 研 究

ディーゼル機関用予燃焼室への溶融アルミメッキの応用†

内 山 宏 治*

**Application of Hot Dip Aluminium Coating to Precombustion Chamber of Diesel Engine
Study on Application of Various Metal-Finishing Processes for Tractor Parts
Report 1.**

Hiroharu UCHIYAMA*

The precombustion chamber of diesel engine of tractor requires heat resistance like that of the hot dip aluminium coating on steel.

Though the precombustion chamber does not participate in any mechanical movement, it must stand, with its limited space, the combustion of low grade fuel containing much sulphur and other impurities, and its inside must be exposed directly to high temperature of 500~800°C.

The hot dip aluminium coating may be said to be most suitable for the above requirements. The application of the process for the precombustion chamber was investigated as follows:

A. Necessary conditions

- 1) Temperature
- 2) Ignition products of fuel
- 3) Inside surface area of precombustion chamber
- 4) Weight
- 5) Necessary mechanical properties
- 6) Surface finishing precision degree
- 7) Weldability

B. Adherence of Aluminium

After the above mentioned investigation, the process was actually applied to the mild steel and heat-resistant steel (SEH-3) precombustion chambers.

Then the engine with this chamber was run for test, the result of which was so satisfactory that the application of the hot dip aluminium coating to the mild steel precombustion chamber was recognized to be practicable.

1. 結 言

自動車工業など機械工業への溶融アルミメッキの応用は他の表面処理に比べておくれており、わが国ではほとんど実用化されていない。西独、米国などで盛んに行なわれていると伝えられる部品でも^{1) 2)} わが国では二三実験的に行なわれているにすぎない。溶融アルミニウムメッキ鋼の優れた耐熱性および耐摩耗性はもっと広く実用化されてしかるべきもので、石油化学工業用設備、熱処理関係のみにとどまらず将来はわが国でも諸外国同様デ

ディーゼル機関部品、タービン関係への大幅な進出が予想される。

筆者らはわが国でまだ行なわれていないディーゼル機関部品への応用を画し、ブルドーザー、トラクターなどの部品への各種表面処理技術の応用研究の一環として、トラクター用ディーゼル機関予燃焼室、同排気ベン、ピストンヘッド、シリンダーヘッド、排気マニホールドなどへの応用化実験に着手した。将来はその強い耐摩耗性を利して土工板エッジ、ボルトヘッドなどへの応用も、他の表面処理法と平行して検討する予定であるが、本第1報ではその中で最も応用化しやすいものとしてまず予燃焼室を選びそれにつきあくまでも試作実験的に、すなわち実用化の可能性打診の意味で検討した結果を報告する。

† トラクターへの各種表面処理の応用 (第1報)

* 小松製作所 栗津工場 (石川県小松市符津町)

Komatsu Manufacturing Co., Ltd., Awazu Plant

2. アルミニウム被覆法の選択

鋼材にアルミニウムを被覆させる方法は主要なもののみを挙げて約5種類あり、いずれも一長一短があるが作業性、コスト、耐用度などについて処理品ごとに検討してそのうちで最も適応せる方法を選択する必要がある。もちろんその評価は観点によって異なるためそれらの優劣を単純に決めるわけにはいかない。たとえば G. A. Purdyおよび P. T. Stroup らはコストについてこれらを比較しているが³⁾、筆者らは工場実験室における既存設備、資材を中心に、作業性、コスト、耐用度などを検討し、先述のディーゼル機関部品5点について検討し、いずれも高温浸セキ法が適当かつ有利と判定し、これを試みることにした。

3. ディーゼル機関部品の 溶融アルミメッキ時の問題点

つぎに溶融アルミメッキ法によりディーゼル機関部品をアルミナイズするに当って第1表の各点につきそのいずれを採るべきか決める必要がある。この各項について、たとえばディーゼル機関用予燃焼室に溶融アルミメッキを施すにはいずれの項を採り、あるいは捨てるか選択し、さらに詳細を検討すればよい。表中、*印を付した項は本報で採用したものである。

第1表 ディーゼル機関部品の溶融アルミメッキの問題点

1) 前処理関係	酸洗法 (H ₂ SO ₄ [*] , HCl, その他), 脱脂法, 表面遊離炭素量, 素材形状, 仕上程度。
2) Flux 関係	融剤の種類, 組成, 分解温度。2浴法 [*] , 1浴法の別, 水溶液, 溶融塩の別。
3) 浸セキ関係	下地被覆の有, 無 [*] 。Al 浴純度, 流動性。添加元素の種類と含有量。浸セキ温度, 時間, 引上速度。合金層の厚サ, 品物の加熱方法。スキム法の如何。
4) 用途関係	耐熱 [*] , 耐食 [*] , 耐摩耗, 光沢

第1図 トラクタ用ディーゼル機関予燃焼室 (概念図)

第2表 予燃焼室の重要諸元

圧 縮 比	17~23
容 積 比	0.35~0.55
面 積 比	0.3~0.7%
特性流速	500~600 m/s

第3表 予燃焼室の溶融アルミメッキ時の問題点
(I) 満たすべき条件

項 目	条 件
1 使用される温度	500~800°C
2 直 面 する ガス	ディーゼル機関燃焼ガス (イオウ含有量 0.1%以下)
3 容 積	50 cc
4 表 面 積	115 cm ²
5 重 量	235 g
6 所要の機械的性質	
a. 寸 法 精 度	噴孔部 ± 0.1 mm 平面部 ± 0.5 mm
b. カ タ サ	特に指定なし (H _B =140)
c. 熱膨張係数	11~12.5×10 ⁻⁶ (600°C)
d. 熱 伝 導 度	適度に良好なること SEH-3は 0.068 Cal/cm ² /sec /°C/cm at 500°C
e. 衝 撃 値	特に指定なし
7 表 面 平 滑 度	内壁のみ平滑度必要
8 光 沢	不 要
9 溶 接 性	必 要

4. 予燃焼室への溶融アルミメッキ

まず、トラクタ用ディーゼル機関の予燃焼室についてその表面処理的な解析を行なう必要がある。第1図はその概念図であり、第2表はその重要諸元である⁴⁾。これより、その耐えるべき特性につき知ることができる。

また、予燃焼室に溶融アルミメッキを施す際、その設計資料ともいうべき必要条件9点を第3表に示した。

しかし予燃焼室に実際に溶融アルミメッキを行なうには、アルミの付着量、密着性、作業性について主として第4表のような6点につき予備実験を行なって対策を検討する必要がある。

5. 所要条件に対する検討

そこで、予備実験により上記の各所要条件について検討してみた。まず第3表の満たすべき条件について考えれば①の使用温度については予燃焼温度の最高を800°Cと仮定してテストピースにより炉内加熱実験を行なってみた。その結果、後に述べるように前記予燃焼温度はアルミナイズ鋼のほぼ十分な実用限界にあると判断した。また、アルミナイズ鋼の耐熱使用限界については嵯峨氏ら⁵⁾も800°Cを指摘している。次に②については予燃焼ガス中のS含有量が問題であるが、AlはSと化合し難いのでS含有量の高いディーゼル機関燃焼ガスに対しては耐熱鋼などよりもむしろ優れた耐食性を示すことも考えられ、これらにつき検討している文献^{6) 7)}もある。

第4表 予燃焼室の溶融アルミメッキ時の問題点
(Ⅱ) アルミの付着に関する問題点

番号	項 目	備 考
1	各構成面の向きによる差異の有無	*上, 下, 外, 内
2	各曲面の曲率半径の相違による差異の有無	
3	尖端効果の有無	特に噴孔周辺
4	表面仕上がり程度の差異による付着量の差異の有無	
5	形状, 厚サの相違による熱伝パン差異と付着量	
6	熱容量 (比熱×重量) の差異	*SE-H ₂ ...25.9 SS34B...27.2

③④⑤については後記メッキ条件のような Al 量を使用すればアルミナイズに際してとくに問題となる点はない。ちなみに上田氏⁸⁾は熱容量比で 1:90~1:15 の範囲では厚サに無関係であると述べている。⑦については air の吹付けなど, 余剰 Al 除去を Al 浴より引上直後, 内壁より行なっていけば問題はなく, ⑧については問題ない。⑨は若干困難であるが耐熱鋼用溶接棒の使用により可能である。⑥の寸法精度はこの程度の所要精度であるゆえ, 事前の機械加工 (0.1mm 程度の減寸), および事後の仕上げ加工により大体解決しうる。以上の吟味により, 機械的衝撃を受けない, ただ耐熱, 耐ガス圧性だけを要求される, ディーゼル機関用予燃焼室への溶融アルミメッキの応用が比較的容易であることが判定しうる。

次に第4表の各項について考えてみる。後に述べる試作実験での観察によれば①②③⑤による顕著な差は認められない。これらについては, 詳細に検討を加えた文献は見当らぬが, アルミ浴中での被処理体の揺動, 回転およびアルミ浴のカクハンなどにより無視しうと思われ, この他, 引上げ速度, 浸セキ方法のいかに大きく作用すると思われる。筆者らの試験した予燃焼室に限ればその差異は認められない。④については通常の旋盤加工仕上げで十分である。⑥項については軟鋼の熱容量がやや大きいことがわかるが, アルミナイズに際しては両者の差は溶融アルミおよびフラックスの容量が十分に大きければ問題ない。

6. 実 験

6-1 設備および処理方式

以上の他, 製品の性質, 形状, 実験の性格, 既存設備, 経済性などを考慮した上, 各種文献などを参考として第

第5表 設備およびメッキ条件と被処理材料

項	目	摘	要									
1	6KW エレマ炉 2 基	黒鉛ルツボ No. 20 使用										
2	2 浴 方 式 採 用	Al 量 50kg										
3	Al 純 度	溶融塩フラックスおよび Al										
4	余 剰 Al の 除 去 法	99.5 %										
5	膜 厚 の 測 定	振動および Air										
6	引 上 げ 速 度	顕微鏡, 高温顕微鏡,										
7	フラックス浴組成	ケット微厚計										
		エルコメーター										
		手動。(2 ~ 4 m/sec)										
		<table><tr><td>ZnCl₂</td><td>70</td></tr><tr><td>NHCl</td><td>10</td></tr><tr><td>LiCl</td><td>10</td></tr><tr><td>Na₃AlF₆</td><td>10</td></tr></table>	ZnCl ₂	70	NHCl	10	LiCl	10	Na ₃ AlF ₆	10		
ZnCl ₂	70											
NHCl	10											
LiCl	10											
Na ₃ AlF ₆	10											
8	フラックス浴温度	360 ~ 430 °C										
9	フラックス浸セキ時間	1 ~ 5 min										
10	Al 浴 不 純 物 程 度	<table><tr><td>Si</td><td>0.3 % 以下</td></tr><tr><td>Fe</td><td>0.3 % "</td></tr><tr><td>Cu</td><td>0.05% "</td></tr><tr><td>Be</td><td>—</td></tr></table>	Si	0.3 % 以下	Fe	0.3 % "	Cu	0.05% "	Be	—		
Si	0.3 % 以下											
Fe	0.3 % "											
Cu	0.05% "											
Be	—											
11	Al 浴 温 度	800 ~ 930 °C										
12	アルミ浴浸セキ時間	5sec ~ 2min										
13	被 処 理 材 料	鋼板試験片ならびに軟鋼および耐熱鋼製予燃焼室										
14	被処理材の炭素およびケイ素含有量	<table><tr><td>材 種</td><td>C %</td><td>Si %</td></tr><tr><td>SS 34 B</td><td>0.1</td><td>0.2</td></tr><tr><td>SEH 3</td><td>0.4</td><td>2.0</td></tr></table>	材 種	C %	Si %	SS 34 B	0.1	0.2	SEH 3	0.4	2.0	
材 種	C %	Si %										
SS 34 B	0.1	0.2										
SEH 3	0.4	2.0										
15	被処理材の表面仕上げ程度	▽▽程度*										
		* J.I.S. BO 601										

5表のような設備および処理方式を採用した。

この中で特に問題となるフラックス浴については, 既に多くの特許および研究が行なわれており⁹⁾ 10) 調製の容易な加温飽和水溶液をフラックスに用いる方法もいろいろ検討されている¹¹⁾ が, たとえば ZnCl₂ 2500 g/l, NH₄Cl 350 g/l の 90°C 水溶液フラックスによっても, 若干の工夫を行なえば良好な結果が得られる。

6-2 メッキ時の問題点とその処置

予燃焼室の溶融アルミメッキ皮膜に要求される条件についてはすでに述べたとおりである。その際のおおよその問題点の吟味もすでに記した。すなわち寸法的には噴孔部および内壁など, メッキ層の厚く付いては困る部分には事前に 0.1mm 程度の減寸法を与え, また, 事後の剰余 Al 除去処置および仕上げ加工などで適切な処置をとって, 所要寸法に仕上げた。この他, 処理時の技巧として, ①付着過剰と判断した場合は, ④引上げ後空冷

前に水または微温湯中に浸セキ、冷却させて合金層の生長を抑制しそののち適当濃度の NaOH 中で余剰アルミを溶解、素地の再生をはかる。⑩ Al 浴の温度を少し上げる。⑪ フラックス浴直後、瞬時の熱湯処理を行ない、フラックス中の不溶融物を除去し、かつ乾燥を早める。などである。とくに後者は均一な表面状態の製品を連続的に得る、いわばこつともいえよう。アルミ浴のよこれについては混入量の分析および流動性の変化に注意しアルミ浴面のスキムは毎回必ずおこなった。

6-3 処理の結果および試験

上記処理方式により第1図のような軟鋼製予燃焼室に溶融アルミメッキを施した。寸法精度に合格せるものの上歩留りは80%以上であった。またテストピースについて下記各試験測定を行なった。

①耐熱試験

②高温顕微鏡による加熱拡散現象の観察および基礎的諸性質の検討

③実機関装テン後台上試験 a) 燃料消費率

b) 軸トルク

c) 排気温度

④運転試験

a) 耐久力

b) 寸法変化

c) 外観変化(耐食試験)

6-4 試験結果

6-4-1 耐熱試験

写真1は800°C、2 hr 加熱後の予燃焼室を示したもの

写真1 予燃焼室の800°C、1 hrの酸化状況

写真2 溶融アルミメッキを施した軟鋼製予燃焼室（溶接部より上部）

であり、軟鋼品が酸化崩壊してしまったのに対し、軟鋼にアルミナイズを施したものは全くなら異常を示していない。このことは20 hr 後も全く同様であった。また同一処理による軟鋼の板状試験片(30×50×3.2)の耐熱試験結果は第2図のとおりであった。

6-4-2 高温顕微鏡による観察および基礎的諸性質の検討

上記処理法により溶融アルミメッキせる軟鋼試料(6φ×20)を高温顕微鏡(ユニオン光学 HUM)によって加熱拡散現象の観察を行なった。これらについては本報の主題とやや離れるので、稿を改めて報告したい。

なお、テストピースによる機械的性質の一部を示せば次のとおりである。

素 材	合金層厚	硬度 H _B	衝 撃 値
SS 34 B	0.11 mm	331	21.0kgm/dm ²

6-4-3 機関装テン後台上性能試験

次に性能既知の機関に装テンして台上試験を行ない耐熱鋼製予燃焼室に比して性能上遜色があるか否かを試験した。写真2は装テン前の軟鋼製アルミナイズド予燃焼室である。試験は燃料消費率、軸トルク、排気温度の3項について行なった。第3図はその結果を示す。図で明らかに、本機関での燃料消費率、軸トルク、排気温度ともに耐熱鋼製予燃焼室を用いた場合と全く合致し、すなわち機関稼動中アルミナイズド被覆に全く損傷を受けないことが判断される。事実、このことは次の運転試験結果によっても明らかとなった。

第2図

第3図

写真3 118 hr稼動後の軟鋼製アルミナイズド予燃焼室（溶接部より上のみ。全く無変化）

6—4—4 運転試験

次に、実機トラクターに本予燃焼室を装着し運転試験を行なって耐久力テストを実施した。写真3は118hr稼動後の状況を示しながら変化を受けていず、燃焼ガスに対する耐食性および予燃焼温度に対する高温耐酸化性の優れていることを示している。このテストは現在もなお、継続中であり、1500 hr を目標としている。

7. 結 論

以上を総括すれば次のとおりである。

1. トラクター用部品中、予燃焼室に溶融アルミメッキを施す際の表面処理の解析を行ない、その調査経緯を述べ問題点を指摘し、応用実験の結果十分なる実用性のあることを確認した。
2. 第2報では鋳鉄ピストンヘッドを中心にさらにトラクター用部品への各種表面処理の応用に検討をひろげる予定であり、耐摩耗性を必要とする排土板、キャタピラ覆板、その他についても検討する予定である。

なお助言をいただいた大阪大学伊佐助教、研究を指示し発表を許された当社佐藤工場長、西巻検査部長に感謝する。
(1959. 3. 12 受 理)

文 献

- 1) R. F. Thomson, S. A. E. Journal, **8**, 54 (1955)
- 2) C. H. Allen, Corrosion, **12**, 55 (1956)
- 3) P. T. Stroup & G. A. Purdy, Metal Progress, **57**, 59, 105 (1950)
- 4) 磯貝 誠, ディーゼル機関 (II) p. 105 (1956—山海堂刊)
- 5) 嵯峨, 金属, **24**, 884 (1954)
- 6) 多賀谷, 伊佐, 金属, **26**, 201 (1956)
- 7) 片岡, 熱管理, **8**, 20 (1956)
- 8) 上田, 本誌, **9**, 52 (1958)
- 9) 大西, 土井, 金属, **27**, 815 (1957)
- 10) 大野, 本誌, **16**, 43 (1959)
- 11) 多賀谷, 伊佐, 金属, **25**, 747 (1955)

アルミニウムへの電着における各種前処理法の検討

岸 松 平*

Study of Various Pretreatment for Plating on Aluminium

Matsuhei KISHI*

A few well known methods of pretreatment for electro-plating on aluminium, are studied. The results are as follows:

- i) The best adhesive property of electro-deposit is obtained by the pretreatment in the nickel chloride bath, but the plated surface is slightly rough.
- ii) The electron microscopic observation of the chemically treated surface revealed that the wavy structure is produced by zincate immersion, cleavage like structure by nickel chloride immersion and granular structure by other treatments. The deposit of granular structure is generally less adhesive.
- iii) The adhesive property does not always depend on the electrode potential.

1. 緒 言

アルミニウムへの電着に際して、前処理の重要なことはここに述べるまでもなく、これに関する多くの研究が行なわれた。初期における前処理法は、主として化学的エッチング^{1) 2) 3)}、あるいはこれとサンドブラストを併用⁴⁾する方法が推奨されていた。その後化学的エッチン

グと同時に重金属を沈着させる法^{5) 6) 7) 8) 9) 10)}、陽極酸化法^{11) 12) 13) 14)}および石英末などの混合物をフキ付けする方法¹⁵⁾などが推奨されて今日に至っている。これらの前処理法を検討することは、その特質を明らかにすると同時に、それぞれの密着性への共通点を見いだすためにも意義あることである。ここでは主として化学的前処理に関するいくつかの方法を選定して検討を行なった。

2. 実 験 方 法

* 工業技術院機械試験所 (東京都杉並区住吉町)
The Government Mechanical Laboratory