

用語解説(30)

『超高真空材料 (1)』

磁気シールド材料 (Magnetic Shielding Materials)

真空技術の応用分野のうち電子ビームを用いて検査・分析・加工などを行う機器に、SEM, EPMA, オージェ電子分析装置や電子ビーム露光装置がある。これらの機器は外部のじょう乱磁界(地磁気・永久磁石・電磁石・送配電線などの漏洩磁界等)により電子ビームのゆらぎが起るため性能が劣化する。この対策としては磁気シールドが必要であり、この用途に使用される材料を磁気シールド材料と呼ぶ。

磁気シールドにはいくつかの方法があるが、性能・コスト・メンテナンスの点で、高透磁率材料を用いるのが一般的である。この方法の原理は磁気シールドしたい対象を高透磁率材料で囲むことにより外部の磁力線を磁気抵抗の低い(真空の $10^{-4} \sim 10^{-6}$) 高透磁率材料に沿って優先的に流すことにより、本材料で囲まれた空間を外部より十分に小さい磁界にすることである。

シールドされた空間内の磁界を H_i 、外部の磁界を H_o とすると、シールド率 S は $S = H_o/H_i$ で定義され、 S は材料の比透磁率 (μ)、板厚 (t) および形状によって決まる。シールド体の半径を r とすると、球殻では $S = 1 + 2/3 \cdot \mu t/r$ 、無限長円筒では $S = 1 + 1/2 \cdot \mu t/r$ で与えられる。すなわち磁気シールドには μ の高い材料が必要である。高 μ 材料としては PC 級パーマロイ (79 Ni-Fe 系) が著名であり、Mumetal や Superalloy などが該当し、 μ_i (初透磁率) $= 5 \times 10^4 \sim 5 \times 10^5$ 、 μ_m (最大透磁率) $= 10^5 \sim 10^6$ 程度である。シールド効果としてはシールド体の厚さを増すよりは薄肉で多層にした方が良く、経済的に有利な場合が多い。しかし高 μ 材料による磁気シールドは前式で分るように、内部磁界を零にすることはできない。零にするためには超電導材料による完全反磁性(マイスナー効果)を利用する必要がある。

また高周波磁界のシールドも含めて行う場合には、導電性の良い銅板やアルミ板を合せて用いることが必要である。導電性の良い材料は高周波磁界に対し、面内で発生するうず電流によりシールドがほぼ完全に行える。

(NKK・那波泰行)

- 1) 清野和男: "磁気シールド", 第8回武井セミナー。

ステンレス鋼 (Stainless Steel)

ステンレス鋼は接合やシールドが容易にでき、更に強度が高く成形性が優れているため、超高真空容器の製作に最も一般的に使用される。主に用いられるのは SUS 304, 316 に代表される 18Cr 8Ni 系のオーステナイトステンレス鋼である。一般に鋼種や表面洗浄法によっては放出ガス速度に大きな差はせず、放出ガス低減に最も効果

があるのはベーキング条件及びベーキング履歴である。

一般にベーキング温度は吸着ガスの脱離速度や固体内の拡散速度が温度の逆数と指数関数的な関係にあるため、脱ガスという点からは高いほど良い。また繰り返し大気開放とベーキングを施すと安定して放出ガス速度の低い状態が得られる。この場合履歴としてのベーキングの効果は、ガス分子の吸着・脱離特性に強く影響するステンレス鋼の表面酸化層の安定化にある。こうした状態におけるステンレス鋼の放出ガス速度を、これまで履歴としてうけたベーキングの最高温度の関数として Fig. 1 に整理して示す¹⁾。表面酸化層は Cr_2O_3 を主体とし、少量の Fe 酸化物が混在した状態と推定されるが、今後さらに低放出ガス化するためにはその詳細な解明が望まれる。

(日立機械研・石川雄一)

- 1) 石川雄一, 尾高憲二, 上田新次郎, 蒲原秀明: 真空 32, 444 (1989)。

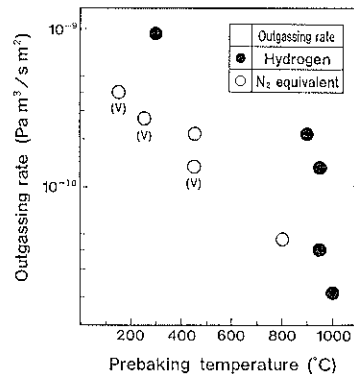


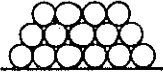
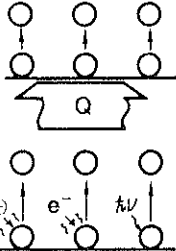
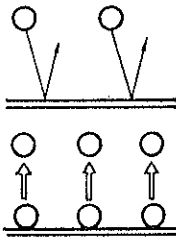
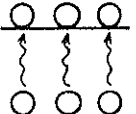
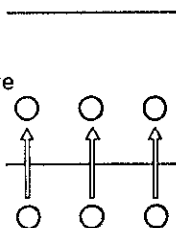
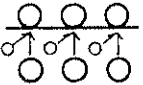
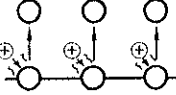

Fig. 1 Outgassing rate vs. prebaking temperature.

表面清浄化処理 (Surface Cleaning)

超高真空下では表面に吸着したガス、材料内部に溶存したガス、そして不純物の拡散放出により表面で形成されたガスが主要放出ガス源となる。

Table 1 に放出ガス源別に放出ガス低減策としてとられる表面清浄化処理法をまとめて示す¹⁾。1. (1) の励起脱離はエネルギーを与えて表面に吸着しているガスを追い出す方法である。(a) は熱エネルギーで脱離させるもので、ベーキングがその代表的なものである。エネルギーを荷電粒子の形で与え、衝撃脱離させる方法が (b) に示す粒子励起脱離で、よく知られているものに放電洗浄がある。一方 1. (2) に示す表面不活性化は表面への吸着を制御する方法で、(c) のように表面を改質しガスの吸着量を少なくするものと、(d) のように表面層を活性ガスとの反応や放電洗浄によりクリーン化し、吸着量を減らすものがある。ステンレス鋼では BN 被膜の表面析出、アルミニウム合金では酸化皮膜による制御が試みられている。またクリーン化の試みとしてはステンレス鋼のベーキング中の NO による酸化や放電洗浄が行なわれている。次に内部からのガスの拡散に基づく放出ガスを低減する方法を 2. (e) と (f) に示す。材料を真空中で溶解、または予め高温でベーキングしガスの拡散放出

Table 1 Surface cleaning to reduce outgassing in UHV.

Outgassing source	Outgassing reduction measures		
<p>1. Adsorbed gases adsorption during air exposure</p> 	<p>(1) Stimulated desorption</p>	<p>(a) Thermally stimulated • Baking</p> <p>(b) Particle stimulated • Ion (discharge cleaning.) • Electron • UV</p>	
	<p>(2) Reduction of adsorption sites</p>	<p>(c) Surface modification • Precipitation and segregation • Coating</p> <p>(d) Surface cleaning • Discharge cleaning • Reaction</p>	
<p>2. Dissolved gases diffusive outgassing</p> 	<p>Reduction of dissolved gases and impurities</p>	<p>(e) Vacuum melting</p> <p>(f) High temperature prebaking</p>	
<p>3. Surface impurities diffusive outgassing</p> 	<p>(1) Reduction of impurities</p>	<p>(g) Surface cleaning • Discharge cleaning</p>	
	<p>(2) Diffusion barrier</p>	<p>(h) Surface modification • Surface reaction • Surface coating</p>	

を促進し溶存量を減少させるものである。3. は表面近傍にある不純物、特に炭素が拡散し表面で酸素と結合し、ガスとして放出される場合で、(h)に示すような表面改質による拡散バリアーの形成、(g)に示す表面層のクリーン化による不純物量の低減が有効である。ステン

レス鋼では表面酸化によるバリアーの形成、活性ガスを用いた放電洗浄によるクリーン化がよく知られている。
(日立機械研・石川雄一)

1) 石川雄一, 尾高憲二, 上田新次郎, 蒲原秀明: 真空 32, 444 (1989).