

グリットブラスト機構に関する研究

明治大学 理工学部 機械工学科

助手 当倉勝次

(平成3年度奨励研究助成 AF-91026)

1. はじめに

グリットブラストはショットピーニングと同様に噴射加工の一分野であるが、投射粒子の形状が非球形であり、ショットピーニングの場合とは目的が異なっている。グリットブラストは投射粒子がシャープなエッジをもっているため、削食を主目的としており、研掃⁽¹⁾、放熱特性の向上、塗装などの下地処理⁽²⁾、ベアリングや摺動部分の潤滑特性の向上及び耐応力腐食割れ特性の向上⁽³⁾、などを行う冷間加工として幅広く使用されている。

しかし、グリットブラストに関する著者や研究論文⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾はショットピーニングやその他の加工分野と比較して非常に少なく、加工は現場的経験により行われているのが現状である。

そこで本研究では、グリットブラスト機構を検討するために、まずグリットの形状について観察ならびに分類を行った後、一般の鋼材(S45C)やチタン材にグリットブラストを行い、グリットの形状変化、削食量並びに削食チップの測定、加工面の残留応力測定などを行った。

2. 実験装置ならびに方法

本実験で用いた加工装置、グリット、試験片などについて、加工条件は表1に示すとおりである。

投射角は加工面の法線に対する角度とし、0°の垂直投射をG1、60°の角度投射をG2とした。

グリットの形状観察には30倍の実体顕微鏡と走査型電子顕微鏡を用いた。

削食量の測定には感量0.1mgの電子天秤を用い、表面残留力の測定はX線回折装置を使用して測定し、次式により出した。

$$\sigma_R = -\frac{E}{2(1+\nu)} \cot \theta_0 \frac{\partial 2\theta}{\partial \sin^2 \phi}$$

ここで、鋼材に対してE:縦弾性係数(206 GPa) ν:ポソソ比(0.28)、θ₀:標準ブラッグ角、2θ:回折角、φ:工面の法線に対するX線入射角である。

なお、本実験はすべて未使用のグリットを使用した。

表1 グリットブラスト加工条件

加工装置	遠心方式 投射機	
グリット ブラスト	グリット径 (mm)	1.84
	投射速度 (m/s)	35
	投射角 (°)	0 ~ 60
	投射時間 (s)	1 ~ T f*
記号	G1: θ = 0°	
	G2: θ = 60°	
試験片	材質	S45C (0.45% C) 焼きなまし材、HV180
		TP35 (Ti: 99.4%) 焼きなまし材、HV150
	寸法	W25、L25、t10 mm

* T f: フルカバレッジタイム



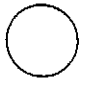
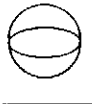



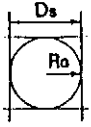
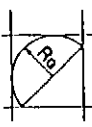
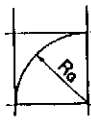
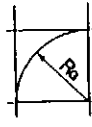
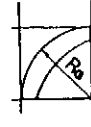
図1 グリット(未使用)

3. 実験結果及び考察

3.1 グリットの形状

グリットは球状のショットを破碎して製造するため、図1に示すように球面の部分と破碎面の部分とがある。

表2 グリットのランクと体積

ランク	0	1	2	3	4
形状					
分級ふるい時の通過状況					
体積比	1	0.8	2	1	4/3

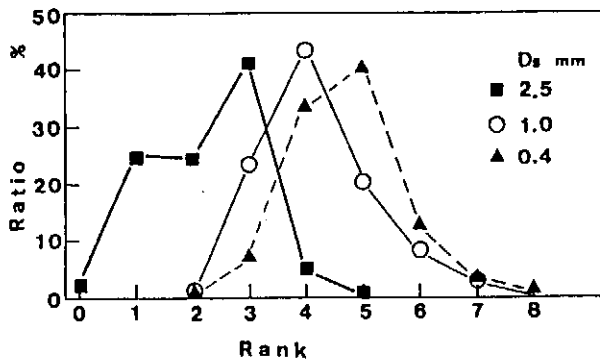


図2 ランクの分布

グリットの分級は一般に「ふるい」により行われているので、同一サイズの中に種々の体積のものが混在する。グリットの形状を表2のように分類し同一サイズのショットの体積と比較すると、ランク1~4のグリットで0.8~2倍となる。

市販されているグリット3種類のサイズのもののランクを測定した結果、図2に示すようにサイズの小さいものほど球面部分が少なくなっている。図の中でランクが5以上のものはランク4のものの球面部分が破砕面となったものであり、ランク8のものでは球面部分がほとんど認められなかった。

図1に示した未使用のグリットは使用回数の増加とともに図3に示すようにエッジが鈍化し、後述するように削食量や表面残留応力などに影響する。

3.2 削食

投射粒子が球形のショットピーニングの場合、フルカバレッジタイムの加工では削食は起こらないことから、本実験の範囲における削食は衝撃疲れなどではなくグリットのエッジによる切削によって起こるものと思われる。

そこで表3に示すような条件で2次元切削を行い、被削性の第一ファクタである切削抵抗力の主分力と削食量との関係を示したものが図4である。

被加工材が鋼の場合を除いて、ほぼ被削性が良いものほど削食量も多くなっている。

同一の結果を被加工材の硬さとの関係で示したものが図5であり、削食量と硬さとは比例しないことがわかる。

削食量は図6に示すように投射角により大きく影響される。垂直投射の場合 (G1)、削食は加工の初期には起こらないが、削食が始まると投射時間の2乗に比例して増加する。角度投射の場合 (G2) は接線速度の影響により加工の初期



図3 グリット (100回使用)

表3 切削条件

試験片	材 質		記 号
	S45C		St
	TP35		Ti
	C3604BD		C3
	C4641BD		C4
	C1100BD		Cu
	直 径 : 30 mm		
切 削	工具材質	超硬	
	すくい角	11°	
	ノーズ半径	0.8 mm	
	前逃げ角	30°	
	切削油剤	乾式	
	切削速度	90 m · min ⁻¹	
	送り	0.1 mm	
	切込み	2 mm	

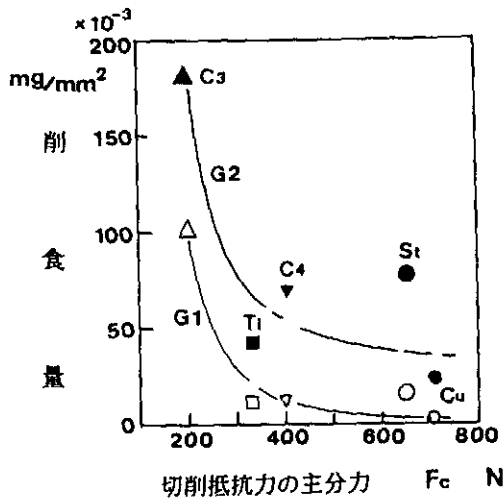


図4 切削抵抗力の主成分と削食量との関係

から投射時間の1.2乗に比例して削食が起こり、垂直投射の場合より投射時間の影響は少ない。

被加工材がチタン材の場合の採取できた削食チップ1個の質量を示したものが図7である。採取された削食チップは角度投射の方が垂直投射のものより大きく、削食チップの数も多かった。

使用回数の増加に伴うエッジの鈍化が削食量に及ぼす影響を示したものが図8である。エッジのシャープさが削食量に大きく影響することがわかる。

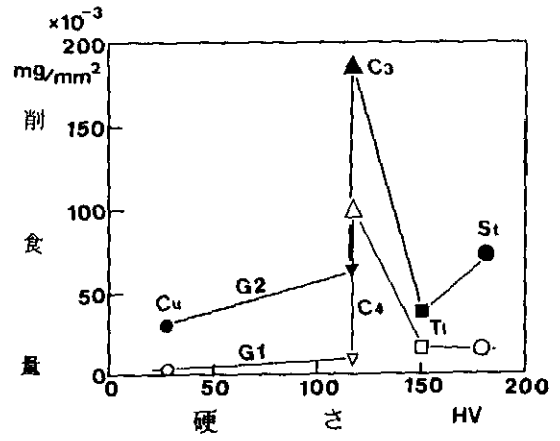


図5 被加工材の硬さと削食量

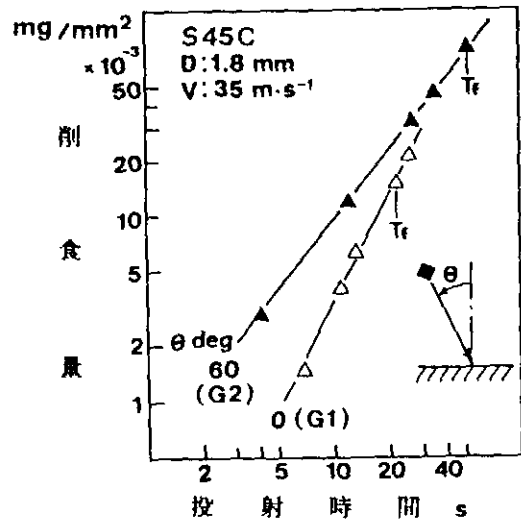


図6 削食量に及ぼす投射角の影響

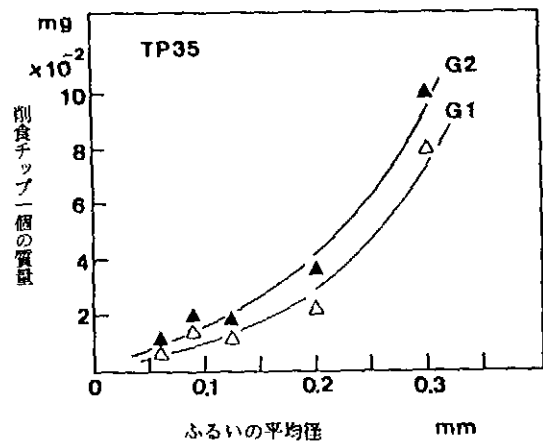


図7 削食チップの質量

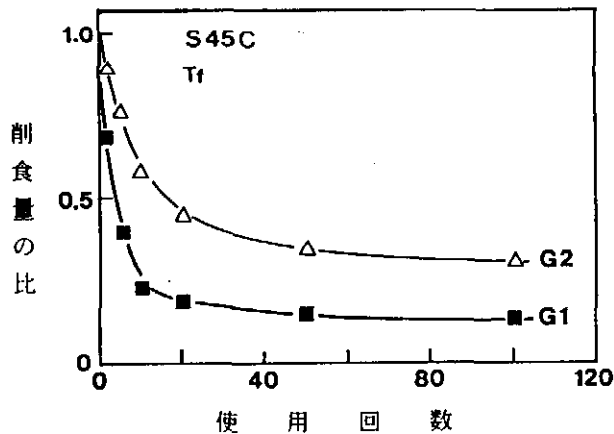


図8 削食量に及ぼす使用回数の影響

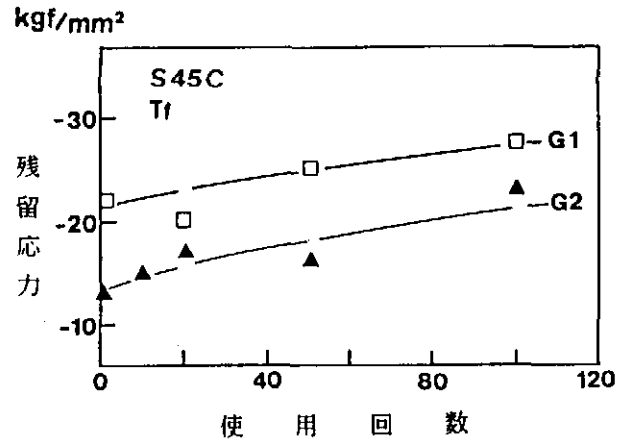


図9 表面残留応力に及ぼす使用回数の影響

3.3 表面残留応力

グリットの形状変化が表面残留応力に及ぼす影響を検討した結果が図9である。エッジの鈍化と共に圧縮残留応力が増加し、垂直投射で約22%増加し、角度投射で約69%増加した。この圧縮残留応力の増加は削食による表面残留応力の開放に影響された結果である。

4. おわりに

グリットブラスト機構について実験的に検討した結果、次の事項が明かとなった。

- (1) グリットの形状は「ランク」により分類すると、ランク1~8までのものが観察された。
- (2) ふるいにより分級したグリットではランク1~4までの範囲で、グリットの体積が同一サイズのショットと比較して0.8~2倍となる。
- (3) グリットは使用回数の増加と共にエッジの鈍化が起こり、削食量は減少し加工面の圧縮残留応力は増加する。
- (4) 100回の使用により削食量は垂直投射で85%、角度投射で70%減少した。
- (5) 100回の使用により加工面の圧縮残留応力は垂直投射で22%、角度投射で69%増加した。
- (6) 削食は被加工材の硬さとは比例しない。
- (7) 切削抵抗力の主分力からの被削性が良いほど削食量も多い。

本研究は財団法人天田金属加工機械技術振興財団の奨励研究助成により行われたことを付記し、厚く感謝致します。

参考文献

- 1) 福田連：プラストクリーニングとショットピーニング、日刊工業新聞社、(1953) 1~7
- 2) M.G.Nicholas, K.T.Scott: Characterisation of grit-blasted surfaces, Surfacing Journal, 12-1, (1981) 5
- 3) G.H.Koch, T.J.Barlo, W.E.Berry: Effect of grit blasting on the stress corrosion cracking behavior of line pipe steel, Material Performance, (1984) 20
- 4) 廣瀬正吉：グリットブラストによる加工法 (I) 文献 (1) プラストクリーニングとショットピーニング、日刊工業新聞社、(1953)、261~275
- 5) 廣瀬正吉：グリットブラストによる加工法 (II) 文献 (1) プラストクリーニングとショットピーニング、日刊工業新聞社、(1953)、276~284
- 6) 当舎勝次、飯田喜介：グリットブラスト加工面の特性、精密工学会誌、53-2、(1987)、77
- 7) 当舎勝次、飯田喜介：グリットブラスト削食特性、精密工学会誌、54-6、(1988)、123