

吹付け加工法の進歩

阪大工学部教授 田 中 義 信

吹付け加工法として我国で一般に知られているのはサンドブラストである。而してサンドブラストは能率の点及び珪塵の害から、欧米に於てはグリットブラストにおきかへられている現状である。又吹付け加工法として米國に於て最近液体ホーニング、或はショットピーニングなる加工法が発達して、機械部品の性能の向上に役立させている。以下これらの加工法の大要に就て述べてみよう尙お液体ホーニングに就ては本誌 3 卷 9 号に於て紹介したからここでは、専らグリットブラストとショットピーニングに就て述べる。

I グリットブラスト

サンドブラストはアブレッツングとして砂を用いるが、グリットブラストは砂の代りにグリット即ち主として鋼碎粒、或は鋼丸粒が用いられる吹付け加工法である。

1. グリットブラストとサンドブラストの比較

グリットを用いるべきか、砂を用いるべきかの問題に就て検討してみよう。

(a) 機械的性質の比較

砂は珪石その他鉱物の結晶の集合体で多くの劈開面があるから打ちくだかれ易い。一方グリット（一般にはスチールグリットである。）はその組織が比較的均一で、強靱で硬度も珪石より高い。従つて砂は 1 回の吹付けで 10%~30%は粉化してしまふ。砂とグリットの比重は夫々 2.7 と 7.5 であるから砂は割合に吹き飛ばされ易く、グリットは強力な吹付けが必要だが、衝撃力強く且その鋭利な角と強靱なため、切削能率がよい事になる。ためにグリットの壽命は砂に対して 60 倍の壽命があると云はれている。

(b) 経済上の比較

鑄物に対してグリット 1 トンは砂 38 トン、鍛造物の場合ではグリット 1 トンが砂 51 トンを要すると云われ、圧縮空気も 20% の節約になる。要するにグリットは単価は高いが、壽命は長く、能率がすぐれ取扱いの労力が減じ、作業時間の節約が可能である。又塵埃が出なく仕事やり易く且珪肺の問題が全然ない。米國のある電気会社の報告によると、直接費、間接費を含めて、一ヶ年の経費を比較した処、サンドブラストで鑄物を研掃し、トン当り 46 セント要したものが、グリットブラストに改

めた結果はトン当り 23 セントに減じたとの報告がある。

2. ブリットブラストの作業条件

サンドブラストからグリットブラストへの切換えは容易で、砂の噴射装置そのまま、砂のかわりにグリットを用いればよいが、その際空気圧、その他に異なる点がある。

(a) グリットの粒度

加工材質と粒度の大きの關係に就ては第 1 表に示して

第 1 表 適応粒度及び空気圧

加工材質	粒 度*	空気圧 (ポンド/平方吋)
非鉄鑄物, 軟金属物	グリット #40~#60	18~20
鉄 鑄 物	グリット #24~#30	25~35
可 鍛 鑄 物	グリット #24	40~45
鋼 鑄 物	グリット #10~12#	60~80

* 粒度は標準篩の番数による

ある。一般に加工品が硬く、大形且除去層の厚いものには粗粒が用いられ例えば鉄鋼鑄物は #8~#20、薄板は #20~#60 の如くである。尙お砂からグリットにかえるとき、過大なグリットを使う傾向があるが、グリットは砂にくらべて加工能率が勝れているから細いもので充分で、過大粒度のものを使うと地肌が荒れ易い。

(b) 空気圧力

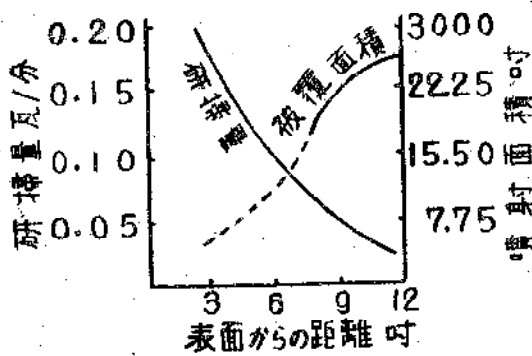
砂の場合は普通 10~30 ポンドが用いられるが、グリットはその比重が砂の 2.5 倍あるため圧力もまして 20~60 ポンド、生産量を上げるためには 90 ポンドにする事がある。尙お加工材質により空気圧は異なるべきで、その様子は第 1 表に示してある。

(c) ノズルと加工品との距離

この關係は第 1 図に示す如く、距離が遠くなる程研掃量は減少するが、グリットとの当る面積即ち被覆面積は逆に増加している。

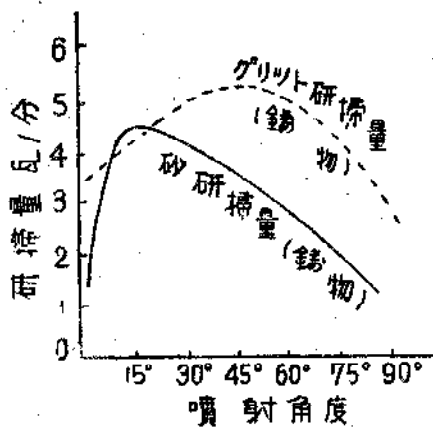
(d) 吹付け角度

研掃量と吹付け角度との關係は第 2 図の如くで、グリットの場合では 45° 附近で研掃量が最大を示している。然し加工品の材質、グリットの形状等によりこの角度が多少異なる様であるが、大体展延性に富む材料では約 30°~



第 1 図

噴射距離と噴射面積及び研掃量
(ブラッドショー)



第 2 図

噴射角度と研掃量 (ブラッドショー)

35°、割合脆い材料例えば鑄物では約45°位が能率のよい角度である。

(e) ノズル

ノズルの口径の大きさは大体 4~12 mm 程度である。余り口径が小さいとグリット同志の摩擦損失が大きくなり、従つて吹付け速度を低下し、又口径が大きすぎると空気の消費量大きく、速度も低下する。又ひどく損耗したノズルを使うと、空気の浪費が甚しくなる。例えば $\frac{7}{16}$ 吋口径のノズルで60ポンドの圧力により毎分 205立方呎の空気を要するが、口径が損耗して口径 $\frac{1}{4}$ 吋となると270立方呎を消費し30%の浪費となる。グリットを使用する場合は砂に比しノズルの損耗は約 $\frac{1}{16}$ ~ $\frac{1}{8}$ と云われている。この訳は砂とグリットの比重は1対2.5であるから、噴射の際砂は開いて出るのでノズル口の壁を削るがグリットは孔の壁に平行に出るためノズル壁を削る事が少ないからと説明されている。ノズル損耗比較試験によると、白鉄ノズル口径 9 mm 空気圧35ポンドの場合珪粉では7~8時間、砂は16時間グリットでは3週間であるという。

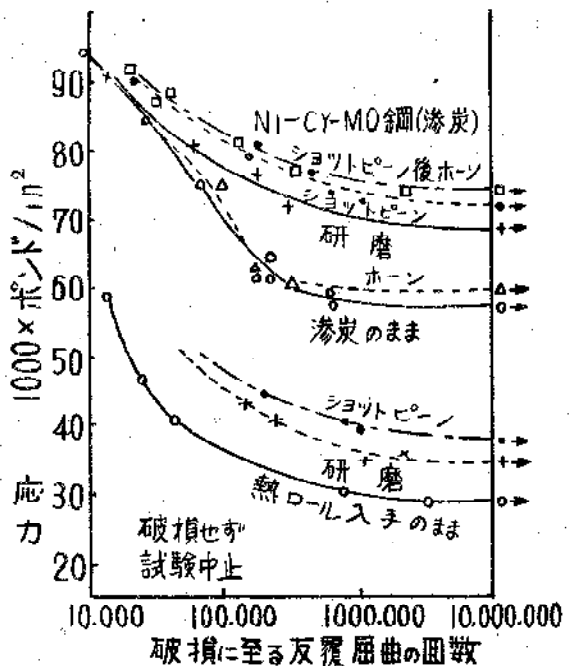
3. グリットブラストの利用範囲

グリットブラストの利用範囲は仲々広く次の様である。凡ての金属の研掃用、鑄物の砂落とし、板類、鍛造物型打鍛造物等の銹やスケール落とし、自転車マシンのフレーム及び部品の研掃、歯車、シャフト等の機械部品の仕上に用いられる。又大理石、石材、ガラス、ファイバー等の加工にも応用されている。更に表面仕上としての塗装、鍍金等の下地加工としては、サンドブラストに比して遙かに優秀である。

II ショットピーニング

(1) ショットピーニング

ショット即ち白鉄又は鋼の散弾状小球を加工表面に高速で吹きつける加工法の事で一種の冷間加工である。かくピーニング(噴射の意味)された金属表面はショットによつて表層が塑性変形を起し、結晶粒は叩かれ打ち延されて、顕微鏡組織が変化する。この層の厚さは大体 0.13~0.75mm である。而して表面及び表面下わづかの所で圧縮応力が生じピーニングを終つた後はこの部分に残留圧縮応力が残る事になる。機械部品は引張力により破壊される事が多いのでその部分に予め圧縮力を興えておけば外力による引張力を減少させる事が出来るから疲労破壊を防止出来る事になり、ショットピーニングは此の理を応用したものである。要するに適度なショットピーニングされた部品は圧縮残留応力のため疲労強度を増加させる事が出来る。然し単なる引張力或は圧縮力を受ける部品に対しては効果は少ないが、曲げ返りの繰返し



第 3 図

(ムーア) 2種類の鋼に対する S-N 図表

荷重のかかる部品に対してはその疲労強度の増加は著しいのでショットピーニングの主要目的はこの点にあり、応用面もこの点に向けられている。

ショットピーニングが疲労強度を如何に増加するかの実験例を第3図に示す。図は SAE 1020 なる炭素鋼を熱ロール加工のもの、これを研磨したもの、研磨しないでショットピーニングしたものの繰返し曲げ試験の結果及び Ni-W-Mo 鋼を浸炭硬化、ホーン仕上、研磨仕上、ショットピーニング仕上、ピーニング後ホーン仕上と仕上方法をかへた時の、繰返し曲げ試験の結果を示している。図から明らかな様に両種金属ともピーニングしたものは、しないものより疲労強度が上昇している。尙おピーニングの後ホーン仕上の場合は更に強度が上昇している。この理由は次の如くである。ショットピーニングされた表面には多数の凹み或はノッチがあるが、1つや2つある場合に較べ応力集中の害は方程でもない。然し多少でも応力生成の影響を受けないとは云えない。この凹みやノッチの大きさはホーンにより減少さす事が出来るから、それだけ強度は増加する筈であると考えられる。

(2) ショットピーニングの應用範圍

単なる引張り、圧縮力のかかる例えばボルトの様な部品には余り効果はない。その訳はこの場合は応力を断面積全部で受けるから、ピーニングにより強化された表層は薄いからたいして助けにはならない。

前述の様にピーニングの効果は主として曲げ或は振り応力の作用する部品に適する。故に現在米同等では次の部品に應用されている。ロツカーアーム、ピン類、クランクシャフト、コネクティングロッド、歯車、車軸、板ばね、コイルばね、ミーリングカッター等である。材質も鋼類のみでなく、青銅、アルミニウム合金、マグネシウム合金等すべての金属にほどこされている。又熱間圧延による脱炭層にピーニングを施して表層の補強を行い、或いは熱処理のため歪が出やすい複雑な形状部品にも適している。更に、孔溝等の応力集中部に行われる。

(3) ショットピーニングの方法

ショットピーニングの方法には2通りある。即ちサンドブラストと同じ機械を使用して砂の代りにショットを圧縮空気によつて噴射する方法と、他は空気をいしないで、翼車を高速回転させ、この翼によつてショットを弾き出せる方法、即ち無空気式遠心吹付法である。前者はサンドブラスト装置そのままが使えるから便利であるが、噴射速度が小さいのでピーニング作用が余り大きくないから多量生産でない様な場合に適合する。後者は噴射速度が大きく、又その調節が容易で、ピーニング効果大であるので、多量生産に適している。米国ではホイ

ールアブレーターという名で発売されている。

尙お遠心吹付機は空気圧縮機に比し値段が高いのが欠点である。之等の機械が適当な時間ショットを噴射するのであるが、ショットの大きさ、噴射時間、加工品の材質或は形等により適当な調整が必要である。不適当の場合は希望のピーニング効果を示さないか、或はピーニング効果過大となつて逆つて脆場化する恐れが多分にある。又ショットは使用中破砕して所謂グリットになるので、之が混合しているとピーニング効果は低下するから常にグリットを分離する必要がある。このおぼろげしさを避けるため後述のカットワイヤーショットの使用が注目されて来た。

ショットピーニングの2~3の実例を以下に示さう。

(i) コイルスプリング

ショットの大きさ 3/64" ~ 3/16" 噴射時間7分で疲労強度の増加率 13%、10分で42%となる。

(ii) クランクシャフト

ショットの大きさ 0.0243" ~ 0.0315"
空気圧力 1000 ^{lbs}/_{in}² 疲労強度激増

(iii) 線材

5.8mmφ スウェーデン鋼線
空気圧力 40 ^{lbs}/_{in}² 疲労強度 24~27%増加する。

(4) ショット

ショットピーニングが能率よく行われるには先ず第1にショットの材質、寸法、形状、硬度が問題になる。形状は丸い事が必要で、大きさは吹付強度を左右する事になる。現在用いられているショットはチルド鑄物、ショット鑄鋼、ショット及びカットワイヤーショットであるが一般にはチルド鑄物ショットが多く用いられる。チルド鑄鉄ショットは融解した鉄を水中に廻転注入する事によつて作り、その硬度はピツカース、H_v 800~900 である。チルド鑄鉄ショットは噴射の際もろいため、早くだけ易くピーニング効果が減少するので高度に熱処理を行つた鑄鋼か或は引抜き冷間加工されたワイヤーから作られたショットが望しい。これらは希望のピーニング効果をおたえ破壊に対する靱性を有している。カットワイヤーショットの材質は SAE 1065 炭素鋼で引抜きワイヤートとし熱処理し、硬度はロツクワエル C45~50 である。このワイヤーを寸断して出来たものは寸法誤差1%以内で、他の材質のショットに特に優れている点である。この新しいショットは鋭い角があるため、予め層鉄に4時間位吹付けて、角をおとしてから使用すべきである。尙おこれらの鋼ショットは数時間の吹付け後に約30%のピーニング強度が上昇する。それはショット自体がピーニングにより加工硬化するからである。SAEではショットに規格を定めていて、ピーニング用には Pの字を冠して、その後その球径をつける様にしている。例えば P₂₀₀ とはその球径が $\frac{22}{1000}$ " でピーニング用である事を示す。