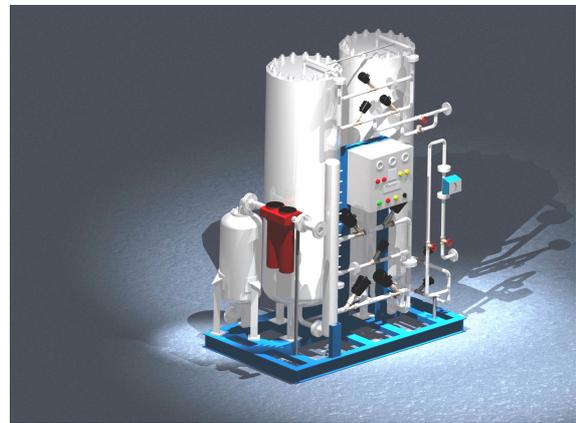


Insert Nitrogen Gas Laser Cut

如何提昇氮氣雷射切割競爭力



黃運火 先生
2010.09.07

本文作者:

黃運火 先生

現職: 愛富明科技(股)公司 總經理

電話: 03-551-8289 傳真: 03-551-8189

Http:// www.gasmaster.com.tw gasmaster 氣體應用專家

致謝: 感謝德鑫雷射切割、萬事易精機、三都精機、營邦企業、天源雷射機械等公司之量產技術交流分享。

參考文件:

1. 雷射切割技術型錄
2. 雷射切割技術手冊
3. 美商 IGS 雷射切割專用之氮氣機技術方案

“本文著作權屬於愛富明科技(股)公司,翻印必究! 不得轉載!”

“如何提升氮氣雷射切割競爭力？”

大綱:

- 一. 本文簡介
- 二. 氮氣雷射切割原理及主要影響因素
- 三. 如何提昇氮氣雷射切割效率與品質
- 四. 氮氣產生機與增壓系統介紹
- 五. 雷射切割專用氮氣設備投資效益
- 六. 實際氮氣雷射切割應用實績及結論

一. 本文簡介

本文主要分析氮氣雷射切割之應用實際效益與風險,同時針對業者之液態氮,氮氣產生機及相關設備導入時應注意事項,提出完整建議,並以實際成功案例介紹,期望提供有心業者先進參考,以大大提昇競爭力.

由於大量製造衝壓模(Press Mold)生產方式已漸漸外移,加上電子資訊產品之品質不斷提高及交期快速要求,很多製造業分別大量導入雷射切割機.其中以氮氣雷射切割之效益最為明顯.因為氮氣切割可以使金屬切割斷面亮又平整,對於複雜型狀更是快速完成.針對不鏽鋼切割皆以氮氣切割為主,由於氮氣是惰性氣體,可使不鏽鋼斷面白亮,無氧化層.其中又因不鏽鋼厚度增加而必需加大氮氣壓力,才可確保斷面平整無毛邊,如此氮氣成本支出就相當可觀,因此成本降低就更需要特別管控.

二. 氮氣雷射切割原理及主要影響因素

2-1 氮氣雷射切割原理 (如圖 1,2)

首先-材料加熱-雷射光

(Laser light + evt. Exothermic reactions)

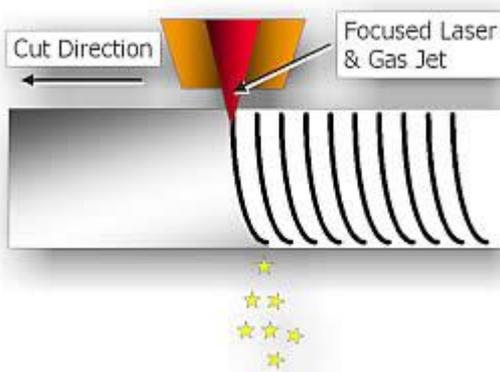
其次-材料移除-氣體輔助噴射

(Gas jet + evt. Evaporation pressure)

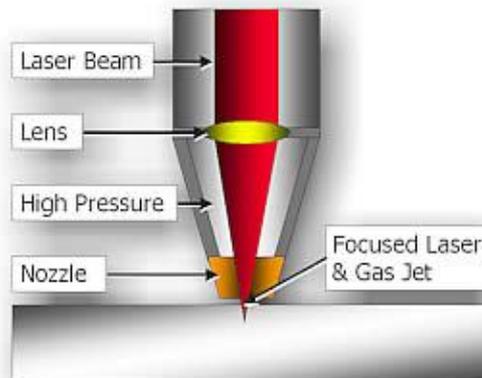
比較-一般與氧氣切割比較

- 優良切割面品質
- 需要高氣體壓力

氮氣雷射切割應用-切割材料大多切割不鏽鋼與鋁材為主



如圖 1. 氣體輔助雷射切割原理



如圖 2. 氣體輔助雷射切割裝置

2-2 氮氣雷射切割重要影響因素(根據各家雷射切割機之要求)

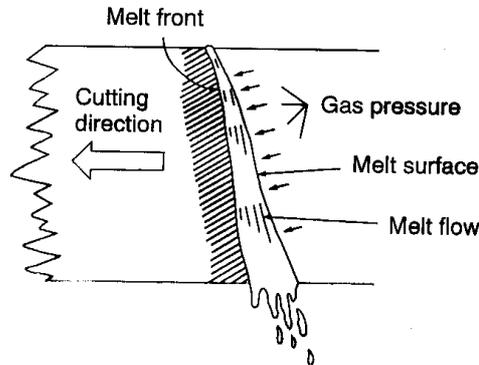
“如何提升氮氣雷射切割競爭力？”

氣體應用專家

a. Gas Pressure 切割氣體壓力

一般傳統氧氣切割壓力約 15 to 50 psi, 空氣切割壓力約 30 to 200 psi. 針對高壓氮氣切割透過氣體噴嘴可以將氮氣之速度與壓力最大化經過噴嘴口(nozzle orifice). 其針對厚板之氮氣壓力約為 300 to 400 psi. 一般薄板約 100 to 200 psi. 同時有客戶反而對薄板仍加大切割壓力,以加快移除熔渣並加快切割速度,以提高產量.(如圖 3)

圖 3. 切割氣體壓力與熔渣流動



b. Nozzle 噴嘴大小

因為板越厚越多熔渣移除,其需要氮氣量就要越大,因此噴嘴要加大,同時移除面較厚,所需壓力也要加大,因此耗氮量也要越多.

c. Cutting Gas 切割氣體與純度

目前氮氣規格因為液氮純度一般為 99.99%以上,甚至 99.9995%. 也就是含氧量很低.就液氮而言應足夠. 如欲採用氮氣產生機直接使用,根據國內外經驗,切割不鏽鋼材料,其氮氣純度與厚度有直接關係.如為薄板 1mm 以下,也可為 99.95%,如為 2~5 mm 約為 99.99%~99.995%(如圖 4). 厚板 6mm 以上建議為 99.9995%.(如圖 5)



圖 4. 氮割薄板(良品與不良品)



圖 5. 氮割厚板(良品與不良品)

d. Inert Gas Cutting Material and Thickness (Nitrogen Cutting) 切割材料與厚度

氮氣切割材料目前主要以不鏽鋼,鋁板與 SECC 板;主要是要斷面白亮平整無毛邊.(見圖 6) 此切割厚度和切割氮氣壓力非常有關係. 一般 2 mm 以內約 10kg/cm²; 如厚板 10 mm 以上時約要 20 kg/cm². 此時一般採用高壓液態氮桶或加裝氮氣增壓機 (Nitrogen Booster);其壓力可達 40 kg/cm².

e. Cutting speed rate 切割速度(見圖 7)

雷射切割機功率與氮氣切割速度很有關係,如以 4 mm 不鏽鋼板,6000W 速度為 3000W 兩倍, 為 2200W 速度三倍相對的,兼顧切割速度及其能切割之厚度,高功率為其主要選擇.

“如何提升氮氣雷射切割競爭力？”

氣體應用專家

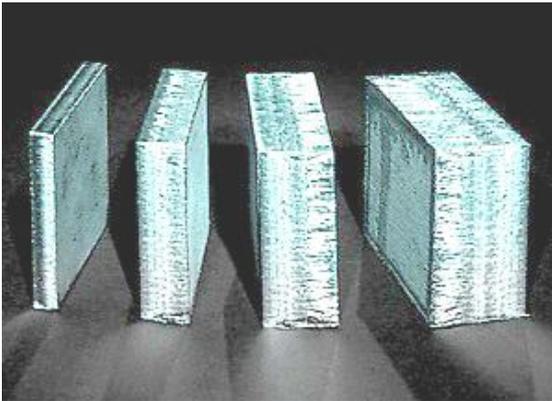


圖 6. 厚度 3/8", 1/2", 3/4", 1" (6000W 加工)

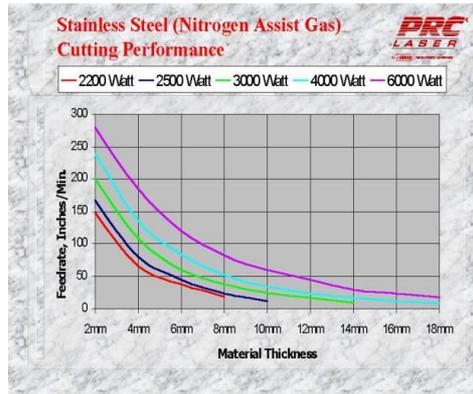


圖 7. 不同雷射功率之不鏽鋼切割能力

f. Laser lens 聚光與溫度 (無污染與不高溫,不變形)

針對光路系統,一般功率高之雷射切割機皆採用氮氣正壓保護,同時針對雷射鏡片之透光折射焦距特別要求潔淨. 尤其鏡片有絕熱或不吸熱,無高溫及變形,以影響切割品質

g. Jet Gas transfer time 氣體種類切換速度 (斷面無變色)

在穿孔加工使用氧氣進行氮氣切斷時,不會使切斷面有變色狀況. 不鏽鋼厚板加工時,大幅縮短穿孔加工後氣體切換時間. (如圖 8-a, 8-b)



圖 8-a. 受到穿孔加工使用氧氣的影響,切斷時氮氣氣體純度的不足太低,導致切斷面發生變色



圖 8-b. 切斷面無變色

三. 如何提昇氮氣雷射切割效率與品質

氮氣切割如圖 9 所示,切割速度與產能必須一致,同時又確保品質良好無毛邊且白亮.



圖 9. 氮氣雷射切割實景

3.1 如何加快切割速度與厚度

一般切厚板時如採用液態氮不鏽鋼桶時,因蒸發器 EVAPOR 速度不夠,常要兩桶液態氮一起蒸發才足夠氮氣切割壓力. 同時一般只用八成液氮,剩下不夠蒸發使用,此時常會有下現象:

- 如繼續使用則必需放慢切割速度,此反而造成雷射切割產值降低,得不償失.
- 如不用造成浪費,假如一公斤液氮 8 元,實際上為 10 元.

“如何提升氮氣雷射切割競爭力？”

- c. 將剩餘氣體移作切薄板用或光路使用, 管理不便.
- d. 一般此時客戶要必免因切割壓力不足而有毛邊不良品, 增加很多二次加工費用.

3.2 裝高壓液態桶槽以解決氮氣壓力問題

此時客戶將面臨如下問題:

- a. 安裝空間位置大小
- b. 廠房安全法規要求
- c. 槽車運送空間動線
- d. 液氮安檢與人員安全講習認證
- e. 鄰里與員工觀感
- f. 長期合約與價格束紱.

3.3 裝高壓氮氣增壓機配合桶裝液氮(如圖 10)

加裝氮氣增壓機以達到切割所需壓力, 其優點如下:

- a. 氮氣切割壓力永遠保持足夠壓力, 確保切割無毛邊.
- b. 增壓壓力達 **35 bar** 以上, 切任何厚度皆足夠.
- c. 氮氣壓力穩定, 切割速度可保持固定高速產能, 加大產能約 **10~15%**.
- d. 液氮充份吸取增壓, 節省氮氣費用約 **15%**
- e. 換液氮不必停機, 一天如換四次則可以減少一小時停工損失約 **8%** 工時.
- f. 耗材只有機油與過濾器濾心, 回收快.

3.4 純淨光路系統 (如圖 11)

光路系統需絕對乾淨與保持正壓, 以保持光路之反射鏡片乾淨
當以空氣維持正壓時:

- a. 光路系統如以空氣維持正壓一般需要無油式空壓機
- b. 空壓源常濕露點要 **-40C** 以下, 一般之冷乾機不夠需加裝吸附式乾燥機
- c. 進氣口需加裝兩級過濾器以保光路品質
- d. 如果由灰塵或水氣及油氣將造成光路不穩定, 光之功率與集中折射源能力, 造成切割斷面不良.

當以氮氣維持正壓時:

- a. 進氣口需加裝精密過濾器以保光路品質
- b. 如果由灰塵將造成光路不穩定, 光之功率與集中折射源能力, 造成切割斷面不良.



圖 10. 氮氣高壓增壓系統

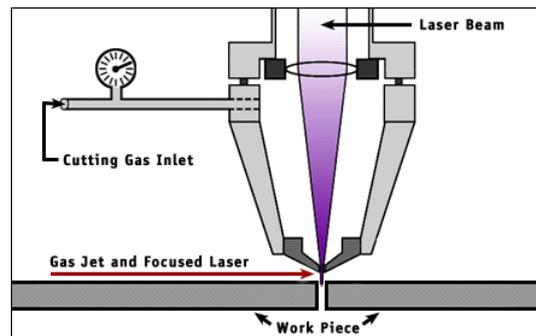


圖 11. 雷射鏡片上方為光路系統(需維持正壓)

四. 氮氣產生機與增壓系統介紹

如果客戶已有氮氣增壓機時, 用戶需只增購氮氣機系統即可.

4-1 氮氣機系統(如圖 12)包含:

- a. 空壓機
- b. 冷乾機
- c. 空壓桶與過濾器
- d. PSA 氮氣機(純化精氮系統為選配)
- e. 氮氣緩充罐

“如何提升氮氣雷射切割競爭力？”

氣體應用專家

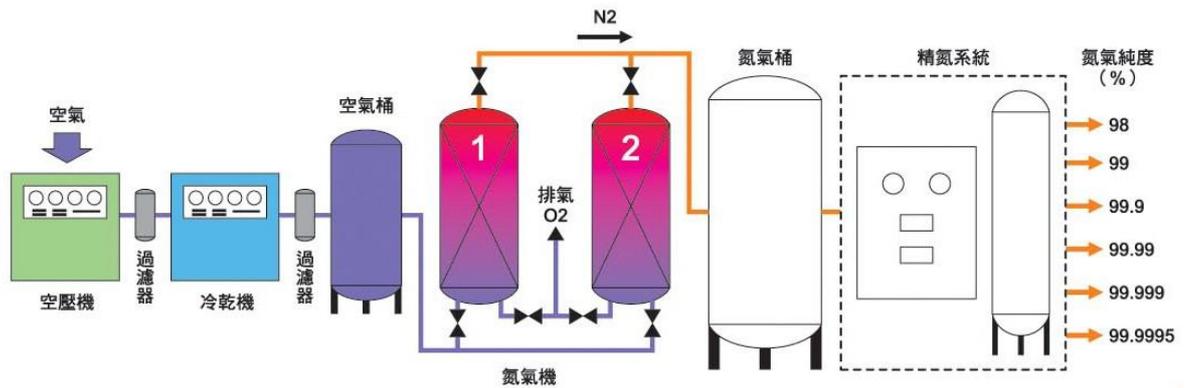


圖 12. 氮氣機系統

4-2 增壓機系統(如圖 13)包含:

- 液氮桶
- 蒸發器
- 高壓大流量減壓閥
- 低壓緩衝桶
- 增壓機與控制系統
- 高壓儲存桶
- 高壓過濾器

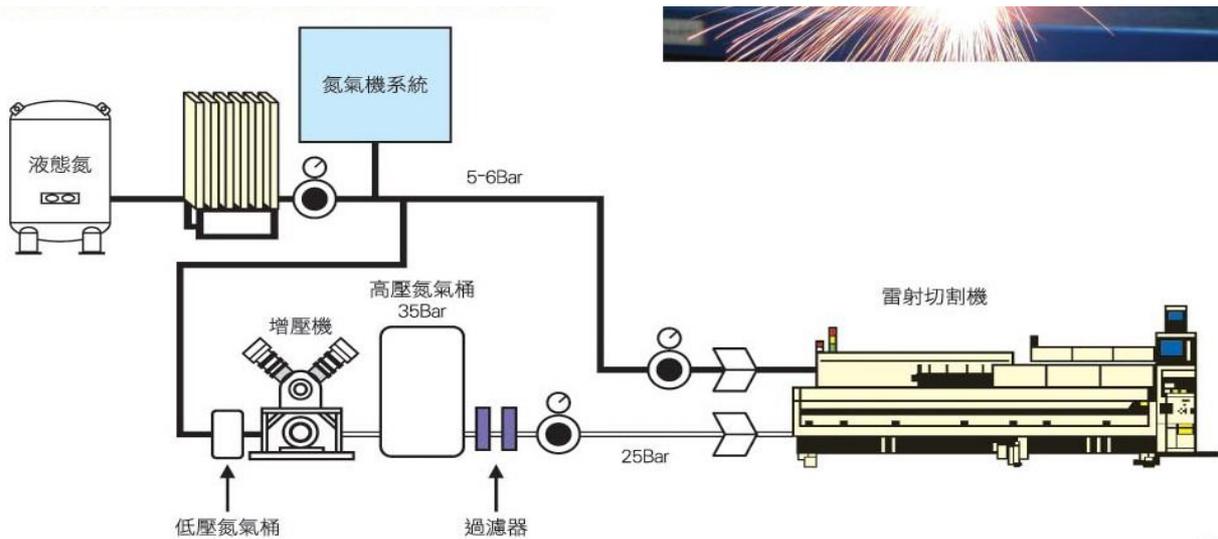


圖 13. 氮氣增壓機系統

五.雷射切割專用氮氣設備投資效益

本系統特別適合氮切割為主之業者,其高壓液氮有無增壓機供給比較結果(如表 1),其氮氣機與液氮之優缺點比較(如表 2),針對氮氣機使用率每日有 12 小時以上時,回收約兩年左右完成.其中又需了解客戶需求,解說如下:

1. 薄板為主加工廠,如 LCD 背板, IPC 產品.....;其產品切割氮氣純度約 99.99%即可.氮氣增壓壓力約於 20 kg/cm²;其兩台雷射切割約需 60Nm³H 用量.
2. 厚板為主加工廠,如機械不鏽鋼代工產品,少量多樣.....;其產品切割氮氣純度約 99.9995%即可.氮氣增壓壓力約於 30 kg/cm²;其一台雷射切割約需 80Nm³H 用量. 因此系統規劃之總資額較高,因為其需增加純化設備才確保純度氧含量 5 ppm 以內.

- a. 高壓液氮有無增壓機供給比較

“如何提升氮氣雷射切割競爭力？”

氣體應用專家

項目	增壓機壓力	增壓機流量	安全性	更換液氮桶需停機否	切割速度	壓力穩定無毛邊	氮氣支出	回收性
方式								
有增壓機(薄板切割)	適中	視切割機數量而定	高三道安全保護	否	快	是	減少一些	兩年回收 產能增加 無毛邊
有增壓機(厚板切割)	高而穩定	一般要100~120 Nm3H 以上	高三道安全保護	否	特別快速 穩定	是	減少很多	兩年回收 產能增加 無毛邊
高壓液氮桶裝無增壓機	蒸發速度遞減,壓力減少	無	高	是,一天要停機約一小時	越來越慢	否	較高	浪費氮氣 產能減少 品質不穩
壓液氮槽車不必增壓機	穩定	無	低	無	不變	是	不變	不變

表 1.

b. 氮氣機(如圖 14)與液氮桶槽比較

項目	壓力容器	場地安檢	安全性	購置成本	使用成本	投資抵減	操作性	回收性
液態氮	第一壓力	嚴格	液氮蒸發後定期排放不安全	大桶槽土木施工及每年安檢費用	需簽約,單價易被綁住且成本高	屬費用類,每月必需支出	人員需有45小時講習認證	每年需不斷支出
氮氣機	第二壓力	一般	常壓吸附式氮氣機安全	需一次投入較大資金	成本低	可抵減及折舊攤提	簡單安全	約兩年以內回收*

表 2. 註: *表示視切割時數與氮氣切割量,液氮單價



圖 14. 氮氣機設備構造(氮氣純度達 99.995%)

六. 實際氮氣雷射切割應用實績及結論

目前國內陸續已大量使用氮氣雷射切割系統,無論是氮氣機是否已導入否?其實就整體工廠營運而言,不外乎開源與節流;更進一步而言就是成本與風險!

就增壓機系統而言應是小投資高效益之應用,初期可以符合各種產品厚度要求,品質與交期確保公司之長期運作穩定.

節流方面: 不良率減低,無氮氣與人力之浪費,液氮充分經由增壓到高壓桶,減少殘留液氮浪費.

開源方面: 加上切割速度加快,無因換液氮之停機損失,增加產能利用率與成型週期.

6-1 整體分析:

a. 就策略性,保留彈性初期用液氮,未來可以用氮氣機,可不受高壓槽車桶槽合約束縛!

“如何提升氦氣雷射切割競爭力？”

- b. 就未來性,如液氦用量大則仍可以搭配氦氣機使用.
- c. 就風險性,如液氦高壓桶槽之安全性顧慮較高,必需考慮廠房及週邊安全性.
- d. 就效益性,如上述之開源與節流,如果液氦用量大,其回收速度應可於兩年內攤提完畢,完全回收.

6-2 氦氣機與精氦純化系統之應用實績:

目前量產使用已非常穩定良好,國內使用者已充份使用於不鏽鋼厚度達 12mm 以上,氦氣機之純度與流量及整套系統自動化設計,可達無人化操作系統,同時亦需偵測氦氣純度品管功能.如此方能確保雷射切割自動上下料時仍可保證切割品質良好.

技術方面確認已獲得應用實績印證如下:

- a. 厚板氦氣切割應用: 如圖 15 所示,其氦氣純度需達 99.9995%,因此需加純化設備方能確保切割面品質白亮與無毛邊如圖 16 所示.,增壓機之流量與壓力需足夠.
- b. 薄板氦氣切割應用: 如圖 17 所示,其氦氣純度需達 99.99%,因此只需氦氣機設備即可確保切割面品質白亮與無毛邊如圖 18 所示.

6-3 結語:

客戶雖然初期投入購置費用,但是就以氦氣切割為主之業者,技術已無風險,只要稼動率高或液氦切割比率大時,其氦氣機每月如有 10~15 萬以上,則其購置時間點將是現在.

因應市場之競爭與長遠發展,經營者如能明確未來產品經營方向,本文希望能提供相關業者先進參考,如能充份做好技術要點評估及效益風險分析,提昇公司營運績效,另創高峰將是大有可為!



圖 15. 壹台雷射切割機量產中之氦氣機系統 (用戶) 氦氣機與精氦純化系統(氦氣純度達 99.9995%)

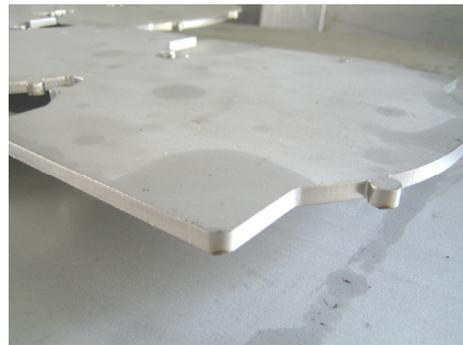


圖 16. 氦氣機精氦純化系統實際切割產品 (產品不鏽鋼 SUS304, 厚度 12mm)



圖 17. 兩台雷射切割機量產中之氦氣機系統 (用戶) 氦氣機系統 (氦氣純度達 99.995%)

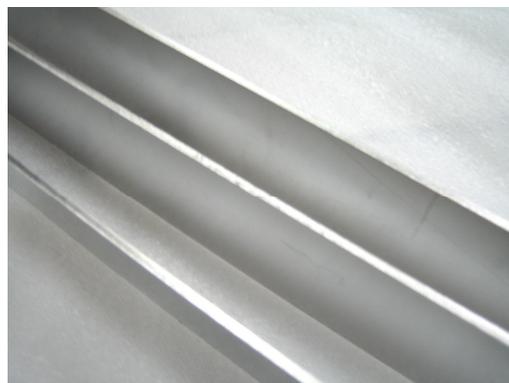


圖 18. 氦氣機系統實際切割產品 (產品不鏽鋼 SUS304, 厚度 2mm)