

## めっきを省略した携帯電話用振動子

Weights of Vibration Motors for Cellular Phones  
Made of Corrosion Resistant Tungsten Heavy Alloys

## 1. はじめに

携帯電話には、振動で着信を知らせる振動発生装置が装着されており、マナーモードなどに使用されている。この振動発生装置には、Photo 1 に示すように、直径4～6mm、全長10～20mm程度の大きさの、円筒形のマイクロモータの先に分銅とよばれている半円状の振動子を取り付けられている。その振動子が10000rpm程度で回転することにより、服のポケット内の携帯電話からでも着信を知らせることができるほどの大きな振動を発生させることができる。小さなモータで大きな振動を発生させることができるように、この振動子にはヘビーメタル(heavy alloys または heavy metals)とよばれている密度の高いW合金が採用されている。

JFE精密は、高延性と高耐食性を有する成分を独自に開発し、さらに高寸法精度の成形技術を組み合わせることにより、高品質な振動子を生産している。本稿は、この振動子の概要を紹介する。

## 2. ヘビーメタルとは

ヘビーメタルとよばれているW合金は、粉末冶金法により作られる。すなわち、W粉末にNi粉末とCu粉末、またはNi粉末とFe粉末を混合し、これらの混合粉末を金型に充填して成形し、粉末に添加されるワックスや潤滑剤を脱脂除去後、1350～1550°C程度の温度で焼結して合金化させる。成分の一部に液相を発生させながら焼結すること



Photo 1 Vibration motors for cellular phones

により、Wを数ミクロンの粉末から数十ミクロンの大きさ程度まで粒成長させながら空隙を消滅させ、理論密度にまで真密度化させる。この焼結方法はヘビーアロイメカニズムとよばれている。Photo 2 に断面組織の例を示す。

ヘビーメタルは密度が鉛より重く、剛性、強度が高いことから、放射線遮蔽、カウンターウェイトなどに古くから利用されてきた材料である。

Table 1 に JFE 精密の W 合金の種類と主な材料特性を示す。特長は、お客様のニーズ、用途に応じて最適合金成分の設計を行い、幅広い用途に対応した商品を提供していることにある。

振動子には、Table 1 に示した NW-12 耐食材から NW-18 耐食材までの材料が従来お客様の要望により適用されてきたが、現在は一番比重の高い NW-18 耐食材の採用が主流になっている。

なお、NW-12 耐食材～NW-14 耐食材は W と銅合金を混合し、ヘビーアロイメカニズムとは異なる独特の方法で焼結した合金である。

## 3. 振動子に要求される製品仕様

振動子には、密度が高く、耐食性があり、モータの回転軸に加締めて取り付けることができるように延性のある材料が必要である。また、狭い空間で安定した高回転ができるような高い寸法精度と、振動量が各モータによって差が出ないように振動子の重量が一定であることが要求される。

耐食性としては、通常 MIL 規格(MIL-STD-883C)に準拠した湿潤試験(温度:85°C、湿度:90%、時間:48h など)および JIS 規格(JIS-Z-2371)に準拠した塩水噴霧試験(48h)で錆が発生しないことが要求されている。ヘビーメタルの

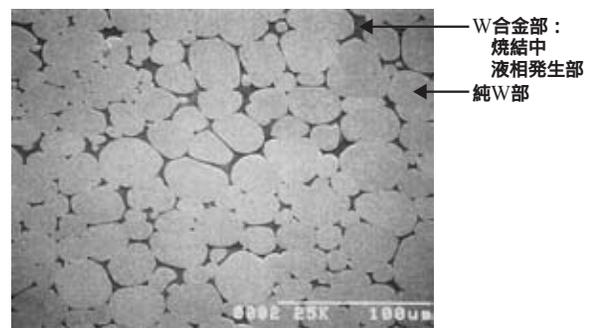


Photo 2 Microstructure of a tungsten heavy alloy

Table 1 Composition and properties of tungsten heavy alloys

材料名	化学成分 (%)			密度 (g/cm <sup>3</sup> )	硬さ, $H_{RA}$	引張強さ (MPa)	引張伸び (%)
	W	Ni	Fe, Cu, Co, Mo				
NW-12耐食	65	特許第3537874号*		11.5	—	—	—
NW-13耐食	75			12.5	—	—	—
NW-14耐食	90			14.5	—	—	—
NW-16耐食	85	特許第3212225号**		16.5	55~65	390~ 880	1~35
NW-17耐食	90			17.5	56~69	490~1 180	1~33
NW-18耐食	95			18.3	61~64	390~ 930	1~25
NW-16延性	85	-Ni-Fe系		16.2	—	870~ 910	39~47
NW-17延性	90	-Ni-Fe系		17.1	—	890~ 920	36~45
NW-18延性	93	-Ni-Fe系		17.7	—	910~ 940	33~40
NW-16被削	85	-Ni-Cu-Fe系		16.2	260 (Hv)	—	—
NW-18被削	95	-Ni-Cu-Fe系		18.1	350 (Hv)	—	—

\* エヌケーケー精密. 慣性体用焼結体. 2004.

\*\* エヌケーケー精密. 小型振動発生装置用振動子. 2001.

一般的な成分では耐食性が悪いため、無電解 Ni めっきによる防錆処理が振動子には必要である。

JFE 精密の最大の特長は、延性を保持し高い耐食性を有する合金を独自の成分設計により開発し、Ni めっきを省略した振動子を商品化したことである。

特に近年、東南アジア、インドでの携帯電話の普及にとともに、より高温多湿環境下での使用に耐えうる耐食性が必要になってきた。そのため、世界最大手の携帯電話メーカーである Nokia Corp. は、2002 年独自に 1 000 h の湿潤環境試験基準 (25°C × 12 h-湿度: 95% + 55°C × 12 h-湿度: 95% の各サイクルを繰り返し合計 1 000 h) を設定した。JFE 精密の振動子は、その 2002 年の製品試験でその基準に唯一合格した。

## 4. JFE 精密製振動子の特長

### 4.1 耐食性成分

最も一般的に使用されているヘビーメタルの成分は、95 mass % W-3 mass % Ni-2 mass % Cu などの W-Ni-Cu 系である。この成分系の場合、湿潤環境下では Cu が W の酸化または水酸化を促進し、W 部が錆びて大きく膨張する。振動モータは携帯電話の狭いスペースの中に装着されるため、Ni めっき不良などにより振動子の錆が成長すると、振動子が膨らみ取り付けスペースの外側に当たってモータが回転できなくなる可能性がある。また、W の錆は水溶性であるため、タール状の液体となり振動モータのベアリング部などへ浸入し、モータが回転できなくなる可能性もある。そのため W-Ni-Cu 系の成分は振動子の用途としては不向きである。

他に一般的に使用されているヘビーメタルの成分として W-Ni-Fe 系がある。W-Ni-Cu 系より延性があり、振動子の用途に適しているが、湿潤環境下では W などが配合中の

Fe の錆を促進し、いわゆる赤錆を発生させてしまう。振動子から脱落した赤錆が、振動モータほか携帯電話機内の電子機器、電子回路などを汚染して携帯電話の故障の原因となる可能性があるため、W-Ni-Fe 系も Ni めっきが必要である。

JFE 精密は、延性を有し、しかも湿潤環境下で錆を発生させないように耐食性を付与した合金成分を開発した。すなわち、ヘビーメタルの場合、延性を得るためには Fe を添加することが最も効果的であるが、耐食性の面では Fe による赤錆の発生が問題となる。この赤錆の発生は配合成分間の電食により生じるため、開発した材料は Fe を添加するものの各配合成分量を工夫して、この赤錆の発生を抑えることに成功したものである。Ni めっき品は、振動子をモータの回転軸へ加締めて固定する部分で、塑性変形によるめっき剥離の問題がある。また、W 上に無電解 Ni めっきを行う場合、原理的に直接めっきを成長させることができず、Pd などを触媒として Ni を成長させるため、完璧なめっきを行うことは容易ではない。そのため、従来の耐食性仕様 (80°C, 90%, 48 h など) では、問題とならなかっためっき品も 1 000 h などの長時間の湿潤環境下では、微細に剥離した部分からの錆の成長も問題となってしまう。JFE 精密の開発した振動子は、錆の発生を抑えることができる合金であるため、長時間の湿潤環境下でも変化が見られず、Nokia Corp. の新基準にも耐えることが可能である。

### 4.2 簡略な製造工程

振動子には、狭い空間で安定した高回転ができるような寸法精度と重量精度が必要である。特に **Photo 3** に示す振動子のように、モータの回転軸に取り付けられる部分とその外側の円弧の部分がそれぞれ厚さが異なる、段差のついた形状の場合でも、JFE 精密は穴あけ加工や、サイジングなどの矯正工程を付け加えることなく成形方法を工夫する

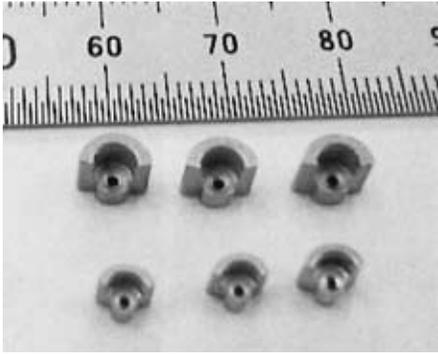


Photo 3 Appearances of weights for vibration motors

ことにより、成形-焼結のみの単純な工程で、Niめっきを

省略した振動子を量産している。

## 5. まとめ

JFE 精密は、振動によって携帯電話の着信を知らせる振動子を生産している。JFE 精密の特長は、Niめっきを省略可能にした耐食性と延性を有する独自開発の W 合金を成形、焼結するだけのシンプルな工程で生産していることである。

<問い合わせ先>

JFE 精密 商品開発室 TEL: 025-270-7228