

金属溶射の施工方法に関する研究

—ブラスト材の繰り返し使用による影響について—

機械金属室 比嘉眞嗣

石原金盛

1. 緒言

沖縄県は国内唯一の亜熱帯地域に属し国内で最も腐食環境の厳しいと言われており、防食技術の必要性が強く叫ばれている。当工業試験場でもこれまで各種の調査や試験研究を実施してきた。^{1) 2)}

ところで、防食技術の一手法である金属溶射は、既設、製造中を問わず且つ製品形状の制約も少なくあらゆる金属加工製品に対応が可能であり、また溶射材を自由に選択することができるため腐食環境に応じた処置ができる等、他の表面処理技術にはない長所を有している。また、防食のみにとどまらず各種の表面処理（例えば、装飾、耐摩耗、耐熱、断熱、導電、絶縁等）にも多用できるものであり、その用途は幅広いものがある。従って、溶射技術の振興は金属製品製造業のみならず各種の製造業に及ぼす効果が大きくその技術の必要性はきわめて高いと考えられる。

従って、昭和 63 年度において、金属溶射による耐食性改善を目的として、下地処理条件の影響や、溶射条件及び溶射法の違いによる溶射膜性能の比較検討を行い、さらに、溶射雰囲気調整やセラミックスをコーティングする等、金属溶射に関する研究を行った。³⁾

今回は、その継続研究で、実際に溶射技術を県内に普及させるために種々検討しなければならない溶射施工段階に着目し、前処理に使用するブラスト材の管理について検討した。

金属溶射を行う場合ブラスト処理を施し被溶射面を清浄にし且つ溶射皮膜の投錨効果を付加するために金属表面を粗す必要があるがブラスト材によっては繰り返し使用となるため、当然のことながらその劣化の程度が問題となると予想される。

そこで、前処理として同一ブラスト材を使った場合にその使用回数に応じて溶射皮膜に対し、どう影響するか種々検討したので以下に報告する。

2. 実験方法

ブラスト材の劣化を調べるために図 1 の実験手順で測定、試験および観察を行った。

まず、はじめに粒度分布を測定し、かつ、その時の粒形を実体顕微鏡で観察、写真撮影を行った。次に付着力試験のために円筒状試験片の端面にブラストを行い、その面に溶射を行い付着力試験片を作成した、同様に粗さ測定用試験片にブラストを行い表面あらさ計で表面あらさおよび研削量を測定した。

以上、1 サイクルが終了するとブラスト材の繰り返し使用回数を増やすためにダミーとして300×200mmの大きさのSS41材の鉄板にブラストを実施してブラスト材を繰り返し使用していった。

以後、適宜ブラスト使用回数毎に上記測定および試験を実施し、これらの測定値が、ブラスト材の繰返しでどう変化するか調べた。また、どの測定がブラスト材の劣化現象をうまく捉えられるかもあわせて検討した。

使用ブラスト材および各測定方法は以下のとおりである。

1) ブラスト材の種類および粒度

実験に供したブラスト材の種類は一般に広く利用されている铸造グリットとアルミナグリットの2種類を用いた。

ブラストの違いを明瞭にするために、両グリットの粒度は前者がFG100で後者が24#のほぼ同程度の粒度の市販品をそのまま使用した。

使用前の初期状態の粒度分布は表1のとおりでほぼ単一粒度である。

粒度分布測定は、ロータップ式ふるい振とう器を用い、試料150~200gを5分間ふるいに掛けた。サンプリング回数は3回である。

2) ブラスト条件

ブラスト条件は、ブラスト圧4kgf/cm² 噴射距離100mm角度70°の一定条件で行った。表面あらさ測定用試験片の場合のブラストは、更に条件を一定にするため図2のように150×50×4(mm)の試験片(SS41材)を走行台車に固定して走行スピード200mm/minで移動し手動と同様のスピードでブラストを実施した。

なお、使用ブラスト装置は、キャビネットタイプの直圧式でノズル径4mmを使用した。同装置は、バッチ方式となるためブラスト材の使用回数が簡単に把握でき、ブラスト材の劣化現象を

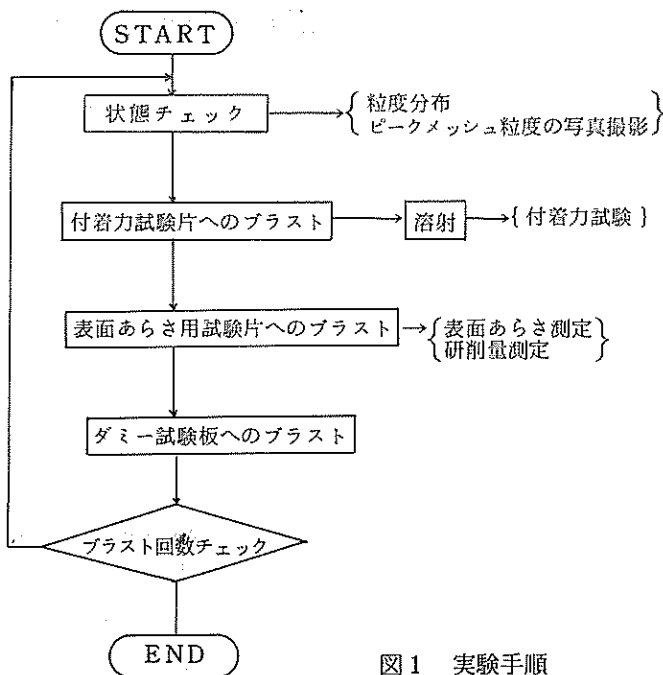


図1 実験手順

表1 ブラスト材の粒度分布 (未使用)

ブラスト材 メッシュ	铸造グリット	アルミナグリット
28 #	99.1	99.4 %
35 #	0.5	0.3
48 #	0.1	0.5
100 #	0.0	0.3
145 #	0.0	0.1
200 #	0.0	0.0
260 #	0.0	0.0
PAN	0.0	0.0
合計	99.7	100.6

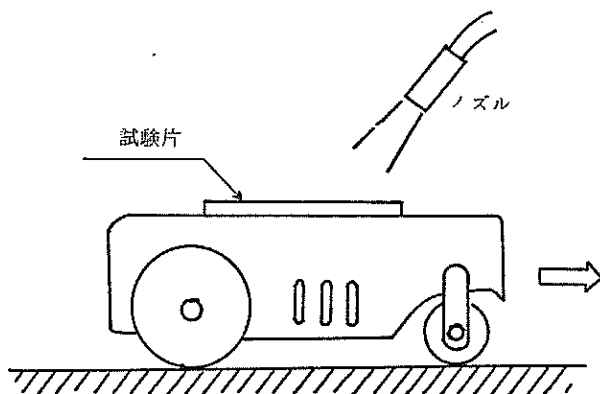


図2 ブラスト方法

みるのにきわめて都合がよい。

3) 表面あらさの測定

表面あらさは、ブラスト面の中央部を走行台車の進行方向に沿って測定しRa、Rmax、Rz、を求めた。なお試験片は2個で測定は3カ所で測定しその平均を代表値とした。

4) 研削量

表面あらさ試験片と同一試験片でブラスト後の試験片の重量減を研削量とした。従って、値としては長さ150mmあたりの研削量となっている。

5) 付着力試験

付着力試験は、JISH 8666 セラミック溶射試験方法の付着力試験方法に準じてSS 41材の40mm径の丸棒の端面に溶射をしその表面に同径の丸棒をエポキシ系接着剤にて接着し、荷重が均等に掛かるように自在継手を介して引張試験を行い溶射皮膜が剝離するまでの引張強度を求めた。

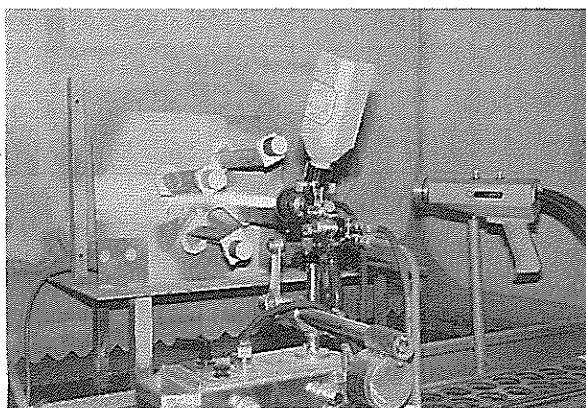


写真1 溶射状況

付着力試験片への溶射は、ガス粉末式の溶射装置を用い表2の条件で写真1に示すように回転治具を使用し4層、溶射した。この時の溶射速度は、試験片の回転数が35 RPM、溶射装置（走行台車）の移動速度が30 cm/minで試験片の中心までの距離が100 mmであるので、およそ周速2000 mm/minのスピードで溶射のピッチが6.8 mmである。また、溶射材は条件を同一にするためすべて粉末粒径30 μmの粒度のアルミニウムを溶射した。なお、膜厚を均一にするため2層溶射後、試験片を90°回転して同様に2層溶射し試験片に対し上下左右にすなわち編目状に溶射を行うかたちとした。従って膜厚としては300 μm相当のバラツキの少ない溶射膜が作成できた。なお、試験片は3本作成し3つの平均でもって代表値とした。

表2 溶射条件

条件 溶射材	酸素		アセチレン		エア圧 kgf/cm ²	粉体供給 Tバルブ
	ガス圧 kgf/cm ²	流通 SCFH	ガス圧 kgf/cm ²	流通 SCFH		
Al	3.5	40	0.8	60	4.5	6

3. 実験結果および考察

同一ブラスト材使用による各測定結果をグリット毎に表3および表4に表示する。ブラスト材の使用回数は、鋳造グリットでは200回、アルミナグリットではグリットの破砕が著しく30回で打ち切った。なお、粒度区分では細かいメッシュは省略する。

表3 実験結果 (铸造グリット)

測定値		ブラスト繰り返し回数													
		0	2	4	6	8	10	20	30	40	50	100	150	200	
付着力 (kgf/cm ²)		83.6	80.7	87.0	83.1	87.3	75.6	73.5	75.9	67.7	74.0	71.9	72.2	65.0	
あらさ	Ra (μm)	9.2	9.9	9.9	9.9	9.7	9.0	8.8	9.8	8.7	9.2	9.1	8.2	8.6	
	Rmax (μm)	88.5	98.5	87.5	95.8	93.0	88.5	79.2	90.2	87.7	81.8	78.2	71.3	66	
	Rz (μm)	69.0	71.5	70.8	72.7	71.2	66.5	64.7	67.5	65.3	64.3	62.3	58.0	56.7	
粒度	28# (%)	99.1	91.8	92.4	92.2	92.5	92.0	90.3	89.6	88.5	87.9	86.8	85.4	88.2	
	35# (%)	0.5	4.6	4.5	5.4	5.0	5.3	5.8	6.4	7.2	7.7	8.1	9.0	8.2	
	48# (%)	0.1	1.2	1.6	1.6	1.4	1.5	2.2	2.3	2.6	2.5	2.7	3.6	2.3	
研削量 (g×10 ⁻²)		52	56	55	58	59	52	56	56	51	50	54	49	49	

3.1 粒度の変化について

図3に、28#、35# および48#の粒度のブラスト繰り返し数による変化を示す。铸造グリット、アルミナグリットも使用前は両者とも28#が99%と単一粒度であるが、アルミナグリットの場合、5回の使用で39.7%とおよそ半分の割合となる。一方、その下位の粒度である35#および48#が10~20%と増加し粒度変化が激しい、20回の繰り返しでは、全体がほぼ同じ20%台となりグリットがブラストを行う度に破碎していることが確認される。

铸造グリットの場合は、未使用では28#が99%台で1、2回使用で92%ぐらいに減少するが、その後はそれほど大きな変動はなく20回まで90%台を維持し、それ以後若干の減少はあるが200回使用でも88%でアルミナグリットと比べて殆どグリットの破碎がないことがわかる。

表4 実験結果 (アルミナグリット)

測定値		ブラスト繰り返し回数				
		0	5	10	20	30
付着力 (kgf/cm ²)		101.1	103.8	101.4	86.3	93.2
あらさ	Ra (μm)	8.0	5.5	5.3	4.4	4.2
	Rmax (μm)	75.7	51.2	47.2	41.7	41.5
	Rz (μm)	58.5	40.2	37.8	34.0	32.5
粒度	28# (%)	99.4	39.7	30.7	22.5	18.1
	35# (%)	0.3	22.2	23.8	23.6	22.7
	48# (%)	0.5	13.3	16.2	18.0	18.8
	100# (%)	0.3	15.8	20.5	24.5	27.5
研削量 (g×10 ⁻²)		77	74	70	67	63

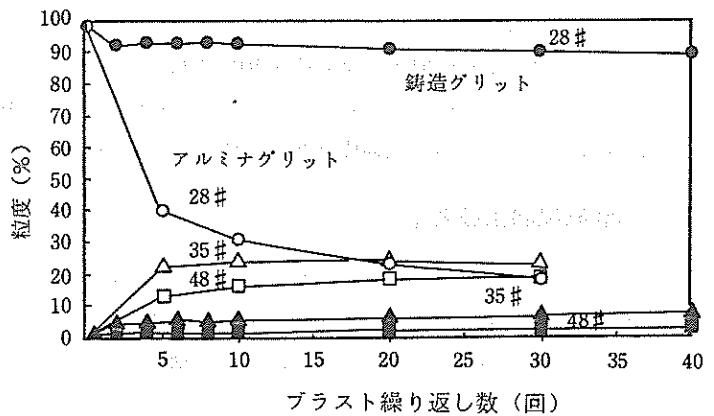


図3 粒度変化

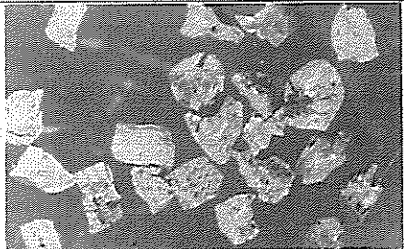
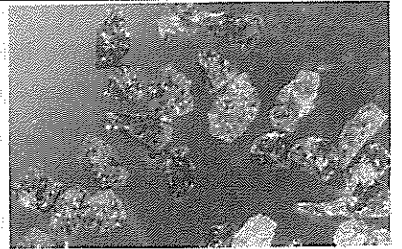
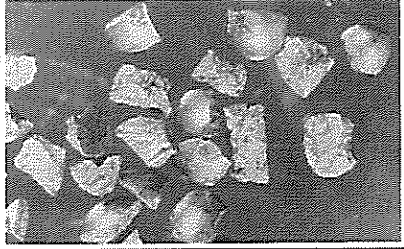
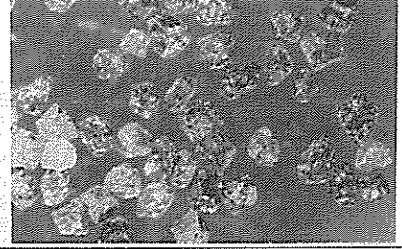
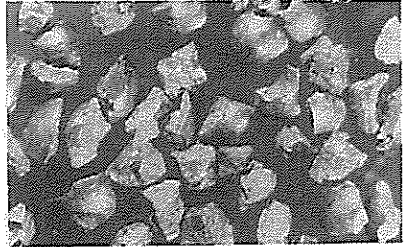
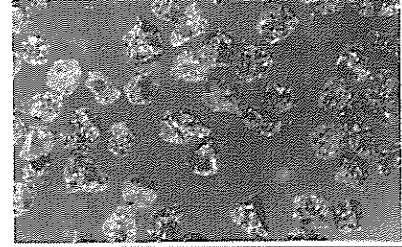
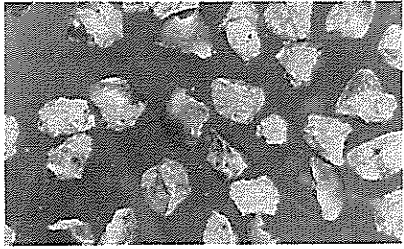
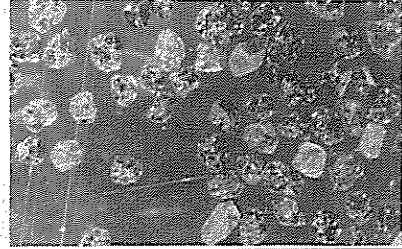
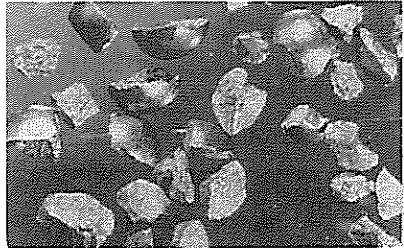
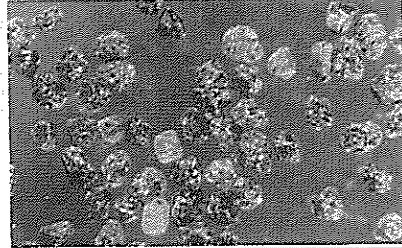
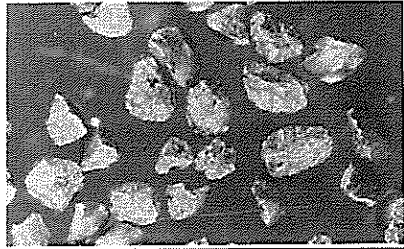
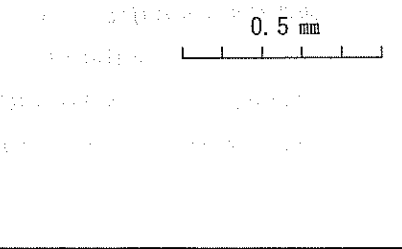
ブラスト回数	鑄造グリット	アルミナグリット
未使用		
5回使用		
10回使用		
20回使用		
30回使用		
200回使用		 <p style="text-align: right;">0.5 mm</p>

写真2 ブラスト繰り返しによる粒形の変化(28#)

このことは、写真2の28#の粒径写真結果からも観察されるようにアルミナグリットは、初期段階ではある程度鋭利な形状を呈するが、使用回数が増す毎に角が取れ球形となっていき粒径も小さくなることが観察される。また、破碎が激しいためそれにつれ粉塵の発生量も多い。

铸造グリットの場合は、ブラスト回数が増えても形状には余り変化をきたさずかなりの回数まで初期の形状を保っている、200回の繰り返しでやっと角が取れたような形態になる。このことよりアルミナグリットは、繰り返し使用には無理があり初期の形状は、ほとんど保持し得ないことがわかる。また、铸造グリットは、予想よりも極めて強靱であることがわかった。

3.2 表面あらさについて

図4に表面あらさRmaxとRzの各ブラスト使用時の値を示す。粒度分布からも推察されるように、铸造グリットの方は、ブラスト繰り返し40回までは殆ど変化がなくRmaxで90 μm 、Rzで70 μm 付近で推移しているが、アルミナグリットでは、5回の繰り返しですぐRmaxで75 μm から51 μm にRzで58 μm から40 μm へと大幅に小さ

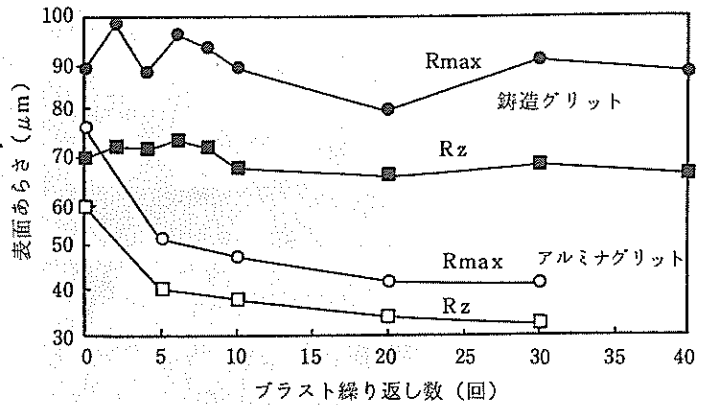


図4 表面あらさへの影響

くなりブラスト面がなめらかになりグリットの繰り返し使用による変化をよく表すことができる。

铸造グリットの場合の減少は、100回の繰り返しあたりから徐々に減少傾向となるようである。また、あらさは铸造グリットの方がアルミナグリットと比べて粗い傾向である。

3.3 研削量について

ブラスト材の繰り返しによる研削量の変化を図5に示す。初期粒度分布は各グリットとも差はないにも拘らず研削能力に関してはアルミナグリットの方がかなり良い。しかし、粒度変化および表面あらさから推察してグリットの破碎があることより、その減少傾向も大きいことがわかる。

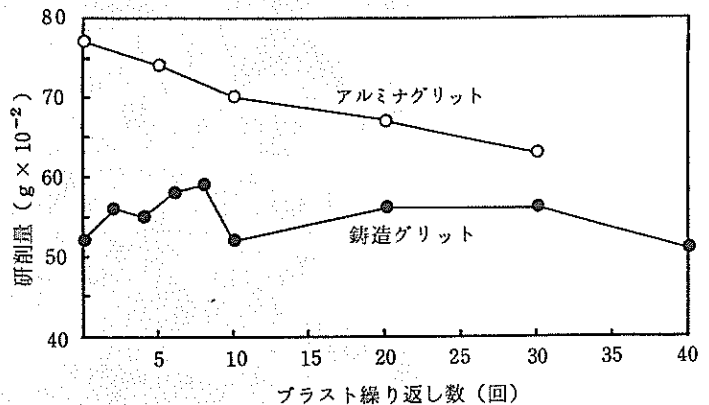


図5 研削量への影響

一方铸造グリットの方は、アルミナグリットと比べて研削量とし

ては少ないが、ブラスト繰り返し数200回まで0.5g/150mm相当の研削能でかなり一定して減少は少ない。すなわちブラストの繰り返しによる研削量への影響は少ないと言える。

3.4 付着力について

付着力測定結果を図6に示す。

粒度分布および表面あらさの減少傾向から推察すると付着力に関してもかなり減少するのではないかと考えられたが、図のとおりそれほど減少ではなく両グリットとも比較の変動は少ないブラスト繰り返し数5～6回ぐらいまでは殆ど付着力の差はないとみなしてよいと思える。また、付着力に関してもアルミナグリットの方が铸造グリットに比べて高い値を示す。しかもアルミナグリット

としては30回と言うかなりのグリットとして変化している場合においても铸造グリットよりまだ強い値を示す。このことは、付着力に関してはグリットの種類により面の表面状態にかなり強い影響がでることがわかる。

付着力と表面あらさとの関係を、今回のデータでプロットしたのが図7であるが見てわかるようにグリットの違いが明瞭である。あらさとしてはアルミナグリットが数値は低いにも拘らず付着力は高めになるが、铸造グリットではあらさがあらいにも拘らずアルミナグリットより低い値となる。このことは、グリットの刃先の鋭さが大きく影響しているのではないかと考えられる。またあらさとの関係で観ると両グリットともあらさが粗くなればなるほど付着力は高まる傾向であることがわかる。

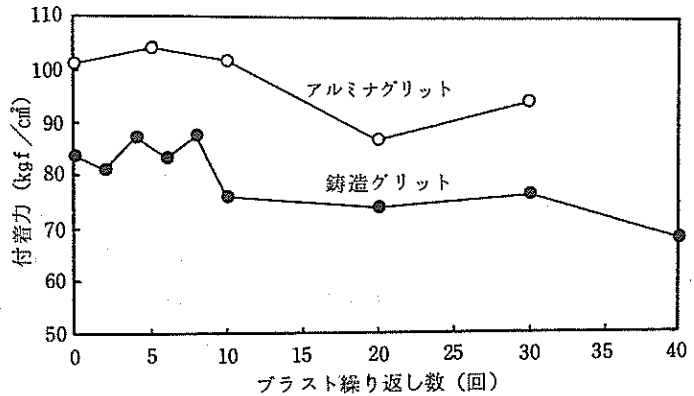


図6 付着力への影響

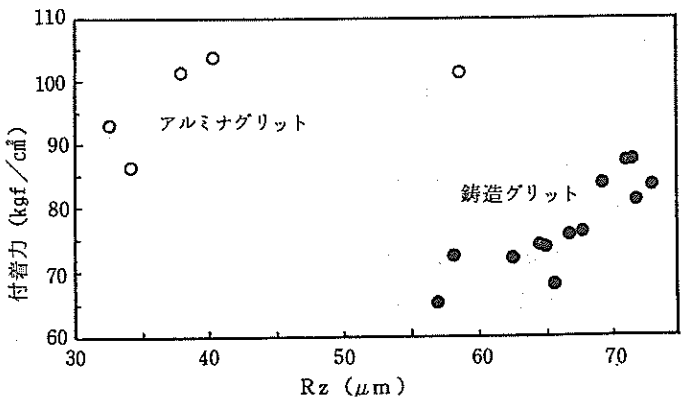


図7 表面あらさRzと付着力

4. 結言

溶射の前処理であるブラストに的をしぼりブラスト材の繰り返し使用による影響を調べた結果、以下の事があきらかとなった。

- ① 铸造グリットとアルミナグリットではグリットの劣化現象が大きく変わる。
- ② 铸造グリットの方が、ブラスト材の繰り返し使用においても粒度変化が少なく、かつ粒形の変化もない。すなわち劣化が遅く繰り返し使用にも充分耐えられる。ブラスト対象鋼種が普通軟鋼なら付着力でみるかぎり100回以上でも充分使用可能である。
- ③ アルミナグリットは、グリット自体のブラストによる破砕が激しく繰り返し使用では急激に粒度

の変化がみられる。また粒形の変化も大きく、繰り返しにより角が取れ球形になる、従って、アルミナグリットの繰り返し使用は無理がありせいぜい4、5回が限度と考えられる。すなわちアルミナグリットの使用に際しては十分な注意が必要である。

- ④アルミナグリットではブラスト時における破砕が多いため粉塵の発生も多量である。
- ⑤しかしながら、アルミナグリットは研削量及び付着力とも鑄造グリットに比べて優れており使用用途を選定すればより高い効果が期待できる。
- ⑥ブラストの効果として大きく影響するとみられる付着力は、両グリットとも劣化の程度と比較してそれほど大きな影響は及ぼさないことがわかった。特に鑄造グリットの場合は劣化がかなり遅いのでほとんど影響は及ぼさないと考えてもよいと思える。

以上、一般によく用いられているグリット材の繰り返し使用による影響について調べた。従って、今後、溶射施工上のブラスト材の管理としてはアルミナ系統のグリットだとブラスト使用回数が特に重要となり、ブラスト処理後グリットのふるい分け、すなわち分粒が必要である。

また、鑄造グリット等強靱なグリットを使用している場合も使用回数の把握や定期的なサンプリングによる粒形観察およびブラスト面のあらさ測定が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 石原 金盛 ほか：金属の塩害に関する調査研究（I～IV）、沖縄県工業試験場業務報告 Vol9～12（1981～84）
- 2) 國吉 和男 ほか：球状黒鉛鑄鉄の耐食性向上に関する研究、沖縄県工業試験場業務報告 Vol13（1985）P 113
- 3) 比嘉 眞嗣 ほか：溶射による金属製品の耐食性向上に関する研究、沖縄県工業試験場業務報告 Vol16（1988）P 25
- 4) 日本溶射協会編：溶射ハンドブック、新技術開発センター（1987）P 267
- 5) 長坂 秀雄 ほか：ブラスト面の観察と分類、実務表面技術（1975）P 8

- 溶射機メーカーの技術資料
- 溶射関連 JIS 規格

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。