

ステンレス鋼の粉末切断に関する研究(第3報)
 —鉄メッキステンレス鋼の高温酸化反応—

大阪大学溶接工学研究所

岡本 郁 男
 ○ 大森 明
 竹内 英 世

1 緒言

前報までに⁽¹⁾⁽²⁾ステンレス鋼の鉄粉末切断における切断速度はルーズカット現象に支配され、切断酸素圧、鋼中のCr濃度、供給鉄粉末量に大きく影響されることを示した。良好な切断面には約200μの脱Cr層が存在し、ルーズカット現象が生じ易い切断条件では、脱Cr層は薄く表面のCr濃度は母材濃度とほぼ同じであった。

本研究では、ステンレス鋼の鉄粉末切断に及ぼす鉄粉末の影響を検討するため、ステンレス鋼及び表面に鉄メッキを施したステンレス鋼(鉄粉末の切断面への付着状態を鉄メッキされた状態と考へ)の酸素気中での高温酸化実験を行なった。

2 供試材及び実験方法

供試材及び化学組成をTable 1に示す。各試片は400番のシリコン研磨紙により表面を平滑にし、寸法は12×12×10 mmとした。アームコ鉄はステンレス表面の鉄メッキに用い、メッキ液及びメッキ条件をTable 2に示す。Fig. 1にメッキ時間と鉄メッキ層の厚さ(重量)の関係を示す。高温酸化実験に使用した装置の概略図をFig.

Table 1 供試材の種類と化学組成

Material	Chemical composition(wt%)						
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
SS 41	0.13	0.24	0.66	0.016	0.011	—	—
SUS 304	0.06	0.55	0.94	0.025	0.010	8.99	18.38
SUS 405	0.06	0.52	0.43	0.020	0.013	0.27	13.40
SUS 310S	0.07	1.17	1.47	0.028	0.012	19.56	25.40
Araco Fe	0.013	0.02	0.29	0.025	0.004	—	—

Table 2 メッキ液の組成とメッキ条件

Composition	Concentration in water (g/liter)
FeCl ₂	300
CaCl ₂	340
pH	0.6 ~ 2.0
Temperature (°C)	90
Current density (A/dm ²)	39

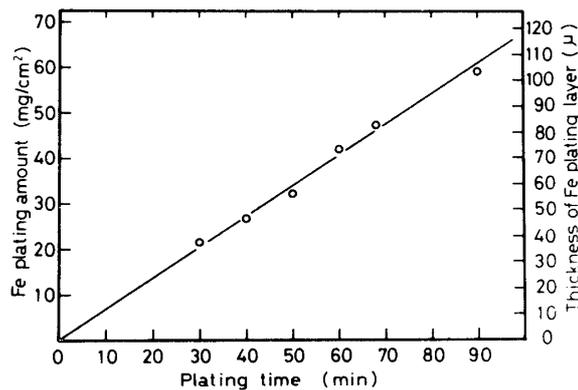


Fig. 1 メッキ時間とメッキ厚さの関係

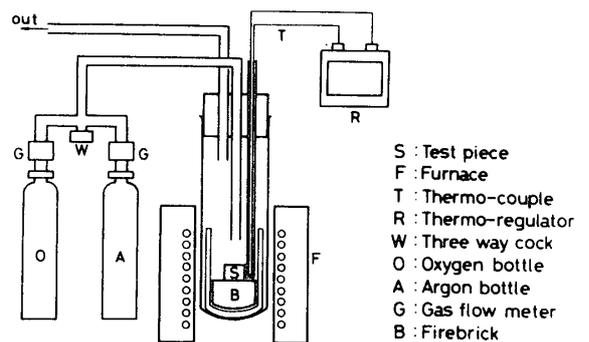


Fig. 2 高温酸化実験装置の概略図

2に示す。図のように試験片を静置し、A₁で管内のガスを置換し所定温度に達した後、一定時間酸素(3.1ℓ/min)を流し、温度と酸化前後の重量変化を求め酸化実験を行なう。酸化後の試験片断面をSEM及びEPMAにより分析し、酸化物層及び母材の元素分布状態を明らかにした。

3 実験結果と考察

3.1 ステンレス鋼の高温酸化実験

各種ステンレス鋼の酸素気流中での高温酸化による酸化増量(ΔW)対(時間)^{1/2}の関係をFig.3に示す。図から酸化速度は鋼中のCr濃度の増大とともに低下し、放物線則に従っており、酸化反応は拡散律速型である。酸化物層の形体は酸化温度、Cr濃度により異なっており、鋼中のCr濃度の増加につれて Cr_2O_3 層及びCr濃度の高いスピネル型酸化物層が形成され、耐酸化性が増し切断に大きく影響すると考えられる。

3.2 鉄メッキステンレス鋼の高温酸化実験

SUS304鋼の表面に鉄メッキを施した試験片を1140°Cで90秒間酸化実験を行ない、 ΔW とメッキ重量(F_{ep})の関係をFig.4に示す。図から、 $F_{ep} \leq 47.2 \text{ mg/cm}^2$ では酸化増量は F_{ep} に比例して増加する。 $F_{ep} \geq 49.1 \text{ mg/cm}^2$ では、酸化増量は急激に大きくなっている。鉄メッキ量が 47.2 mg/cm^2 以下では、増量はメッキ鉄の酸化によっており、 $Fe + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow FeO$ を用いメッキ層が全て酸化されたと計算すると同図の実線のごとくである。実線からの酸化増量の大きなずれは、母材Crの選択的酸化と考えられ、酸化増量が急激な場合には脱Cr層が認められた。酸化実験中の試片の温度上昇(ΔT)をFig.5に一例を示す。

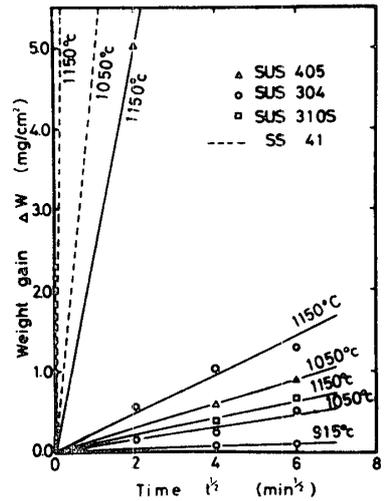


Fig.3 各種ステンレス鋼の酸化速度

図から、 $F_{ep} = 47.2 \text{ mg/cm}^2$ では $\Delta T \approx 20^\circ\text{C}$ 、 $F_{ep} = 52.8 \text{ mg/cm}^2$ では 1600°C 以上になっていると思われる。

ΔT とメッキ量及び鋼材の種類との関係をFig.6に示す。 ΔT が直線から大きくずれる現象を発火と呼ぶ。発火が生じるメッキ量は鋼材の種類により異なり、Cr濃度が高いほどメッキ量は少なくなっている。発火現象は鋼の融点下 $50 \sim 100^\circ\text{C}$ から生じているので、結晶粒界が崩壊し、Crの拡散が異常に促進されたと考えられる。Fig.5の $F_{ep} = 52.8 \text{ mg/cm}^2$ の場合、試片の上のみ反応したとすると、計算では $\Delta T \approx 63^\circ\text{C}$ 、5面とすると、 $\Delta T \approx 337^\circ\text{C}$ 、図では約 1340°C ($\Delta T \approx 198^\circ\text{C}$)で、兩者の中間である。従って粒界の崩壊と同時に試料も溶融し、Crの酸化メッキ鉄層への拡散並みに酸化反応が更に促進されたと考えられる。

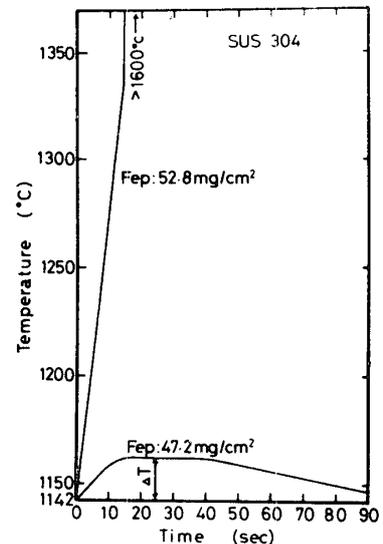


Fig.5 鉄メッキステンレス鋼の酸化による試片の温度上昇

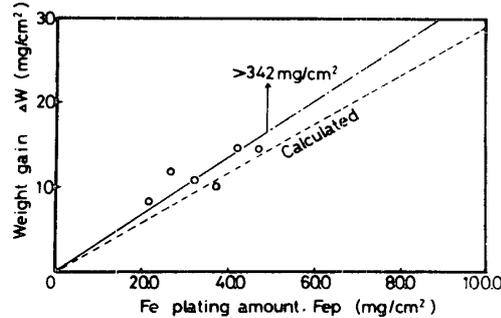


Fig.4 鉄メッキSUS304鋼の酸化増量に及ぼすメッキ量の影響

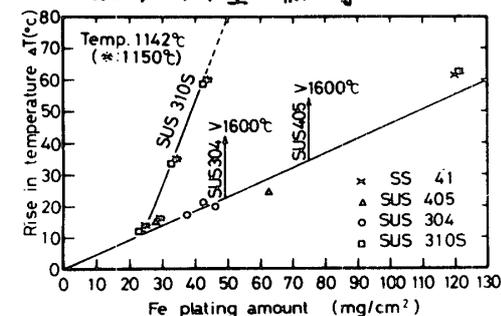


Fig.6 酸化による温度上昇(ΔT)に及ぼすメッキ量の影響

発火現象は鋼の融点下 $50 \sim 100^\circ\text{C}$ から生じているので、結晶粒界が崩壊し、Crの拡散が異常に促進されたと考えられる。Fig.5の $F_{ep} = 52.8 \text{ mg/cm}^2$ の場合、試片の上のみ反応したとすると、計算では $\Delta T \approx 63^\circ\text{C}$ 、5面とすると、 $\Delta T \approx 337^\circ\text{C}$ 、図では約 1340°C ($\Delta T \approx 198^\circ\text{C}$)で、兩者の中間である。従って粒界の崩壊と同時に試料も溶融し、Crの酸化メッキ鉄層への拡散並みに酸化反応が更に促進されたと考えられる。

- 1) 本会講演予稿集, 20集, P.326~327
- 2) 本会講演予稿集, 21集, P.404~405