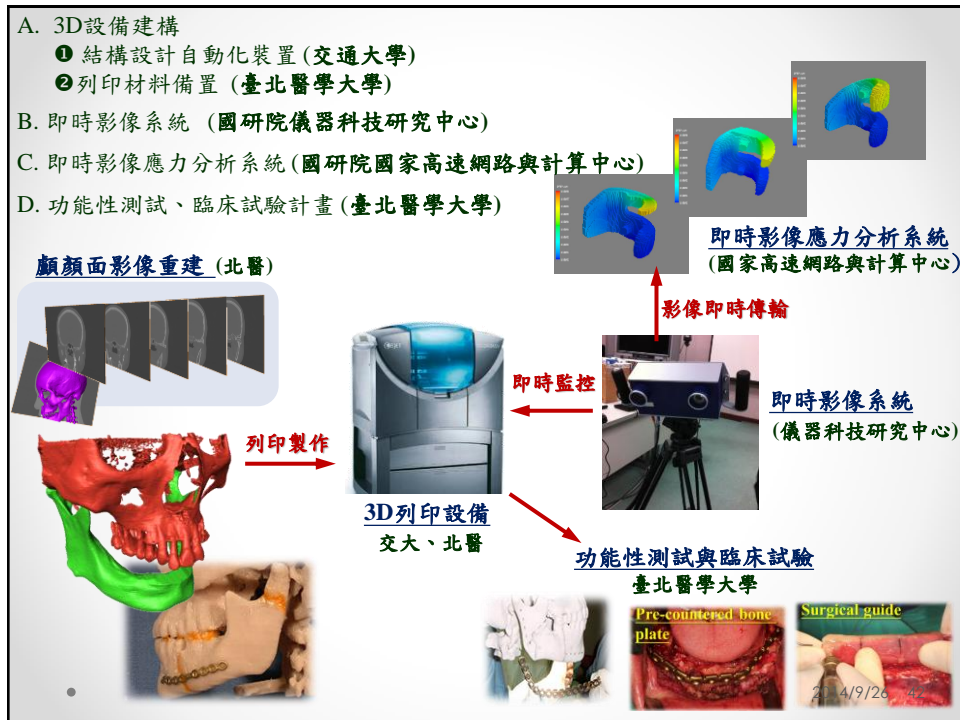
(From 3D system)



In color

(Ref.: Bernard Meade)

2014/9/26 ● 36



Outlines

NAR Labs

承諾·熱情·創新

- 積層製造/3D列印: 為什麼突然這麼夯呢?
AM/3DP: Why suddenly so Hot?
- 積層製造/3D列印: 原理及分類
AM/3DP: Principles and Classifications
- NCHC積層製造/3D列印: 研究進展
Progress of Additive Manufacturing at NCHC
- 積層製造/3D列印: 對未來裝備製造技術和材料技術的影響
AM/3DP: Its Impact on Manufacturing and Materials Technologies

積層製造/3D列印:特徵

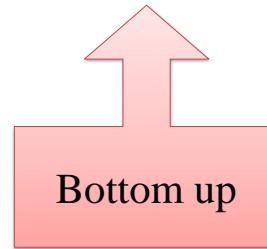
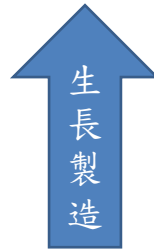
NARLabs

The characteristics of AM/3D Printing

承諾·熱情·創新

高性能材料與複雜結構之積層製造一體成形

- 材料添加
- 材料製備
- 材料合成
- 材料複合



- 零件製造中製備材料! 材料製備中製造零件!

來源: 王華明

45

2014/9/26

積層製造/3D列印:特點

NARLabs

The benefits of AM/3D Printing

承諾·熱情·創新

- (1) 製造快速化
- (2) 技術高度整合化
- (3) 自由成型
- (4) 製造過程高度彈性化
- (5) 可選材料的廣泛性
- (6) 廣泛的應用領域
- (7) 突出的技術經濟效益

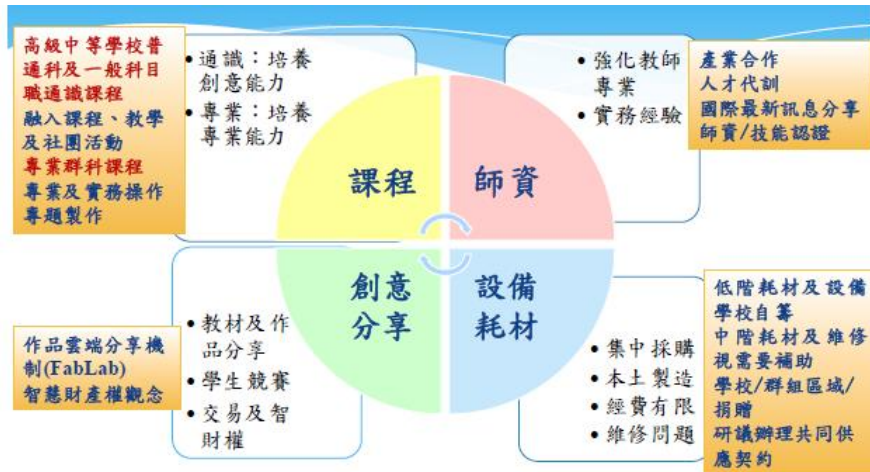
46

2014/9/26

教育部3D列印普及培育推動策略

NAR Labs

承諾·熱情·創新

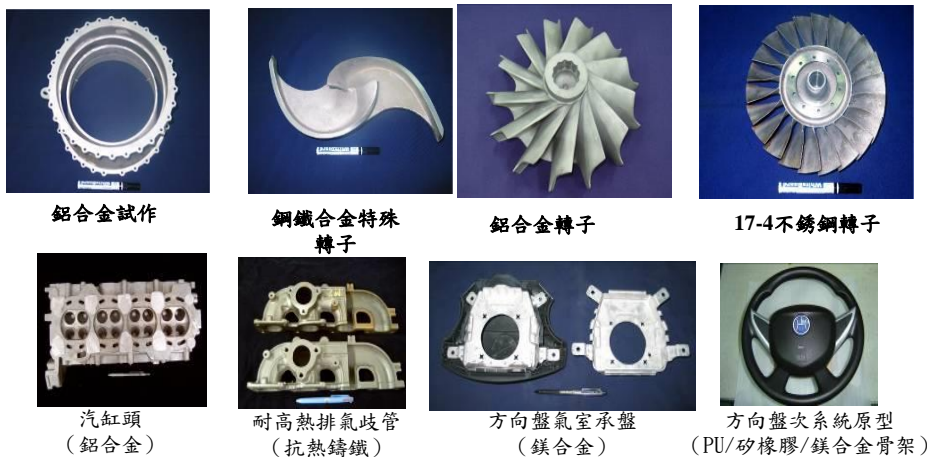


47

國內3D列印應用案例

NAR Labs

承諾·熱情·創新



來源:吳慶財(金屬工業研究發展中心)

2014/9/26

48

國外3D列印應用案例(1/3)

NAR Labs

承諾·熱情·創新

波音飛機用門托架

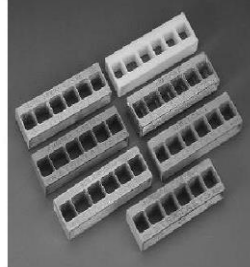


上排從左至右
Nu-Cast-鋁，ABS件，Barroncast-碳鋼

下排從左至右：
Sloidform-鋁，High Tech Castings-鋁，
High Tech Castings-銅，Aurora Cast-不
銹鋼

2014/9/26

薄壁測試件



分別設計壁厚為0.025, 0.035, 0.045, 0.05, 0.07 和0.1 英寸的不同尺寸模組。利用ABS原型件整合精密鑄造技術進行薄壁物件成形測試，圖片中展示了鑄造後之金屬件，證明了利用FDM製作薄壁件是完全可行的。

來源:吳慶財(金屬工業研究發展中心)

49

國外3D列印應用案例(2/3)

NAR Labs

承諾·熱情·創新

Biommet inc人體膝關節金屬件



Photo 5. ABS IC pattern for an elbow (with galling) and two knees (Biommet)



Photo 6. Example of two cobalt chrome knee implant investment castings (Biommet)

Hydro Quebec電子鋁合金零組件



Photo 7. ABS Patterns (Hydro Quebec)



Photo 8. Aluminum Investment Castings from ABS Patterns (Quebec Hydro)

來源:吳慶財(金屬工業研究發展中心)

2014/9/26

50

國外3D列印應用案例(3/3)

NARLabs

承諾·熱情·創新

- 專業積層製程的製造顧問特里·沃勒斯(Terry Wohlers)說，以雷射燒結的零件，約有兩萬種已經用在波音公司(Boeing)製造的軍用和商用飛機上，包括787夢想飛機(Dreamliner)所用的32種組件
- 歐洲航空防衛與航太公司(European Aeronautic Defense and Space Company; EADS)正使用這種技術，生產衛星使用的鈦零件，並且準備使用它製造空中巴士(Airbus)飛機數量較高的零件
- 路易斯維爾大學的戈內特表示，印製流程可以減少汽門、活塞和燃料噴射器至少一半的重量。包括賓利(Bentley)和寶馬(BMW)在內的超級豪華與高性能汽車的製造商，已經使用三維列印法於生產批量只有幾百件的零件

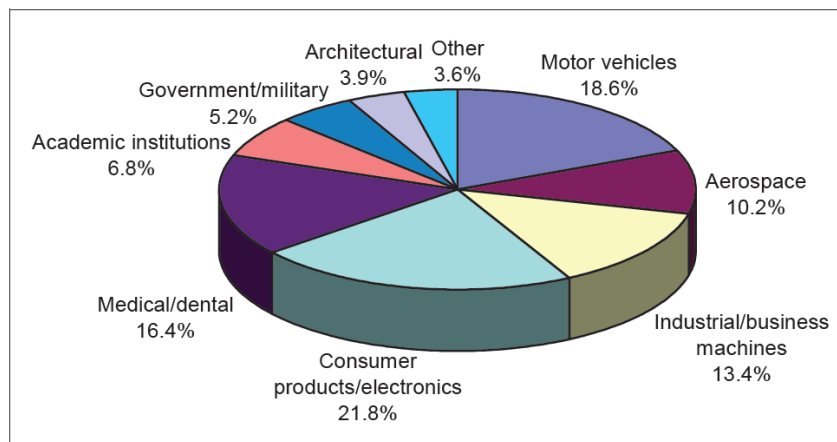
2014/9/29

51

全球應用領域

NARLabs

承諾·熱情·創新



Source: Wohlers Associates, Inc.

2014/9/26

52

積層製造/3D列印:理性認識

NAR Labs

The understandings of AM/3D Printing

智慧製造 · 創新

- 積層製造是製造技術大家庭的一個新成員
- 積層製造與減法製造並不對立!積層製造產品仍需要後續減材加工
- 積層製造不可能「顛覆」或取代減法製造

模鍛毛胚

切削加工

最終零件

2014/9/26

來源: 王華明

53

Summary

~ Thank you ~

<http://www.nhc.org.tw>

- Integrate **HPC, storage, networking** and **cloud computing** user service environment
- Develop **core middleware, network security key technologies** and applications
- Participate in **large-scale cooperative research**
- Strengthen mutual **cooperation with Industry**
- Building a smart cloud including infrastructure, middleware, applications, data acquisition

2014/9/26

54