

自溶合金溶射に関する基礎的研究*

Study on the Self-Fluxing Alloy Spray Coating as Basic Research

馬 込 正 勝¹⁾ 前 田 真 正²⁾
Masakatsu MAGOME Michimasa MAEDA

The purpose of this research was to examine the characteristics of the self-fluxing alloy spray coating. The sufficient results of the experiment were obtained as follows;

- (1) The development of a new method with respect to the peeling test of the self-fluxing alloy spray coating was taken place and it was found that the sufficient measurement of the spray coating peeling was capable by this method.
- (2) The tensile strength of 81kg/mm² at the first kind self-fluxing alloy based cobalt was obtained from an analysis of the tension test.
- (3) The hardness of the self-fluxing alloy based nickel increases gradually as the first kind becomes the second kind.
- (4) The peeling strength is not mutually related to the hardness test.

1. 緒 言

最近、各種工業界において溶射法が注目され、1980年代は溶射技術から科学としての展望がのぞまれるようになってきた。

溶射法の一般的な特徴は、省資源に対して補修が可能のために有効度が非常に高いことである。溶射法には、数種類の技術的方法が現在確立されており用途別に応じて使用されている。一般的に溶射法を分類すると、①メタライジング ②サーモスプレー ③プラズマの分類がされている。本研究は、この中のサーモスプレー法による自溶合金皮膜の特性の一部機械的性質について検討を行った。

自溶合金溶射は、炭素鋼及び合金鋼、鋳鉄、ニッケル及びニッケル合金、銅及び銅合金並びに耐食・耐熱合金の製品に対し、耐摩耗、耐食及び耐熱の目的で行うものであり、一般的に広範囲に使用されている溶射技術である。

2. 自溶合金溶射

自溶合金溶射の種類は、ニッケル基、コバルト基、タングステン・カーバイト基、自溶合金がある。この合金粉末を粉末式（自溶合金粉末酸素、可燃ガス及び圧縮空気を連続的に供給し、自溶合金粉末は火炎中で溶射すると同時に、圧縮空気流によって被溶射体の表面に吹きつけられて溶射皮膜を形成する）、あるいはプラズマ方式（溶射ガンに連続的に供給される粉末材料は、プラズマ炎中で溶融されると同時に、プラズマジェットによって被溶射体の表面に吹きつけられて溶射皮膜を形成する）によって溶射し、溶射した多孔性皮膜を酸素アセチレン炎、酸素水素炎などの火炎、電気炉、ガス炉

*昭和57年10月20日原稿受理

1), 2) 大阪産業大学工学部交通機械工学科

などを用いて再溶融し、合金中に含まれるホウ素がフラックスとして作用し、多孔性の溶射皮膜を鑄造組織に変え無孔性の融着した皮膜とすることができる。

自溶合金溶射は機械部品の表面硬化法の一つであるが、その使用法が適正であれば表面硬化法として多くの利点がある。すなわち

- (1) 常温における硬さが高く、比較的高温においても硬さの低下が少ない。
- (2) 比較的高温においても耐摩耗性が優れている。
- (3) 無孔質であるため、多くの腐食性液体に対する耐食性が優れている。
- (4) 比較的高温において腐食と摩耗が同時に起こる機械部品に対して有利である。
- (5) 自溶合金は、高温用ろう接にも用いられる。

3. 実験方法

3.1 引張試験片

試験片及び形状・寸法を Fig. 1 に示す。スリーブ、心棒及びテーパ状リングは、みがき棒鋼（J ISG 3123 みがき棒鋼（炭素鋼）の（SS 41 B-D）を使用した。スリーブの寸法は外径 45mm、長さ 50mm とし、内径は、その一部に引張シグ取付けのためにねじを切る。ねじは直径 20mm、ピッチ 2.5mm とする。中央接触部は互いに 90° のテーパを付けてはめ合わせとし、その両面にアルミナを溶射する。溶射の皮膜厚さは約 0.05mm とする。他端は 70° のテーパを付ける。また、引張シグを取付けるためのねじを切り込む。スリーブ 2 個のテーパ状リング 2 個をセットし、心棒（ $\phi 12$ mm ボルト）及びナットを組立てる。組立てたとき接触部にすき間のないようにし、2 個のスリーブが同一面を作るようにする。このシャフト状の試験片の表面を清浄にし、ブラストした後両端 10mm を残し全面に溶射溶着する。溶射溶着後溶射皮膜の中央部（約 30mm の幅）を研磨する。皮膜厚さは 1mm に仕上げを行った。試験片は溶射材料 1 種類につき 5 個製作し引張強度は平均で示した。

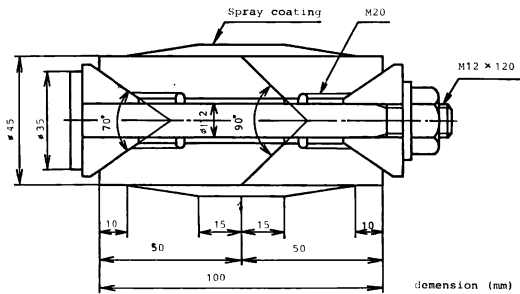


Fig.1 Spray coating

3.2 溶射装置

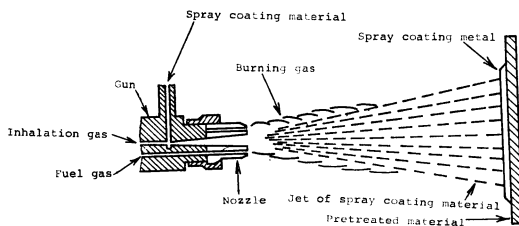


Fig.2 Tension test piece and fitting jig

Fig. 2 に、溶射ガンの機構を示す。これは粉末の溶射材料を酸素、アセチレン炎によって、ノズル部で溶射噴射し、素地の上に種々の目的を持った溶射皮膜を作る方法である。

溶射材料をガン上部にあるホッパーへ入れ、重力落下により本体内に送り、燃料ガスによってノズルへ送り込む方式のものである。

3.3 硬さ試験

硬さ試験はロックウェル硬さ試験及びマイクロピッカース硬さ試験の 2 種類について行った。ブラスト条件は吸引式で圧力：5kg/cm² ブラスト材：SF 70、距離：50mm、角度 90°、ノズル径 10mm 溶射ガンは、メテコ 2 P を使用して行った。試験片の素材は SS 41 を使用した。形状は $\phi 40$ mm の円柱

状で厚さ20mmである。測定は0.5μHmax以下で行った。マイクロビッカースについては、溶射皮膜の硬さは、溶射素材の3箇所測定を行った。

3・4 溶射材料

Table. 1は実験に使用した自溶合金溶射材料の種類と化学成分を示す。ニッケル基のもの5種類、コバルト基のもの2種類、タングステン・カーバイト基のもの2種類、計9種類の溶射皮膜について機械的性質を調べ検討を行った。

kindsof material	chemical composition (%)										spray coating material	coating thickness (mm)
	Ni	Cr	B	Si	C	Fe	Co	Mo	Cu	W		
MSFNi-1	Bal.	0.10	1.0-2.5	1.5-3.5	0.0-25	0.4	0.1	-	0.4	-	N-1	2.0
MSFNi-2	Bal.	9.11	1.5-2.5	2.0-3.5	0.0-5	0.4	0.1	-	-	-	N-2	1.6
MSFNi-3	Bal.	10.15	2.0-3.0	3.0-4.5	0.4-0.7	0.5	0.1	-	-	-	N-3	1.6
MSFNi-4	Bal.	12.17	2.5-4.0	3.5-5.0	0.4-0.9	0.5	0.1	0.4	0.4	-	N-4	1.7
MSFNi-5	Bal.	15.20	3.0-4.5	2.0-5.0	0.5-1.1	0.5	0.1	-	-	-	N-5	1.0
MSFCo-1	10-30	16.21	1.5-4.0	2.0-4.5	0.1-5	0.5	Bal.	0.7	-	0.10	M-1	1.9
MSFCo-2	0-15	19.24	2.0-3.0	1.5-3.0	0.1-5	0.5	Bal.	-	-	4.15	M-2	1.2
MSFWC-1	WC 20.80%+ MSFCo-1 Bal.										MW-1	1.4
MSFWC-2	WC 20.80% + MSFNi-4 MSFNi-5 Bal. (Contains under 10% Co is independent of it.)										MW-2	1.6

Table.1 Kinds and chemical composition of spray coating material made by self-fluxing alloys

4. 実験結果および考察

4・1 ハク離試験

Fig. 3はハク離試験の結果を示す。図より試験片5コの時のバラツキと3コのバラツキ

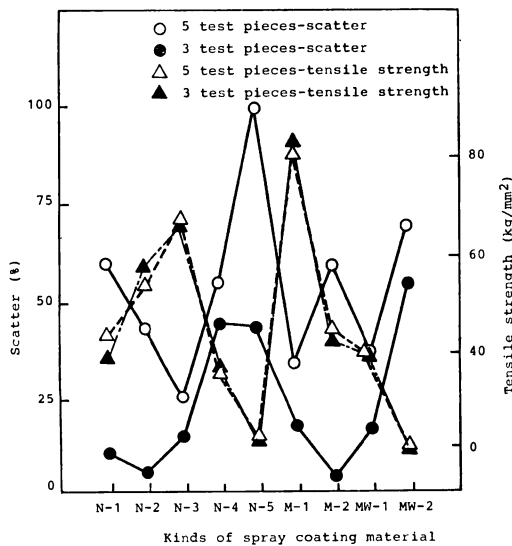


Fig.3 The relation between the scatter and the tensile strength

の相違が顕著にわかる。従って図より溶射材料によってバラツキの変化が大きい傾向がみられる。

Fig. 4は自溶合金溶射材料の元素量がハク離強さに及ぼす影響について調べた結果である。図より

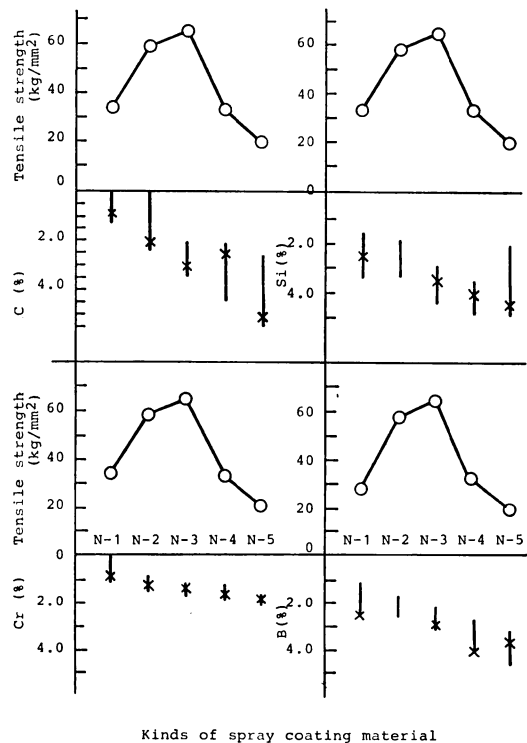


Fig.4 The effect that the variation of element weight contained in self-fluxing alloys influences on the tensile strength

ニッケル基自溶合金1種から3種においてはハク離強さには影響は少ないが、その後元素量が多くなるにつれてハク離強度も減少している。

4.2 硬さ試験

Fig. 5 に自溶合金元素量が実測値硬さに与える影響について調べた結果を示す。この図から Cr, Si の元素量が多くなるにつれ硬さの値は高くなっている。N-5 の硬さの値においては B の含有量は余り影響しないように見られる。N-4 においても同様である。しかし相対的に C, Cr, B, Si の元素量が増加するにつれ硬さの値も増加している。Fig. 6 から Fig. 8 までマイクロビッカース硬さ試験の硬さ分布を示す。Fig. 6, Fig. 7 はニッケル基自溶合金の場合の硬度分布である。図からもわかるように N-1 は Hr 平均値 330 である。この場合の顕微鏡観察の組織は均一でバラツキも小さい。N-2 は Hr 平均値 450, N-3 は Hr 平均値 600, N-4 は Hr 平均値 700, N-5 は Hr 平均値 900 でバラツキは

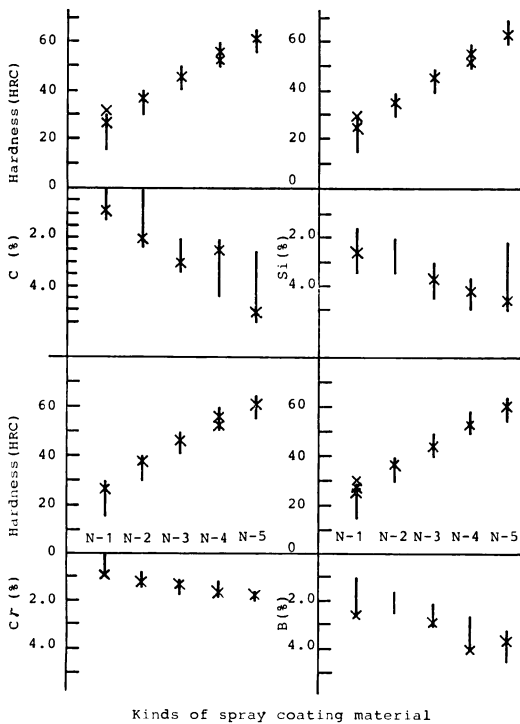


Fig. 5 The effect that the variation of element weight contained in self-fluxing alloys influences on the hardness

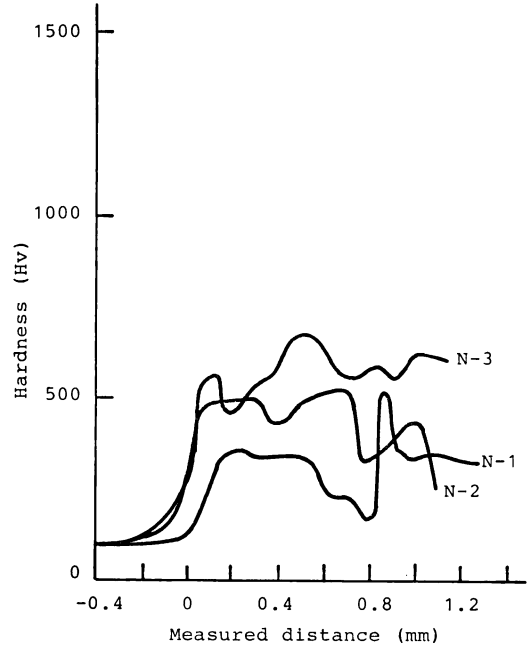


Fig. 6 Hardness distribution (Spray coating material N-1, N-2, N-3)

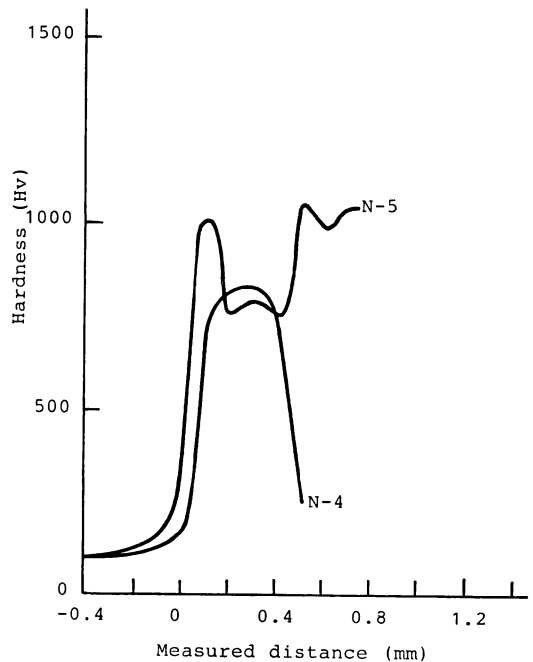


Fig. 7 Hardness distribution (Spray coating material N-4, N-5)

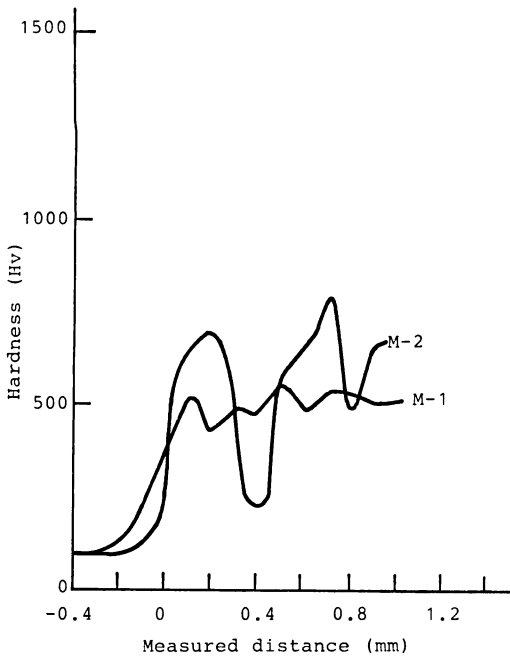


Fig.8 Hardness distribution (Spray coating material M-1, M-2)

大きい。これらよりN-1～N-5の順に硬さが大きくなっている。従ってCr, B, Siの含有量が増加するに従って硬さが増加している。またバラツキも硬さが高くなるに従って大きくなっている。Fig. 8はコバルト基自溶合金の場合である。M-1は、Hr 平均値500でバラツキも小さく組織も均一であった。M-2ではHr 平均値600でM-1より高い値を示している。

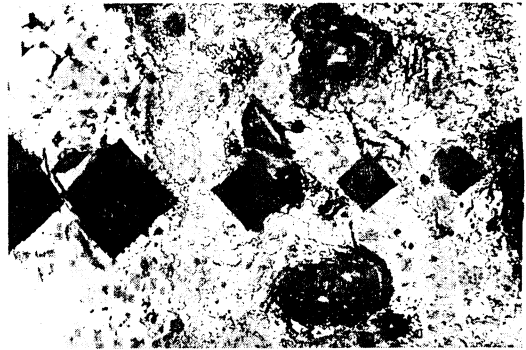


Fig.9 A typical example of structure photograph

ロックウェル硬さ、ビッカース硬さの測定結果は溶射材料すべて同じような傾向を示している。しかし、引張強さにおいては硬さの相関性は見られない。Fig. 9に組織写真の代表例を示す。

5. 結 言

自溶合金溶射溶着皮膜（ニッケル基、コバルト基、タングステンカーバイト基自溶合金）の機械的性質の一部について測定した。実験結果より次のようなことを得ることができた。

- 1). 従来、肉盛溶射のハク離試験に使用されていた試験片を改良することによって自溶合金溶射溶着皮膜の引張試験に使用することが可能である。
- 2). 引張試験の結果、自溶合金溶射溶着皮膜のハク離においてコバルト基自溶合金1種で81kg/mm²という高強度が得られる。
- 3). 硬度試験においては、ロックウェル、ビッカース硬度の硬さはすべて自溶合金溶射皮膜とも同じような傾向を示した。また、ニッケル基自溶合金の場合1種から5種に従って高硬度が得られる。
- 4). 自溶合金溶射皮膜のハク離強度及び硬さの相関性はほとんど見るができない。
- 5). 本実験では、自溶合金溶射溶着皮膜を1mmと限定して行った。しかし、ハク離強度硬さについては溶射溶着の皮膜の厚さが異なった場合についても検討する必要があると考えられる。
- 6). 今後、自溶合金溶射溶着層の組織的観察、高温硬さ、皮膜単体ハク離強度の関連についても検討する必要があると考えられる。

最後に、本研究を遂行するに当たり、本学産業研究所より特別研究費を交付されましたので、必要経費の一部に充当させて頂きました。ここに深く感謝の意を表わします。