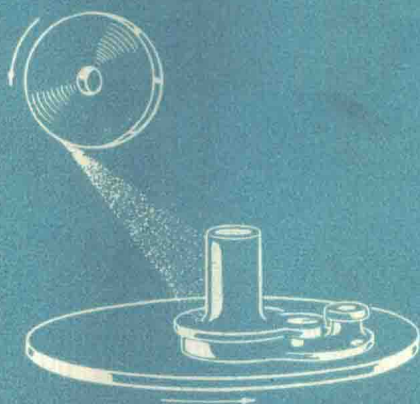


噴球表面處理法

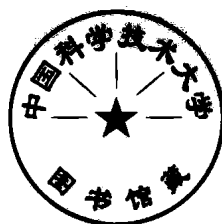
魏振蓀編譯



大東書局出版

噴球表面處理法

魏振蓀 編譯
陳農 校閱



大東書局出版

噴球表面處理法內容提要

本書分爲四個部份：第一部份討論噴球表面處理法的使用範圍，工件耐疲強度改進的情況和處理的方法，以及噴射球體等；第二部份與第三部份討論機件經噴球處理後的強化問題；第四部份專題分析噴球處理法對於工件機械性能及金相結構上的改進情況。本書適宜於五級以上的機工、鍛工、鑄工、冷作工以及機械製造工作的技術人員、技師等學習或參考之用。

噴球表面處理法

書號：5117

編譯者	魏振蓀
校閱者	陳農
出版者	大東書局 上海福州路301號
印刷者	大東印刷廠 上海安慶路268弄

32開 58印刷頁 66000字 定價5,600元
一九五四年一月初版

(0001—3000)

上海市書刊出版業營業許可證出C43號
上海市書刊發行業營業許可證發C61號

目 次

第一部份 噴球表面處理法	1
第一章 自古代的技藝進展至近代的方法	1
第二章 噴球表面處理法的優點——耐疲強度的改進 ...	5
第三章 噴球處理的其他優點	9
第四章 噴球處理的方法	14
第五章 無氣式噴球法與氣噴式噴球法的比較	30
第六章 噴射用球體	32
第七章 噴球設備及其使用法	39
第二部份 金屬機件的強化(用噴球處理法)	53
1. 噴球處理對於金屬表面的作用	53
2. 金屬工件的各種結構損壞方式	56
3. 耐疲強度的測定	58
4. 金屬噴球處理後的耐疲試驗結果	65
5. 工件大小對噴球處理效用的影響	66
6. 利用噴球處理消除孔部、圓角部及缺口部的 應力集中現象	68
7. 利用噴球處理法消除鋼料去炭的惡影響	69
8. 噴球處理改良金屬彎曲強度、扭曲強度、抗 拉強度及抗壓強度的比較效應	71

9. 噴球處理後工件表面殘餘壓縮應力的持久性	71
10. 噴球處理對於高壓作用下疲勞折裂的影響	72
11. 鋼結構經噴球處理後的靜強度	77
12. 獲得噴球處理最大效果的應該注意之點	79
13. 噴球處理法應用上的限制	81
14. 噴球處理的優點	81

第三部份 改進工件的耐疲強度82

1. 耐疲壽命的增加	82
2. 為何噴球處理可改進耐疲強度	84
3. 應力的類型	84
4. 腐蝕對耐疲力的影響	88
5. 材料的彈性	90
6. 齒面的凹痕	91

第四部份 噴球處理對工件機械性能與

金相組織上的裨益93

1. 圈形彈簧的噴球處理	93
2. 去炭層與噴球處理後的表面	95
3. 鋼料及輕合金的噴球處理	101
4. 球體大小及噴射時間	102
5. 齒輪的噴球處理	106
6. 鎢機械零件的噴球處理	108
7. 曲軸的噴球處理	110
8. 總論	110

第一部份 噴球表面處理法

第一章 自古代的技藝進展至近代的方法

金屬表面的冷態鎚擊，可以改進其物理性質，使金屬的韌性及耐久性增加。這種金屬表面的冷擊處理，古時已經應用；但直至近年始發展至用噴球法作冷鎚擊，使其成爲一種確定的技術措施，可在大量生產中應用。

甚麼叫做噴球處理法

噴球處理法是一種冷作性質的表面處理法，將許多小型圓鋼球以高速噴向金屬表面而發生鎚擊作用。每一小球即相當於鎚頭的圓頭，當它與金屬表面撞擊後，使表面發生一凹陷，而使表面層作輻射狀的伸張。如圖 1，一聯串的鋼球撞在金屬面上，使

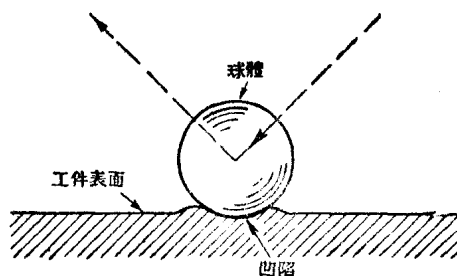


圖 1

表面層(約 0.12 公厘—0.25 公厘)產生超過金屬屈服點的張力。有時，如錳鋼等經鋼球密集的撞擊後，可使其冷作影響深度達 0.75 公厘以上。

噴球作用時，因能量的變換，可能暫時產生較高溫度，影響金屬而發生可塑性的流動；但這種表面處理法，原則上屬於冷作處理，以便與高溫處理相區別。

金屬表面層下的纖維組織經處理後，並未到達其屈服點，故仍保留其彈性。下層金屬纖維組織常附着於上層組織，因此經噴球處理後，內層組織有使外層已拉長的纖維回復至較短的趨向，而產生一種平衡狀態，使表面層纖維有殘餘壓縮應力而內層纖維則有殘餘拉力。

實際試驗說明，表面層的壓縮應力較內層的拉力大數倍；故當外力作用而使工件表面產生拉力時，表面層的殘餘壓縮應力便能抵消一部份拉力，結果使工件的耐疲性增加，因一般工件的過疲損傷大部是由拉張應力所促成的。

噴球表面處理法的應用範圍

一般噴球表面處理法可增加工件的耐疲強度，特別對於彎曲及扭轉應力效用較大，對於軸向推拉應力，無任何影響〔見第二部份的專題討論〕。

螺栓等如僅受軸向拉力，噴球處理沒有任何作用；但對因震動力作用或負荷作用而受扭曲應力，或彎曲應力的螺栓，經處理後可改善其性能。

可應用噴球處理法的工件舉例如下：

搖臂桿	螺旋彈簧	推進器
傳動軸	空氣鑽	引擎套
坦克輪軌梢	銑刀	花梢
齒輪	連桿	萬向接頭
錐齒輪	主桿	活塞
推進器軸	關節連桿	汽閥夾片
曲軸	輪軌連桿	扭曲桿
心軸	鏈條連桿	汽輪
支軸	轉向關節	活塞梢
螺旋齒輪	螺旋齒輪	環狀齒輪
片狀彈簧	氣缸體	汽閥彈簧華司

大部噴球處理的工件為鋼件，或黑色金屬工件，有色金屬工件，如銅件、鋁件等，其噴球效用大致與鋼件相同。

此外噴球處理可應用於形狀不規則的工件，此種工件熱處理後變形較大，而又不能用冷軋或冷拉法處理；又可用於已經加工的表面或機件上某些特殊部份。此項處理，一般為加工製造過程中的最後一道手續，所有車削、研磨、淬火等都須在噴球處理以前進行，僅某些輕度表面處理工作，如拋光、鏟磨（或稱砥磨）等始可在這步以後進行。

噴球表面處理法的效用

噴球表面處理法，現今已成為機械製造上一種普遍應用的表面處理方法；但並不能依靠噴球處理法，來糾正所有因設計不

良或先前加工不良所產生的缺點。噴球處理法的效用，最顯著點為提高工件的耐疲強度。茲舉數實例如下：

曲軸經處理後耐疲壽命增加	900%
片狀彈簧經處理後耐疲壽命增加	600%
連桿經處理後耐疲壽命增加	1000%
圈形彈簧經處理後耐疲壽命增加	1370%
齒輪經處理後耐疲壽命增加	1500%
轉向關節經處理後耐疲壽命增加	475%
搖臂桿經處理後耐疲壽命增加	1400%

因上述工件耐疲強度的提高，從而影響其設計、製造及應用。由於耐疲強度的提高，設計時可改小斷面面積或減輕重量，有時更可用低碳鋼以代替高價合金鋼，如某廠製造轉向關節時原用 X-3140，後因材料供應中斷改用 SAE—4140，又告不繼，再改用 NE 8744。耐疲試驗結果，後者之最高與平均值均合格，但有若干件之值特別低，最後決定在應力集中部份施行噴球處理，結果耐疲性提高至 639000 次作用循環，而一般所用的 X—3140 材料，其最高耐疲性亦僅 241000 次作用循環而已。用噴球法代替表面拋光法可增加產量與減低成本。某汽車廠在連桿上應用噴球處理法以代替常用的拋光法，每一部汽車可節省 30 工時，且能提高其耐疲強度；同樣在搖臂桿上用噴球處理法代替拋光法，每一部汽車可節省 12 工時。過去的研究多集中於噴球表面處理法對金屬耐疲強度的影響一點上，其實其他方面尚有許多發展，如對金屬耐損性的改進、抗酸抗蝕性的增強等（特別是對

於錳鋼最爲有效)。例如：52 SH 錳合金鋼，未經噴球處理時，使用 $2\frac{1}{2}$ 分鐘後即呈現應力侵蝕裂紋，但經噴球處理後，經 12 天後尚無裂紋產生。

最近的發展，用噴球法可消除鋁質硬模鑄件中的鬆空現象。在製造曲軸及肘桿時，由噴球處理所產生的無數小凹陷，對於潤滑油的保存，有極大幫助。此點亦爲重要功用之一。

第二章 噴球表面處理法的優點——耐疲強度的改進

我們在討論金屬耐疲強度問題時，須先明瞭工件的耐疲壽命與作用力並不成直線正比例。如圖 2 $S-N$ 曲線所示，作用力

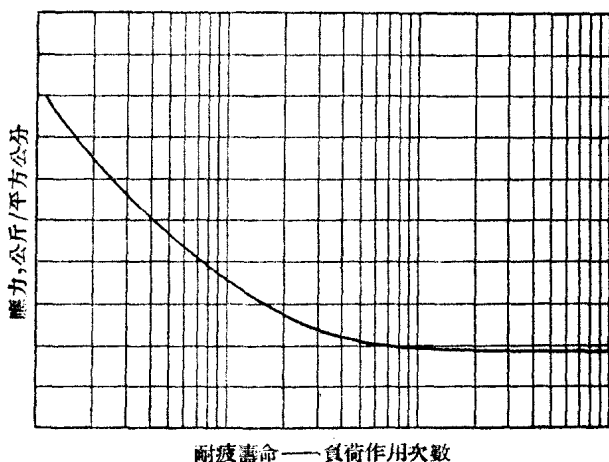


圖 2

減少，則耐疲壽命依幾何率增加，當應力達到曲線之曲點附近時，極小的作用力改變，對耐疲壽命產生極大影響。在一定的作用力下，噴球處理法可使耐疲壽命增加。下列資料僅爲各項工件

經處理後耐疲強度增進的一般情況，其變化甚大，須視材料、設計、熱處理、加工情況、試驗方法、應力範圍等而定，故下述數據僅可供參攷之用。

心 軸

1. 六件經噴球處理後的心軸，平均壽命為 379013 次作用循環，未經處理者為 75000 次，提高 400%。

2. 某軸未經處理前耐疲壽命為 250000 次作用循環，而常在小圓角部“A”處折斷，處理後增至 5000000 次尚無折斷現象；將作用力加大 50%，經 5000000 次後在“B”點折斷，“B”點為未經噴球處理，故壽命提高 1900%。

連 桿

1. 飛機引擎連桿經噴球處理後：當作用力為 5,600 公斤/平方公分時，耐疲壽命增加 106%；作用力為 6300 公斤/平方公分時，增加 63%。作用力為可逆扭力。

曲軸箱

鋁合金的曲軸箱，清角處常有開裂之虞，如用局部噴球處理，便可減少其開裂的危險性；如果全部加以處理後，可增加壽命 30%。

曲 軸

1. 曲軸經噴球處理後，耐疲強度在油孔部份約增加 45%，

在圓角部份約增加 40%。

2. 鍛鋼曲軸，經噴球處理後，耐疲壽命增加 50—100%。

3. 粗拋後經噴球處理的曲軸，較精拋而未噴球的曲軸，其耐疲性增加 60%。

發電機主軸

使噴球處理後的主軸作 $\pm 10^\circ$ 扭轉試驗，其壽命較未經處理者增加 700%；但在 $\pm 13^\circ$ 扭轉試驗中，兩者無何差異。因 13° 扭轉後，應力已超過其屈服點。

齒 輪

1. 低速滑動齒輪經噴球處理後，耐疲壽命可增加 270%。
SAE—1020 製成的齒輪加炭後再經噴球處理，其耐疲壽命與 SAE—4620 加炭而未經噴球處理者相同。

2. 小齒輪齒部及其隣接頸部經噴球處理後，其耐疲壽命增加 300%。

3. 斜齒輪，材料為 NE-9420 製成者，齒部與根圓部份經噴球處理後，其耐疲壽命增加 419.7%；SAE-4815 鋼料製成者，處理後壽命比未處理者增加 85.3%，NE-8724 則增加 44.5%；A-4032 則增加 208%。一般未經噴球處理的齒輪，破損時皆裂至根部；而噴球處理後的齒輪，則僅在根部線部有較光滑之裂痕。

4. 噴球表面處理法可使環狀齒輪的平均壽命自 150000 次作用循環增加至 350000 次，約延長 130%。

5. 由試驗證明直線剃製或冠形剃製的齒輪，其平均壽命約為 66 小時；而剃製後再經噴球處理的齒輪，壽命可延長至 241 小時，約增加 260%。

銑 刀

銑刀經處理後可增加其耐用率約 85%。例如某種銑刀的壽命可自 10 小時延長至 17 小時，而另一種則自 7 小時增加 14½ 小時。

搖臂桿

1. 卡車引擎閥之搖臂桿係由珠光體馬鐵所製，其平均壽命為 33 小時，經過噴球處理後，12 件中有 11 件使用至 140 小時後尚未損壞，壽命約增加 320%。

2. 飛機引擎廢氣閥搖臂桿經噴球處理後，壽命平均增加 1400%。

圓形彈簧

1. 4 件硬彈簧(矽鉻鋼, $R_c-61-68$)經耐疲試驗後，證明處理後其使用壽命可增加 5500%，尤其是硬彈簧，較普通彈簧($R_c-52-53$)更為有效。

2. 油淬矽鉻鋼的螺旋彈簧，經噴球處理後可使壽命增加約 2000% (彈簧鋼絲的硬度為 $R_c 53$)。

片狀彈簧

1. 各種材料所製各種尺寸的片狀彈簧，經噴球處理後，其平

均壽命約增加 600%，最少增加 350%。一般壽命自 300000 次作用循環增加至 700000 次。

2. 在比較中，噴球處理的片狀彈簧，經 502470 次作用後，產生三處裂紋；而未經噴球處理者，經 226901 次作用後，產生 89 處裂紋。不知經過處理後，使用壽命約增加 100%。

扭曲桿式彈簧

NE 9262 鋼料製成的扭曲桿，在未裝配前作噴球處理，可增加耐疲壽命 600%。另一試驗結果，未經噴球處理的扭曲桿，其平均壽命為 35000 次負荷作用循環，經處理後的工件，其最低壽命為 85000 次，平均增加 140%。

轉向關節

A—4042 鋼料的轉向關節，平均壽命為 520000 次作用循環，經噴球處理後，可增加至 2200000 次。

銲接工件

工件經銲接後再加噴球處理，可增加壽命 200%。

空氣壓縮機出氣閥

在 500 °F 以上的高溫下，其使用壽命經噴球處理後可增加 700%。

第三章 噴球處理的其他優點

侵蝕應力裂紋

在使用金屬時常遇到一種現象，即材料因侵蝕與高應力的

長時期作用而自然斷裂。黃銅、生鐵、不銹鋼、鋅、鋁、鎂及鉛等材料，均有侵蝕應力裂紋現象。此項裂紋，一般均在機件之受張力面。噴球處理能產生表面壓縮應力，可抵消一部份張力，必能提高其對侵蝕應力裂紋的抵抗。下面係若干試驗的例子。

1. 鎂合金的試條，一面浸於鉻酸鉀及氯化鈉溶液中而同時加應力，約 120 秒鐘後開始發生裂紋。同樣，材料經過噴球處理後，再將鉻酸與氫氟酸加以清洗，在同樣條件下，其壽命可延長至 10 日左右，即約可增加壽命 700000%。

2. 冷拉的銅套，在氮氣中使用，經 $2\frac{1}{2}$ 小時即損壞；但經噴球處理後可延長至 19—47 小時。

3. 將未經退火的拉製銅套，浸於 1% 硝酸亞汞與 1% 濃硝酸溶液中， $\frac{1}{2}$ 小時後便發現縱向裂紋；但經噴球處理後，可延長至 $18\frac{1}{2}$ 小時而無裂紋。

4. 不銹鋼工件浸於不同 PH 值的水溶氯化鎂中而受應力時，其平均壽命為 270 小時；但經噴球處理後，可延長至 3000 小時而沒有任何損傷現象。

金屬的鬆空性

噴球處理法的應用，最近發展到硬模鑄件上，以減少其鬆空性。特別是對於鋁合金硬模鑄件，可消除其滲漏現象。因為鋼球在金屬表面的冷作衝擊，使表面顆粒組織擠緊而變形，表層發生滲漏的毛孔便被堵塞，見圖 3。我們必須注意噴球處理後如再經加工，將表面層除去，則將使噴球效用全部去除。噴球處理法，亦

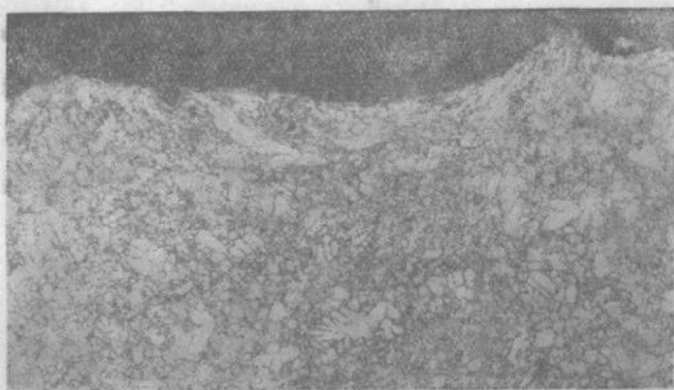


圖 3 噴球處理對於鋁質合金工件表面的影響(放大100倍)

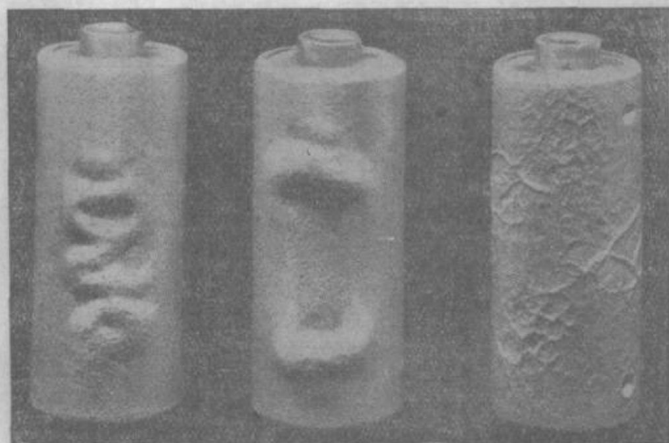


圖 4 表面鍍銀情況不佳的管子，經噴球處理後的結果

可用於馬鐵鑄件上，使其鬆空滲漏現象減少。

用以試驗鍍銀鋼板

鍍銀鋼軸承在飛機引擎上使用頗廣，特別在高負荷、高溫度

及高速度下，更為有利。由於此項軸承所受負荷極嚴重，因此，鍍銀面須經噴球處理以試驗銀層是否完全黏附，見圖 4。如鍍銀面與鋼件黏附不夠牢固，經噴球處理後銀層能自由伸張，發生起泡現象，促使未充份黏附層起泡的噴球密度，隨工件厚薄而增減，如圖 5 所示。

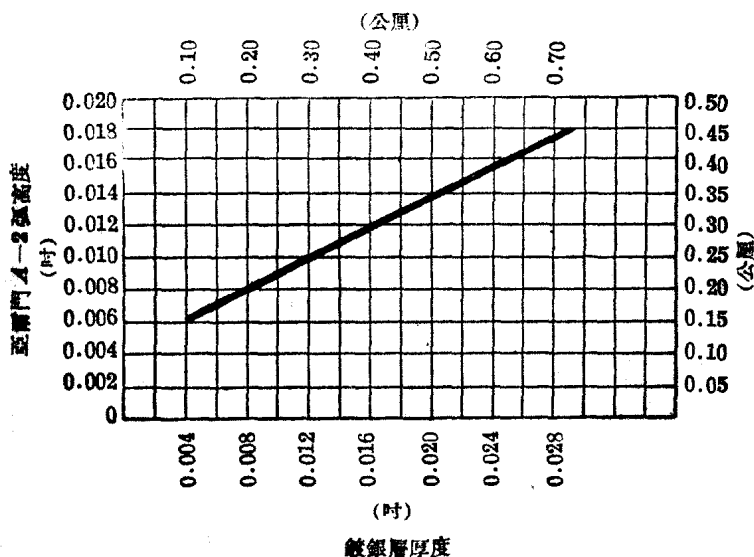


圖 5 曲線表示促使不良鍍銀層“起泡”的最低噴射強度(用 1.15 公厘直徑的馬鐵球體)

因為噴球試驗時的工件常為半製品，所以電鍍時表面鍍銀層的厚度常較製成品為厚。圖 6 表示半製品的最少表面鍍銀層厚度，以保證精加工後能除去表面粗糙部份及加工硬化作用。此項試驗可測出鍍銀工件的局部黏附不良地區，其靈敏度可達 6.4 公厘方形區。