

## 粉末塗布による鑄鉄の表面改質(第2報)

## Improvement of Cast Iron Surface by Coating Alloy Powders(The 2nd. Report)

中村公生\* 道浦吉貞\* 喜多川 真好\* 田辺重則\*\*

Kimio Nakamura, Yoshisada Michiura, Masayoshi Kitagawa, Shigenori Tanabe

本研究では、粉末冶金の手法を取り入れ、鑄鉄表面に改質層を形成させる方法を研究している。

第1報でFe-Cr粉と自溶性Ni基合金粉を混合させ、ビッカース硬さが800~1100HV1あり、湿潤環境中の耐摩耗性に優れた被覆層を、また、Ni粉とNi-P粉を混合させ、Ni濃度が10~20%あり、耐食性に優れた被覆層を鑄鉄表面に形成させることができたこと、さらに、実用化に向け異形管での鑄造を行ったことを報告した。

本稿は、第2報として、Ni粉とNi-P粉を用いて、MG(Mechanical Grinding)を行い、異種粉末の複合粉化を図り、鑄鉄表面に偏析のない被覆層を形成できたこと、および、Ni粉とNi-P粉の混合比を調整し、場合により2層塗りを行うことで、粉末層の溶け込みや焼結性の制御を可能とし、薄肉鑄物(t10mm)および厚肉鑄物(t50mm)で耐食性など機能性に優れた被覆層が形成されたことなどを説明する。

Coating of functional layer on cast iron was prepared by adapting technique of powder metallurgy and improved performance on surface of cast iron. In the 1st. report, the coating on cast iron obtained by mixed Fe-Cr alloy powders and self-fused Ni based alloy powders has substantial hardness (800~1100HV1) and good resistance to wet abrasion corrosion, and also it obtained by mixed Ni and Ni-P alloy powders has soft surface layer (100~200HV1) containing 10~20%Ni, and therefore good corrosion resistance in salt spray corrosion test.

The details of the 2nd. report are as follows:

The coating on cast iron was prepared using mechanical grinding(MG) composite powders consist of Ni and Ni-P alloy powders as coating powders with no segregation of the composition on the mold. The choice of the ratio of Ni / Ni-P and painted double coating powder layers make it possible to control excessive dissolution and assist surface sintering. The functional phase can be formed on castings (10mm and 50mm in thickness).

## 1. 緒言

## 1.1 鑄鉄の表面改質法

金属材料の表面に母材の性質を損なうことなく、機能性に優れた被覆層を形成させる表面改質方法として、鑄造時に放出される熱に着目した。各種機能性を有する粉末と粘結材を混合、鑄型表面に塗布し、鑄込むことで、粉末層を焼結、固化させると同時に母材と相互に拡散、接合させて鑄物材料の表面に被覆層を形成させる方法である。

これまでに、フェロクロム粉と低融点の自溶性Ni基合金粉を用いた場合、硬くて(800~1100HV1)、耐摩耗性に優れたmmオーダーの厚い被覆層が、また、Ni粉と低融点Ni-P合金粉を用いた場合には、耐食性に優れた数100 $\mu$ mの厚さの被覆層がそれぞれ形成できることを報告している<sup>1)、2)、3)、5)</sup>。

## 1.2 表面改質法の特徴

本研究は、浸炭、窒化、めっき、そしてPVD(物理的蒸着法)、CVD(化学的蒸着法)などに代表される従来の

表面改質方法と比較して以下のような特徴がある。

- 1) 溶湯の熱を利用することで鑄造と表面改質を同時に行うことが可能である。
- 2) 粉末冶金の手法を用いることで多種多様な粉末を使用できる。
- 3) 耐食性、耐摩耗性、耐熱性などに優れた被覆層を形成できる。
- 4) 形成された被覆層は傾斜機能材料の性質を有している。
- 5) 工程数が少なく、簡易かつ低廉である。

## 1.3 MG法の特徴と利点

試料粉末の中で、Ni粉およびNi-P粉の混合粉末をMG(Mechanical Grinding; 以下MGと示す)により複合化した。MGは高エネルギーのミルを用いて異種粉末を複合化させる方法で、MA(Mechanical Alloying)<sup>4)</sup>は異種粉末を長時間同一処理を行って機械的に合金化させる方法である。

本研究は異種粉末の複合化を意図したので、MG法と表現した。試料粉末をMGすることで以下の利点が考えられる。

\* 鉄管事業部 鉄管研究部

\*\* 大阪府立大学 工学部 工学博士

- 1) 主粉と焼結助剤粉の組成が一つ一つの複合粉中に均一に分散するので、混合粉末を塗布する時に比べて、組成の偏析がなくなる。
- 2) 粉末を複合化することにより、得られる被覆層の組織が微細になるので、機能性が向上する。

2. 試験方法

2.1 試験の概要

本試験の概要を図1に示す。

まず、鋳鉄表面に数100 μmオーダーの厚さで耐食性を有する被覆層の形成とその機能性について検討した。

得られた被覆層については、耐食性、硬さ試験などの性能試験を行った。以下、それらの結果について報告する。

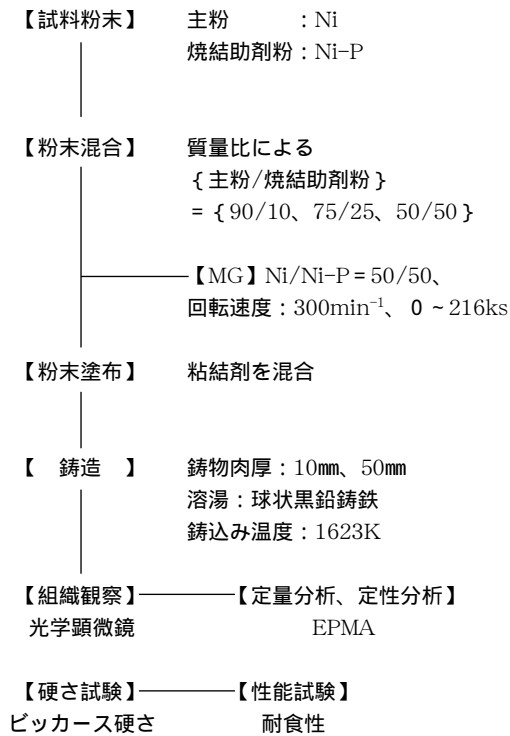


図1 試験の概要  
Fig. 1 Outline of experiment

2.2 供試材

溶湯成分は球状黒鉛鋳鉄であり、代表的な組成を表1に示す。

表1 球状黒鉛鋳鉄の化学成分

Table 1 Chemical composition of spheroidal graphite iron

mass %					
C	Si	Mn	P	S	Mg
3.60	2.50	0.330	0.005	0.002	0.045

2.3 試料粉末の組成

試料粉末の組成、粒度および融点を以下に示す。

粉末は主粉と焼結助剤粉の2種類がある。それぞれNi粉 (Ni ≥ 99.7mass%, 融点1728K) とNi-P粉 (11.4mass% P, 融点1153K) を使用した。主粉は鋳鉄の機能性を高める性質を有する。焼結助剤粉は粉末が焼結するとき液相を発生し、緻密化を促進させるので、融点の低い合金粉末を使用する。なお、粉末混合時の組み合わせとその質量比は以下、次のように表示する。

(例) Ni/Ni-P = 65/35

粉末の混合時に粘結剤を使用した。粘結剤は多くの有機系および無機系の材料について検討したが、無機系ではスラグが生じやすいため、有機系材料の中から粘結力が高く、かつ、反応時にガス発生量が少なかったPVAc (ポリビニルアセテート) を採用した。

2.4 MG法の概要

使用した粉末は主粉のNi粉と焼結助剤粉のNi-P粉の混合粉で、粒度は149 μm以下のもの (-100mesh) を使用した。

MGに用いたアトライタ型のボールミルを図2に示す。また、MGは表2に示す条件で行った。

ボールとともに粉末を容器内で機械的に強制攪拌、ボールの衝突により粉末が粉砕されて新表面ができ、さらに塑性変形して原料粉同士の冷間接合が起こる。この粉砕と接合の繰り返しにより異種の原料粉同士が細かくたたま込まれ、微細組織の複合粉となる。

表2 MG試験条件  
Table 2 Condition of MG experiment

項目	条件
回転速度	300 min <sup>-1</sup>
処理時間	0 ~ 216 ks
粉末量	700 g
質量比	50 / 50
ボール	SUS304製 (φ9.5mm) 5 kg
タンク容量	5.5L
雰囲気	N <sub>2</sub> ガス中
その他	タンクは水冷

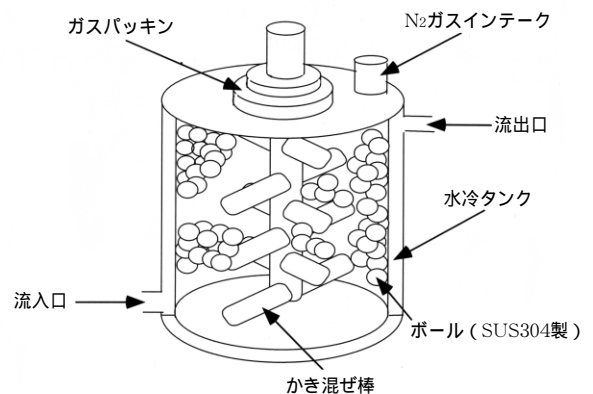


図2 ボールミル(アトライタ)模式図  
Fig. 2 Schema of high-energy ball mill

2.5 鑄型の形状および寸法

試験に使用した炭酸ガス鑄型(5号けい砂、湯口系にクロマイトを使用)を図3に示す。

図中の網かけ部から組織観察などの試験片を切り出した。肉厚は10mm、50mmとした。鑄物の採取場所により溶湯の冷却速度に差が生じると考え、その差異による被覆層の違いを比較、検討するために①(中央部)、②(端部)から試料を採取した。

試料粉末の塗布量は60~360mg/cm<sup>2</sup>まで試験した。

2.6 評価試験方法

2.6.1 組織観察

試験片を鑄物の被覆層形成面に直角に切り分け加工し、バフ研磨にて鏡面仕上げをした後、3%ナイトール溶液により腐食し、光学顕微鏡によりミクロ組織を観察した。

2.6.2 溶湯温度測定

鑄型の底面(図3参照)にK型熱電対を埋め込み、溶湯の温度変化を測定した。

2.6.3 硬さ測定

ビッカース硬度計を使用し、試験荷重は9.8N(HV1)とした。

2.6.4 EPMAによる分析

EPMA(電子線マイクロアナライザ)による定性分析および定量分析を行った。

(a) 定性分析

形成された被覆層の元素分布を調べ、マッピング表示した。

(b) 定量分析

被覆層の表面から母材(鑄鉄部)まで定量分析を行い、成分元素の質量比の変化を測定した。

2.6.5 塩水噴霧試験

試験片の寸法は40×50×t10mm(母材は耐水テープで覆う)として、測定は約1週間ごとに行い、期間は100日間とした。他の条件はJIS K 5400(塗料一般試験方法)の9.塗膜の長期耐久性に関する試験方法、9.1耐塩水噴霧性に準じた。

3. MG法試験結果

3.1 MG法による試料粉末の変化

異種粉末の複合化を意図し、MGを行い、被覆層形成への影響について検討した。

まず、Ni/Ni-P=50/50の混合粉末をMGして得られた複合粉末のSEM写真およびNi、Pの分布を図4、図5に示す。また、MG前後の粒度分布の変化を表3に示す。

MGに用いたアトライタ型のボールミルによる試料粉末の変化を説明する。粉末をボールと共に容器内で機械的に強制攪拌させ、ボールの衝突により粉末が粉碎されて新しい表面ができ、さらに塑性変形して原料粉同士で

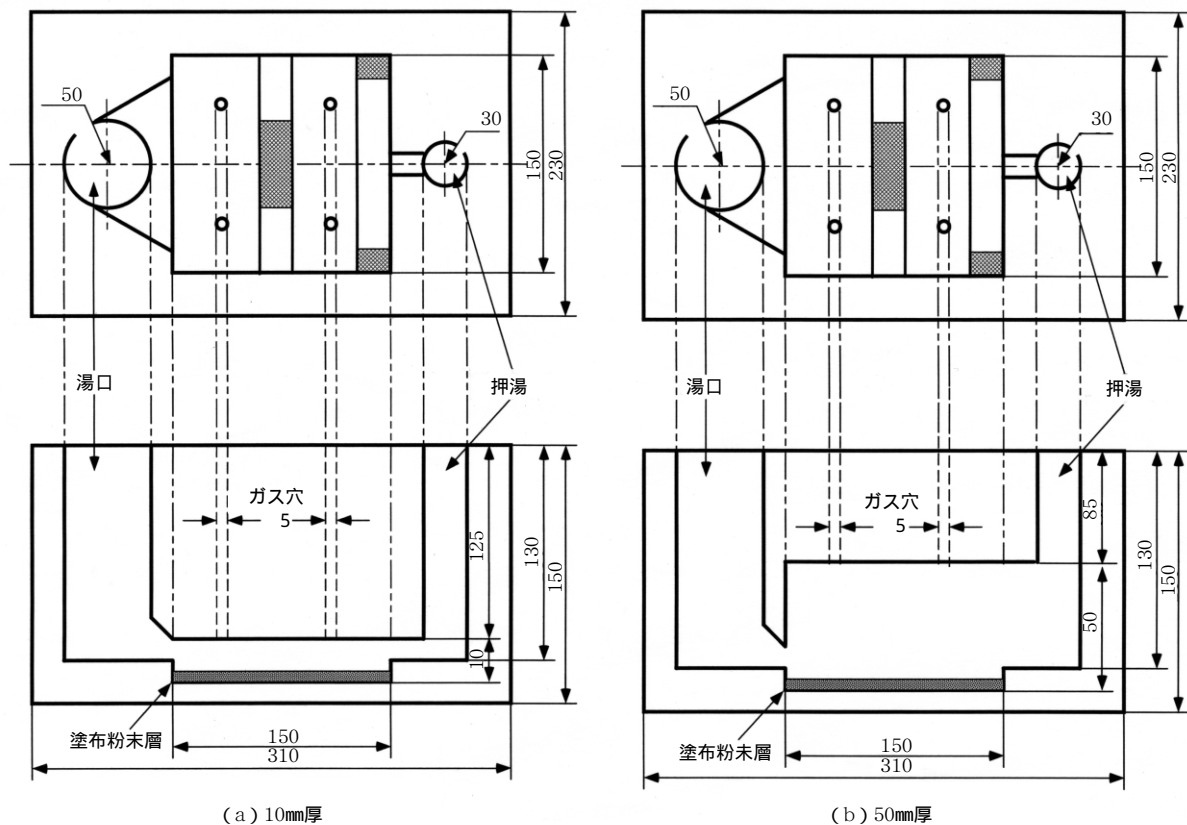


図3 鑄造方案(肉厚10mm、50mm)  
Fig. 3 Gating system(10mm and 50mm in thickness)

冷間接合が起こる。この粉碎と接合の繰返しにより、異種の原料粉同士が細かくたたみ込まれ、微細組織の複合粒子となる。

混合粉(MG 0ks)ではNi粉は表面に凹凸があるが、Ni-P粉の表面は滑らかである。したがって、偏析のない均一混合粉を得るには注意が必要である。MGの初期時

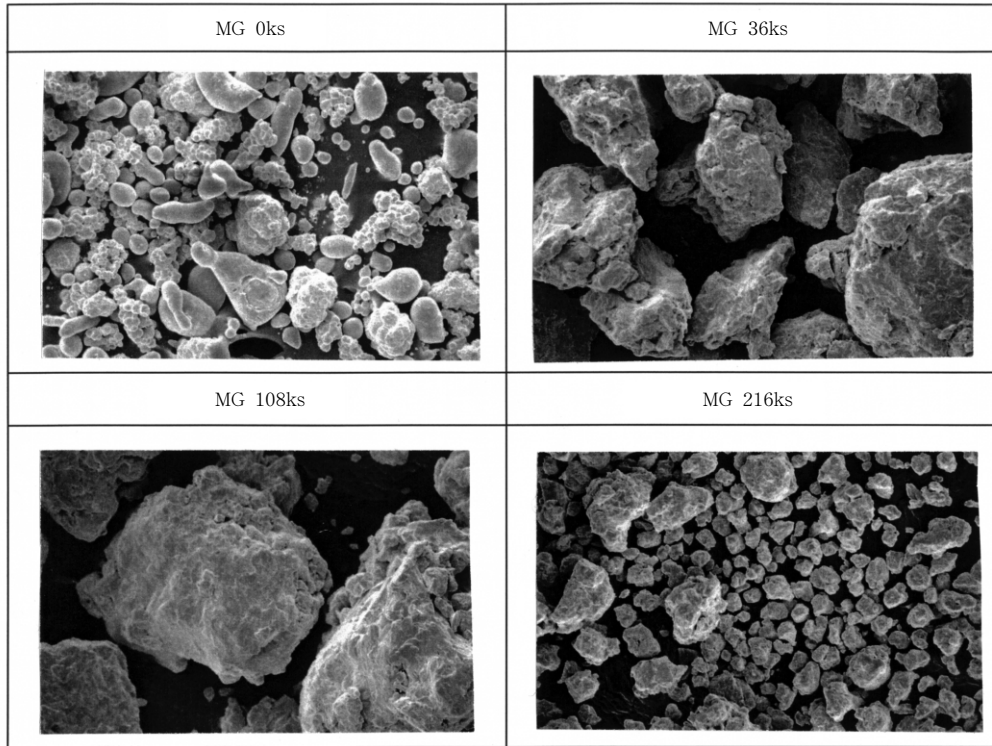


図4 MGした粉末形状のSEM写真  
Fig. 4 SEM photograph of MG processed powder

20 μm

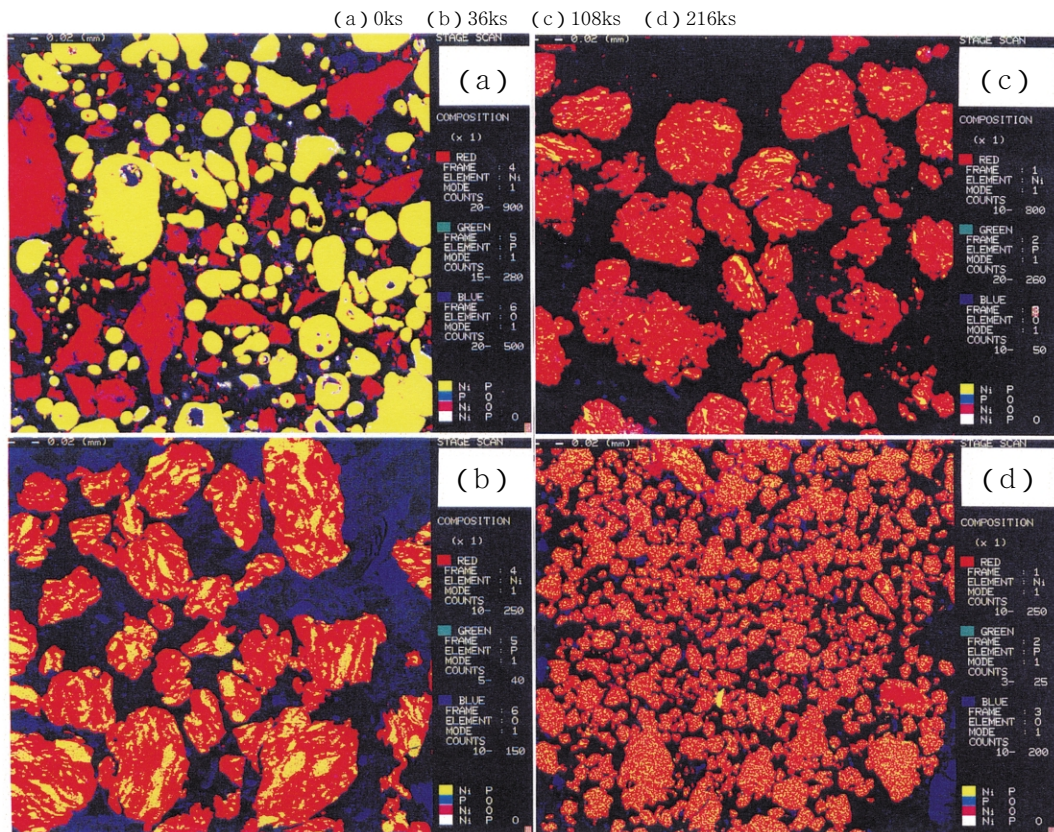


図5 MGした粉末のNi、Pの分布  
Fig. 5 Distribution of MG processed powder (Ni and P)

40 μm



間においては、粉末は凝集(MG 36ks, 108ks)して粗大化するがその後粉碎されて微細になる(MG 216ks)。EPM Aの元素分布から判断すれば、MGが36ksの段階で既にかなり均一に複合化されていることがわかった。したがって、主にMGを36ksした複合粉を使用した。

表3 MG前後の粒度分布  
Table 3 Distribution of particle size by MG

試験時間 粒度分布	wt%			
	0ks	36ks	108ks	216ks
+149 μm	0	14.3	12.8	2.2
-149+72 μm	0	37.7	31.6	10.3
-72+45 μm	10	25.5	24.1	15.9
-45 μm	90	22.6	31.5	71.6

### 3.2 塗布粉末層の各位置における温度の経時変化

塗布粉末層の焼結は、加熱温度およびその保持時間に大きく影響されるので、健全で強固な被覆層を得るには、鑄込み直後の塗布粉末層が受ける温度変化を十分理解する必要がある。

鑄込み温度が1623K、塗布粉末Ni/Ni-P=50/50、塗布量120mg/cm<sup>2</sup>(厚さ約0.3mm)の場合、中央部(Point①)および端部(Point②)における温度の経時変化を図6に示す。

(a)の薄肉の場合、Ni-Pが液相を発生する温度(1153K)以上に、鑄型の中心のPoint①では約100秒間保持されており、端部のPoint②では約50秒間しか保持されない。次に、(b)の厚肉の場合、中央部で約900秒間、端部でも約700秒間保持されていて薄肉に比べてはるかに冷却速度が遅くなっている。この保持時間に塗布粉末層中で液相が発生して、液相焼結による緻密化が進む。

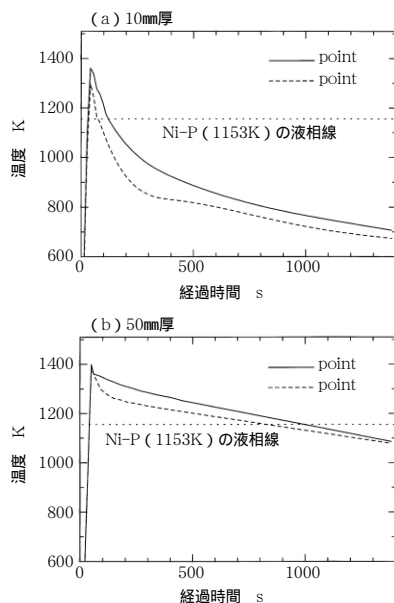


図6 被覆層各点の温度測定(鑄込み温度1623K)  
Fig. 6 Temperature change at each point of coated layer (Pouring temp. at 1623K)

### 3.3 被覆層の組織

表4に試験条件を示す。

表4 試験条件  
Table 4 Condition of experiment

項目	条件
溶湯成分	球状黒鉛鑄鉄
鑄込み温度	1623K
鑄型	図3参照(肉厚10mm)
試料粉末	
主粉/焼結助剤粉	Ni/Ni-P=50/50(-149 μm)
粉末塗布量	60~120mg/cm <sup>2</sup>
MG処理時間	0~216ks

塗布粉末Ni/Ni-P=50/50の場合に得られた被覆層の組織を図7に示す。

塗布量60mg/cm<sup>2</sup>の場合、MGなしのときに溶け込みが多く表面には被覆層が形成しないが、MGしたとき、溶け込みが少なく、少ない塗布量でも被覆層が形成することがわかる。MGの時間の影響に関しては36ksと108ks、216ksに被覆層の厚みなど顕著な差は見られなかった。

次に、塗布量120mg/cm<sup>2</sup>の場合、MGなしのとき最も良好な被覆層が得られた。MGしたとき溶け込みは少なくなるが、被覆層中に気孔を含んでいた。

また、Ni/Ni-Pの配合比を75/25とした複合粉末を用

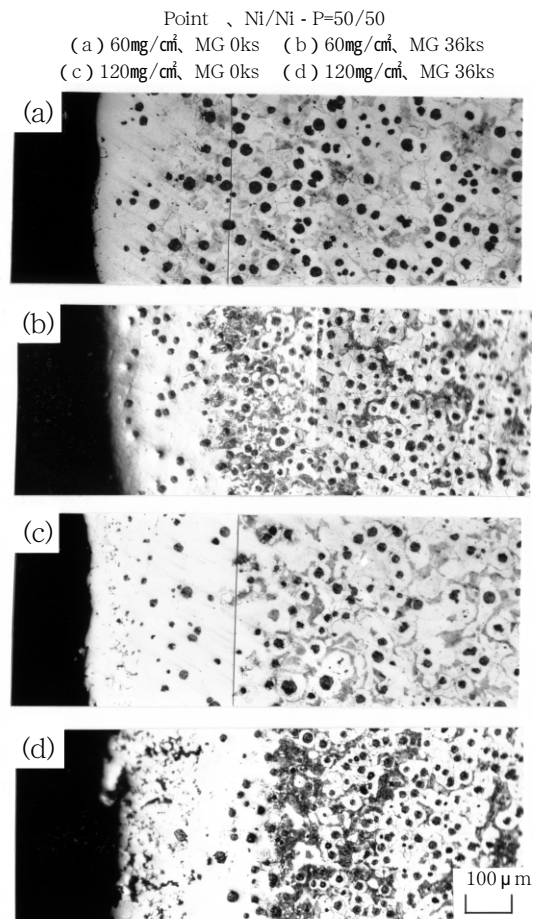


図7 被覆層の顕微鏡組織  
Fig. 7 Microstructure of coated layer

いた場合、塗布量の少ない60mg/cm<sup>2</sup>でも焼結助剤粉が少ないため焼結不足の組織からなる被覆層しか得られなかった。

以上より、MGしたとき溶け込みが少なく、混合粉に比べて塗布量が少なくても被覆層が形成されることがわかる。ただし、MGの時間の影響に関しては36ksと108ks、216ksでは被覆層の厚みなど顕著な差は見られないため、以後の実験結果はMG 36ks経過のものについて示す。

### 3.4 EPMAによる被覆層および拡散層の元素分布

MGなしで塗布量を120mg/cm<sup>2</sup>とした場合とMGしたとき複合粉を60mg/cm<sup>2</sup>塗布した場合のEPMAによる被覆層および拡散層の元素分布を図8、図9に示す。

MGした場合、塗布量が半分でもMGなしのときに比べて表面付近のNi濃度が高く、溶け込みが少ないことがわかった。また、Pの溶け込みも抑制されるために、母材表面近傍のステダイト相は少なかった。

Ni/Ni - P = 50/50、120mg/cm<sup>2</sup>、MG 0ks

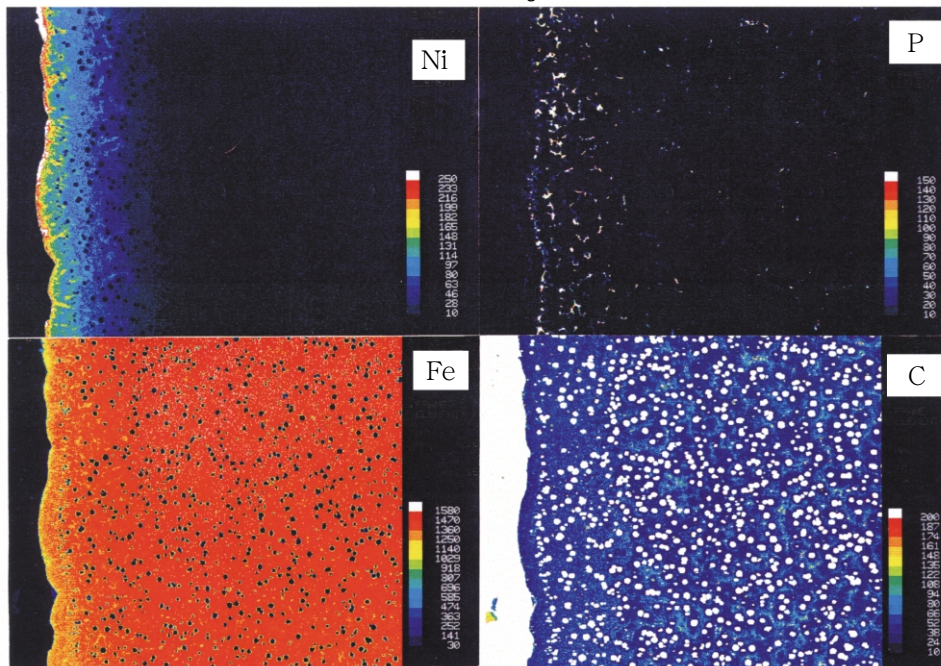


図8 被覆層のEPMA像  
Fig. 8 EPMA image of coated layer

300 μm

Ni/Ni - P = 50/50、60mg/cm<sup>2</sup>、MG 36ks

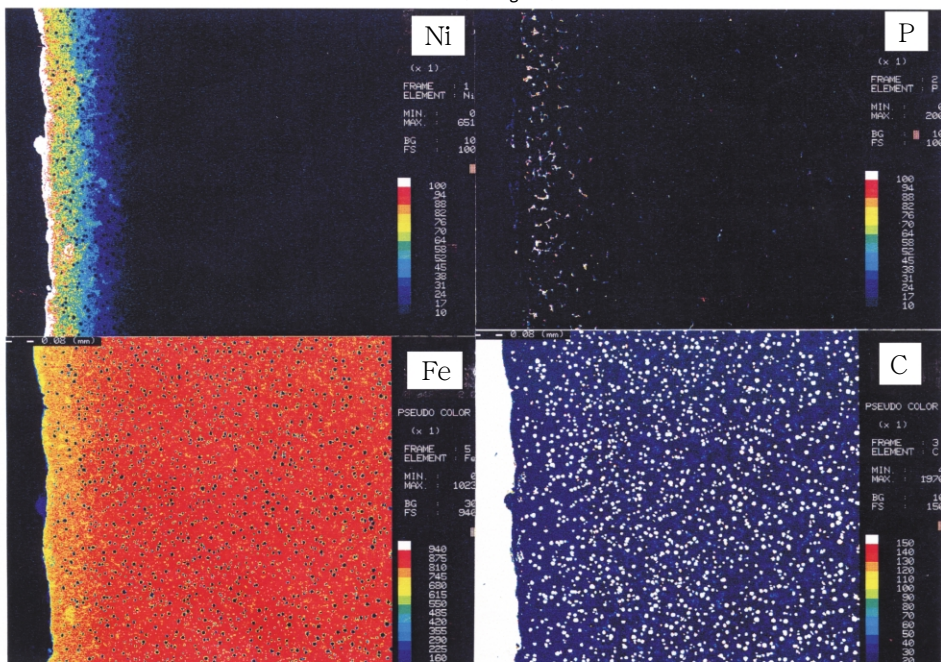


図9 被覆層のEPMA像  
Fig. 9 EPMA image of coated layer

200 μm



### 3.5 被覆層の硬さ

得られた被覆層の硬さを図10に示す。

塗布量が60mg/cm<sup>2</sup>の場合は、MGなしのとき溶け込みが多くなるために最表面層だけに硬いマルテンサイト相を形成している。MGしたとき、被覆層の最表面部で硬度が低く、内部にマルテンサイト相による硬化層が認められた。

塗布量が120mg/cm<sup>2</sup>の場合も同様に、MGした方が溶け込みにくくなるため、硬さのピークは最表面側にあった。

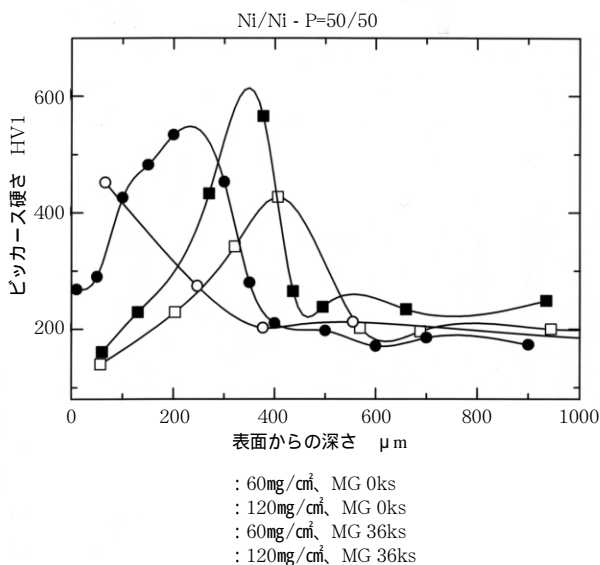


図10 被覆層の硬さ  
Fig. 10 Hardness of coated layer

### 3.6 MGした粉末による被覆層形成に関する模式図

MGした粉末による被覆層形成に関する模式図を図11に示す。

MGなしの混合粉では、Ni粉とNi-P粉は独立して存在しているので、溶湯の熱によりNi-P粉から液相を生じ、その液相がNi粉を包み込みさらに気孔を排除し、焼結が進んでいた。一方、MGした複合粉の場合、1つの粒内にNi粉とNi-P粉が均一に存在していた。したがって、溶湯の熱により液相を生じるNi-Pの共晶組成が複合粉の内部に閉じこめられること、また、図6に示したように、薄肉の場合、高温に保持される時間が短く、粉末表面に析出する液相量が少なくなることが原因で母材への溶け込みが抑制されたと考えられる。その結果として、被覆層を形成する最適塗布量がMGなしに比べ少なくなったと考えられる。

また、得られた被覆層はMGなしの混合粉を用いた場合の塩水噴霧試験の結果と同等の良好な耐食性を示したことを確認している。

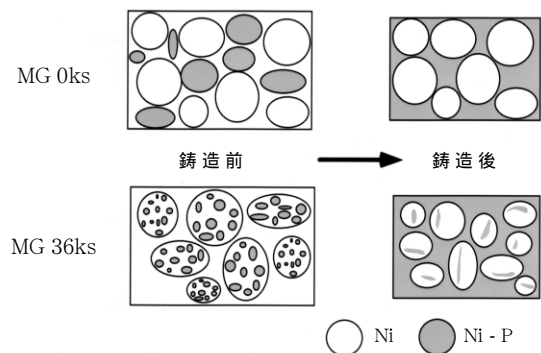


図11 MGした粉末による被覆層の模式図  
Fig. 11 Schema of coated layer of MG processed powder

## 4. 厚肉鑄物による鑄造試験結果

### 4.1 被覆層の組織

薄肉鑄型よりも高温で長時間保持されるので、溶け込み量を考慮すると塗布量は多くする必要がある。塗布量240mg/cm<sup>2</sup>でもNi/Ni-P=50/50 および75/25の場合は、MGの有無にかかわらず、塗布粉末層はほとんど溶け込み被覆層を形成しなかった。さらに、Ni粉の比率を高めれば、母材との界面の接合不良そして多くのボイドの発生が認められた(図12参照)。

溶け込み量の少ないNi/Ni-P=50/50、塗布量360mg/cm<sup>2</sup>を塗布し得られた組織を図13に示す。

被覆層は形成されるが、焼結不足による粉末層の脱落により生じる表面の凹凸、母材との界面の接合不良、そして被覆層中に多くの気孔の発生などが認められた。MGした複合粉では、薄肉鑄型と反対に粉末層の溶け込みが多くなる傾向を示した。

理由として、厚肉鑄型の場合、Ni-Pの融点(1153K)以上の温度で長時間保持されるので、MGして組成の偏析のない粉末の方が析出した液相(Ni-P)が速やかに母材へ溶け込むからと考えられる。

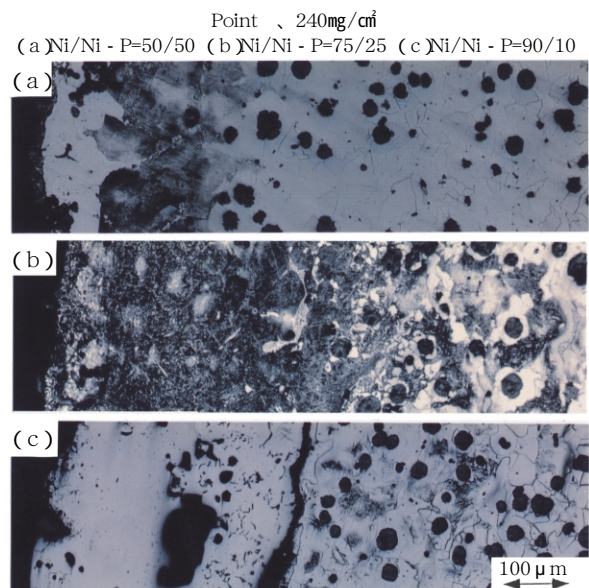


図12 被覆層の顕微鏡組織  
Fig. 12 Microstructure of coated layer

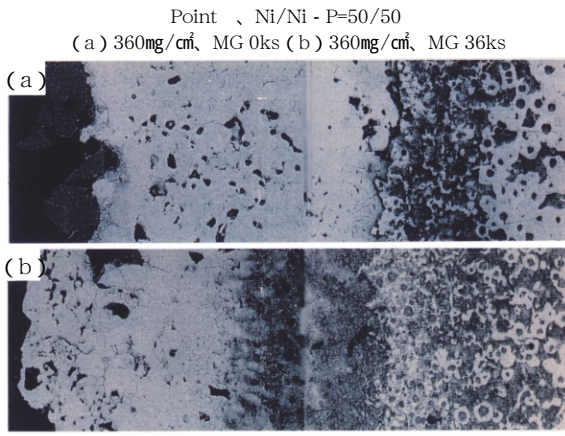


図13 被覆層の顕微鏡組織  
Fig. 13 Microstructure of coated layer

4.2 塗布粉末の焼結試験

Ni/Ni-Pの混合比や塗布量を変化させても、良好な被覆層を形成できなかったため、粉末の焼結状態を調べた。

溶湯により与えられる熱量を想定し、Ni/Ni-P=50/50、75/25、90/10の組成からなる成形体を真空中(約10<sup>-1</sup>Pa)で1223~1423Kの各温度で5分保持した場合の組織を図14に、焼結密度を図15に示す。

全てNi粒子をNi-P共晶が囲む組織が観察された。なお、黒色部は気孔であった。Ni/Ni-P=50/50は気孔のない緻密な組織からなり、Ni/Ni-P=75/25では高温ほど気孔が成長し、かつ、内部に閉じ込められる状態が見られること、液相量の少ないNi/Ni-P=90/10は小さな気孔が

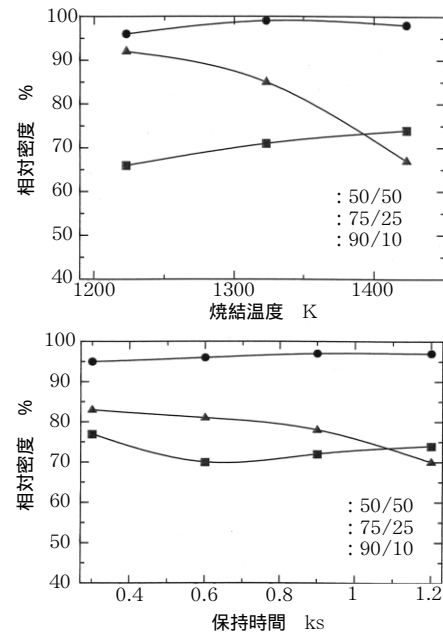


図15 焼結体の密度  
Fig. 15 Density of sintered compact

多数残っていることがそれぞれ確認された。実際の casting は大気で行なわれるから、濡れ性はさらに悪くなり、気孔が多くなると推測される。

生成される被覆層は粉末層と溶湯との液相、固相反応も考慮する必要があるが、気孔のない被覆層を得るためには焼結助剤粉の割合の多いNi/Ni-P=50/50、75/25を基本とし、いかに溶解を抑制するかが問題となる。

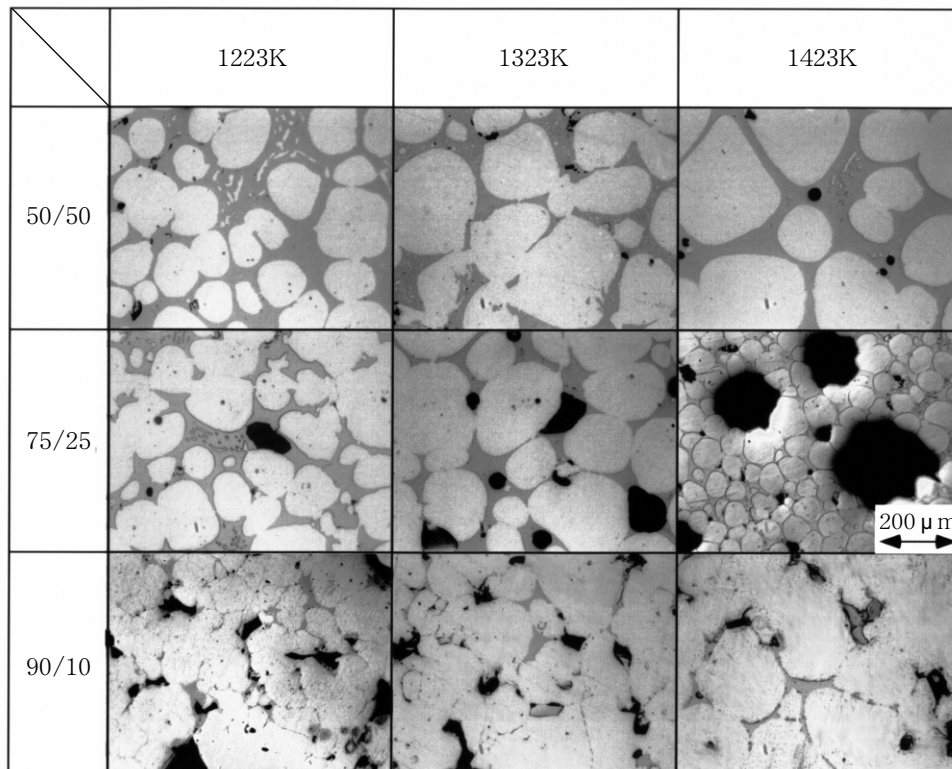


図14 焼結体の気孔率 (SEM像)  
Fig. 14 Porosity of sintered compact (SEM image)

50 μm



4.3 2層塗り

これまでの鑄造試験および焼結試験の結果より、溶け込みを抑制し、かつ、緻密な被覆層を形成させるために、塗布層組成は溶湯に直接接触する部分に主粉を多く、そして、溶湯に接触しない部分に焼結助剤粉を多くする2層塗りを試みた。その模式図を図16に示す。

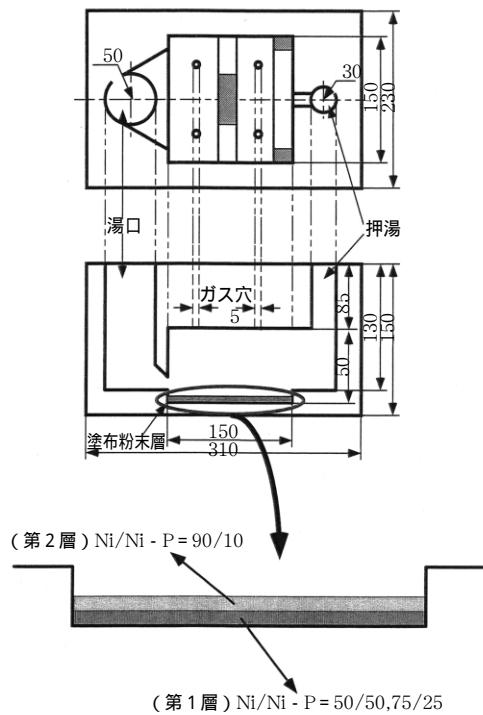


図16 粉末塗布方法の改良模式図  
Fig. 16 Schema of improved method by painting powders

4.3.1 被覆層の組織

第1層にNi/Ni-P = 75/25または50/50、第2層にNi/Ni-P = 90/10をそれぞれ120mg/cm<sup>2</sup>、合計240mg/cm<sup>2</sup>塗布して得られた組織を図17に示す。

- (a) 第1層 : Ni/Ni - P=75/25、120mg/cm<sup>2</sup>  
第2層 : Ni/Ni - P=90/10、120mg/cm<sup>2</sup>
- (b) 第1層 : Ni/Ni - P=50/50、120mg/cm<sup>2</sup>  
第2層 : Ni/Ni - P=90/10、120mg/cm<sup>2</sup>

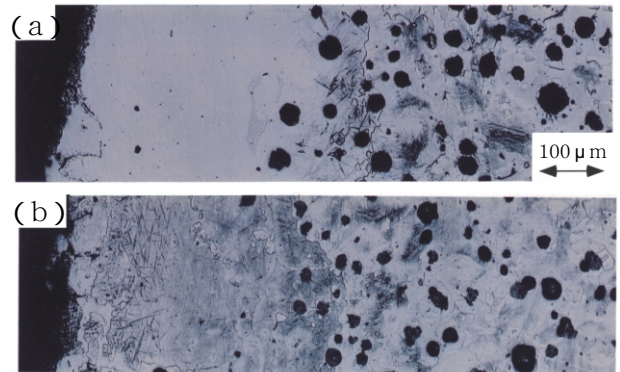


図17 被覆層の顕微鏡組織  
Fig. 17 Microstructure of coated layer

第1層がNi/Ni-P = 75/25の場合、厚く気孔のない表面被覆層が形成されていた。母材との界面付近にマルテンサイト相が認められることからこの白色の表面層はNi含有量が高いことが予想される。第1層がNi/Ni-P = 50/50の場合、表面に厚くマルテンサイト相が認められることから母材への溶け込みが多いことがわかった。なお、両者ともに界面付近の黒鉛は球状を保っていた。

- 第1層 : Ni/Ni - P=75/25、120mg/cm<sup>2</sup>
- 第2層 : Ni/Ni - P=90/10、120mg/cm<sup>2</sup>

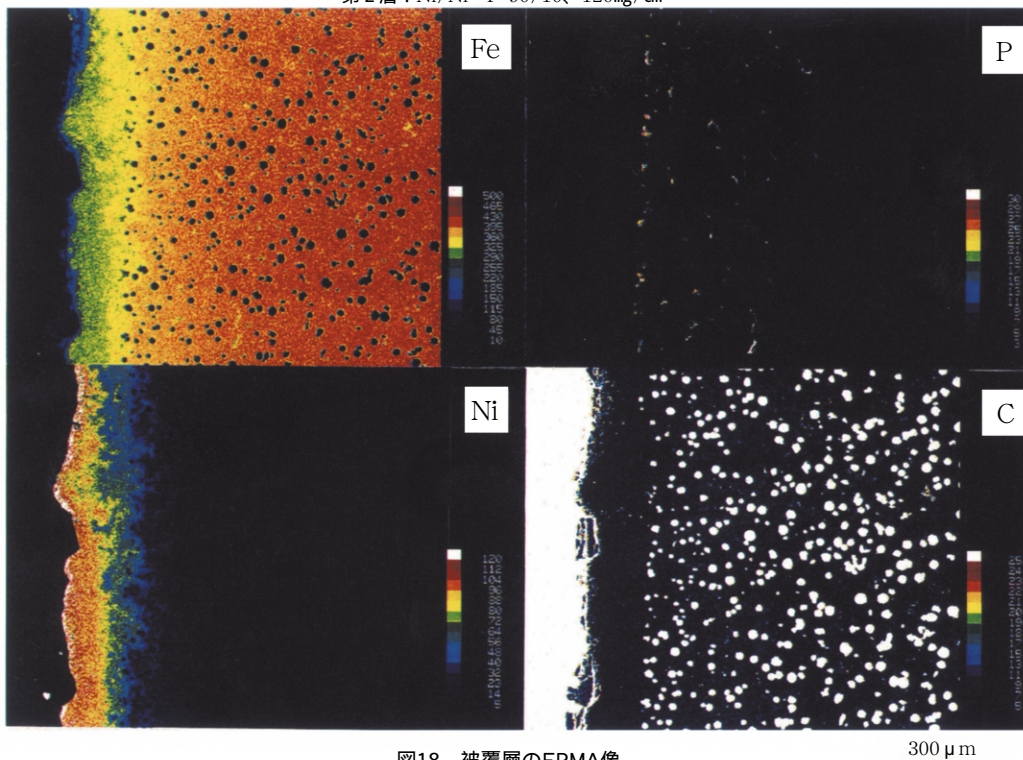


図18 被覆層のEPMA像  
Fig. 18 EPMA image of coated layer

第1層: Ni/Ni - P=50/50、120mg/cm<sup>2</sup>  
 第2層: Ni/Ni - P=90/10、120mg/cm<sup>2</sup>

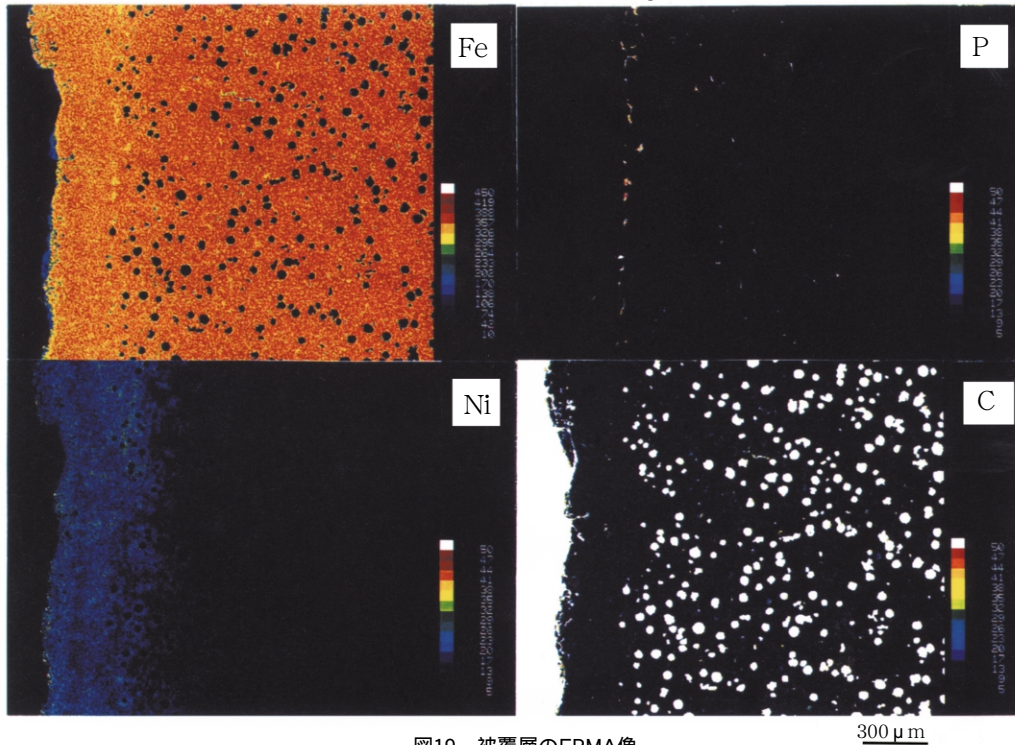


図19 被覆層のEPMA像  
 Fig. 19 EPMA image of coated layer

4.3.2 EPMAによる被覆層および拡散層の元素分布

図17の(a)、(b)に関してEPMAによる分析結果を図18、図19に示す。

図18(第1層がNi/Ni-P=75/25)は表面部にNiが濃縮されていた。最表面で約20%Ni、深さ400 μmで10%以上Niを含有していた。図19(第1層がNi/Ni-P=50/50)は表面付近のNi量は約9%であり、深さ400 μmで約4%Niを含有していた。

4.3.3 被覆層の硬さ

得られた被覆層の硬さを図20に示す。

図18と同じ条件で表面付近の硬さは約150HV1と非常に軟らかく、母材との界面付近にはマルテンサイト相による硬化層(約600HV1)が存在した。図19と同じ条件では表面は厚いマルテンサイト層(約500HV1)が生成していることがわかった。

4.3.4 耐食性試験

塩水噴霧試験による耐食性試験の結果を図21に示す。

2層塗りで被覆層を形成した場合、腐食による減量が球状黒鉛鑄鉄(FCD)と比較して約1/5と良好な耐食性を示した。

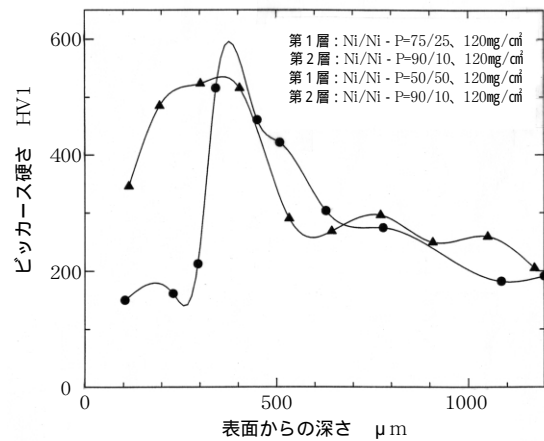


図20 被覆層の硬さ  
 Fig. 20 Hardness of coated layer

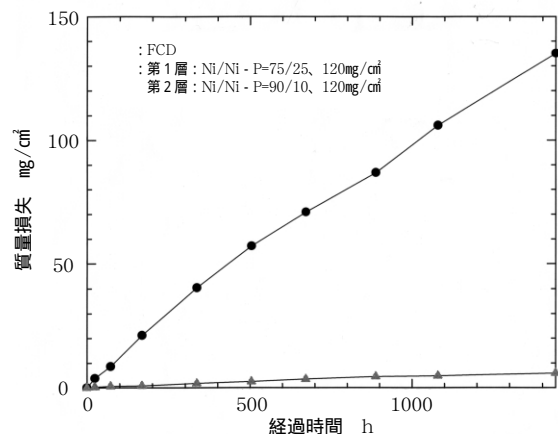


図21 塩水噴霧試験による評価  
 Fig. 21 Valuation by salt-spray corrosion test

4.3.5 被覆層の模式図

得られた被覆層の模式図を図22に示す。

Ni-Pの溶け込みの少ない場合、最表面にFeの拡散はあるものの、軟らかい約20%Ni富化層が形成された。母材との境界付近のNi濃度が4~8%となり、ニハード鋳鉄のNi組成に対応し、マルテンサイト相を生成していた。

一方、Ni-Pの溶け込みが多い場合、それに見合ってFeとCが表面まで拡散するため表面層は硬いマルテンサイト相が形成された。このように焼結助剤粉(Ni-P)の混合比を調整することで、主粉(Ni)の母材中への溶け込みを制御し、耐食性および耐摩耗性など用途に応じた被覆層の生成が可能であることがわかった。なお、薄肉鋳鉄(t10mm)は単層塗りで同様の2種類の被覆層を得ていた<sup>3)</sup>。

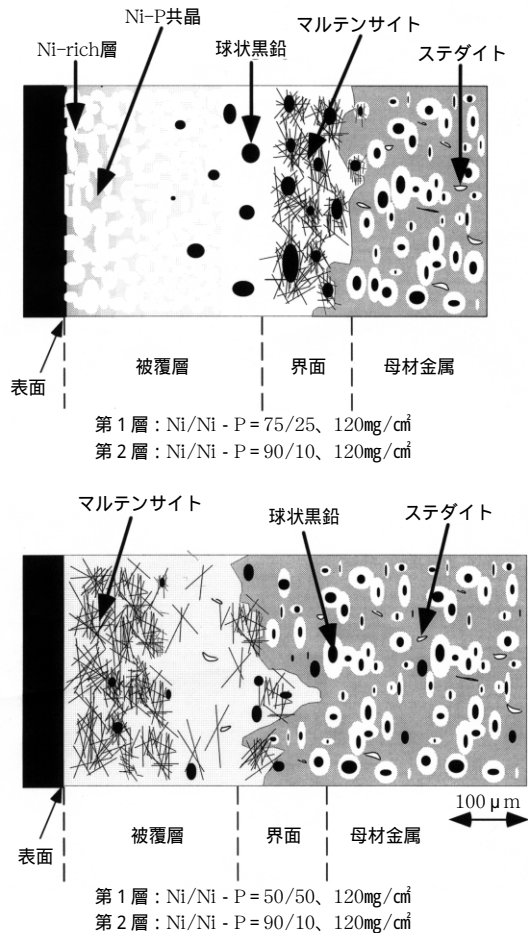


図22 被覆層の模式図

Fig. 22 Schema of coated layer

5. 結言

鋳物の表面に耐食性に優れた被覆層の形成について、主粉としてNi粉、焼結助剤粉として低融点Ni合金粉を用いて検討した結果、以下の事項がわかった。

- 1) 粉末の混合法としてMGを検討し、Ni/Ni-Pの混合粉末をMGすれば、36ksで既に均一な複合粉になっていた。
- 2) 薄肉鋳物において、MGした複合粉を用いた場合、MGなしの混合粉を使用した場合と比較して母材への溶け込みが少なくなり、その結果、Ni/Ni-P=50/50の場合、塗布量が60mg/cm<sup>2</sup>と約半分の塗布量で同じ厚さのNi富化層が得られた。この被覆層を形成したダクタイル鋳鉄鋳物は塩水噴霧試験において良好な耐食性を示した。
- 3) 厚肉鋳物の場合、熱容量を考慮し、混合比、塗布量を変えて検討した。塗布量が少ないときはほとんど溶け込んでしまい、また、多いときは焼結不足や濡れ性の悪さなどにより気孔の多い被覆層になるか、または、母材との界面にクラックが生じて接合不良になり、健全な被覆層を得ることは困難であった。そのほかに、MGした複合粉も検討したが、薄肉の場合と反対に溶け込みが多くなるなど、良好な被覆層は得にくかった。
- 4) 塗布方法について改良し、粉末組成を変えて2層塗りを行った。第1層にNi/Ni-P = 75/25、第2層にNi/Ni-P = 90/10をそれぞれ120mg/cm<sup>2</sup>塗布した場合、表面に厚さ約400μmのNi富化層が得られ塩水噴霧試験において良好な耐食性を示した。また、第1層にNi/Ni-P = 50/50、第2層にNi/Ni-P = 90/10をそれぞれ120mg/cm<sup>2</sup>塗布した場合は、最表面付近に硬さ400HV1のマルテンサイト相を生成し、湿式の摩耗試験において優れた耐摩耗性を示した。
- 5) 主粉/焼結助剤粉の組成比を変えることや塗布方法を改良することで塗布粉末層の母材への溶け込みを制御し、厚肉鋳物においても耐食性に優れた被覆層を形成させることが可能である。

参考文献

- 1) 田辺重則、中村公生、廣富嗣雄、市之瀬弘之、道浦吉貞、喜多川真好：鋳物、67(1995)、p.77
- 2) 田辺重則、中村公生、寺澤直恭、市之瀬弘之、道浦吉貞、喜多川真好：鋳造工学、68(1996)、p.113
- 3) 田辺重則、吉川公庸、新居宣宏、中村公生、道浦吉貞、喜多川真好：鋳造工学、69(1997)、p.670
- 4) S.Bemjamin：Met.Trans.、1(1970)、p.2943
- 5) 田辺重則、中村公生、道浦吉貞、喜多川真好：クリモト技報 No.37(1997.9)、p.17



執筆者

中村公生

Kimio Nakamura

平成6年入社

ダクタイトルの研究・開発に従事



喜多川 真好

Masayoshi Kitagawa

昭和42年入社

ダクタイトルの研究・開発に従事



道浦吉貞

Yoshisada Michiura

昭和58年入社

ダクタイトルの研究・開発に従事



田辺重則

Shigenori Tanabe

大阪府立大学工学部

工学博士



栗本トピックス

クリモトホームページで「研究開発センター」を紹介

当社研究開発センターは、環境、ニューインフラ、材料をキーワードとして、明日のクリモトを担う新事業の創出および新製品・新技術・新システムの開発に日々取り組んでいます。その最新情報を広く世間にPRすべく、平成13年1月4日より、クリモトホームページに「研究開発センター」の掲載を開始しました。

掲載内容は、①トピックス、②研究成果、③技術情報、④研究設備、⑤お問い合わせの計5つに分かれています。具体的内容は下記の通りです。

- ① トピックス …当社研究開発センターの最新情報をトピックスとして紹介しています。現在は、生ゴミメタン発酵処理技術についての概要、パイロットプラント(北海道北見市)の構成、本技術の特徴について説明しています。今後も内容を適宜見直し、最新の話題を提供してまいります。
- ② 研究成果 …研究開発センターから誕生した、環境、ニューインフラ、材料の各分野での研究成果を紹介。
- ③ 技術情報 …当社の技術論文集「クリモト技報」を創刊号から直近号(No.43)までを紹介、また当社の工業所有権公開情報についても、あわせて掲載しています。
- ④ 研究設備 …研究開発センターの「新素材」、「音」、「水・バイオ」に関する研究設備を紹介しています。研究開発センターでは、基礎的データの蓄積・解析を行い、お客様の中長期的なニーズに応えるべく、研究・開発を行っています。
- ⑤ お問い合わせ …お客様からのお問い合わせに対して、適確に対応するために、このコーナーを設けました。研究開発センターに寄せられる、お客様からのご意見、ご要望を大切に、お客様のニーズに基づいた研究開発を目指します。