

# 電磁ステンレス鋼QMRシリーズ

## 1. はじめに

ここ十年来、各種制御機器は、電子機器の発達に伴いメカトロニクス化の動きが進んできている。その動きの中で、より進んだ制御や自動化のため制御機器は大きく変わってきており、その中でも特に重要な位置を占める軟質磁性材料に対して個々の用途に適した特性を備えた材料が求められている。

当社では、このようなメカトロニクス化社会のニーズに応えるべくそのニーズに適合する材料の開発を進めており、これまでに電磁ステンレス鋼QMRシリーズを開発、商品化し、市場で好評を得ている。当社の電磁ステンレス鋼QMRシリーズは、用途にあわせた電磁気特性、耐食性および硬さをバランスよく兼ね備えるように成分設計された、新しいFe-Cr-Si-Al-Pb系の快削電磁材料である。電磁ステンレス鋼QMRシリーズの概念図を図1に示す。

本稿では、電磁ステンレス鋼QMR1L、QMR2L、QMR3LおよびQMR5Lについて、電磁気特性、耐食性、加工性等の特徴およびその主な用途について紹介する。

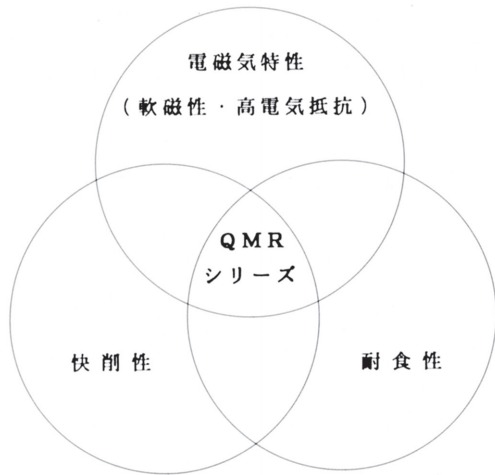


図1 QMRシリーズの概念図

## 2. 特徴

従来の電磁弁では、軟質磁性鉄芯材料として電磁軟鉄、Fe-Si鋼およびFe-Si-Al鋼などが使用されてきた。これらの材料は磁気特性にすぐれてはいるものの、いずれも錆びやすく、また削りにくいという問題点があった。QMRシリーズはFe-Cr-Si-Al-Pb、あるいはFe-Cr-Al-Pbを主成分にしており、電磁気特性を損なうことなく耐食性お

よび快削性を付与させるという考えをもとに開発した材料である。つまり、図1に示す電磁気特性、耐食性および快削性の3つの性質を兼ね備えた材料である。各鋼種の主要成分と主な特徴を表1に示す。

表1 各鋼種の主要成分と特徴

鋼種	主要成分 (mass%)	軟磁性	消費電力	耐食性	切削性	冷間鍛造性
QMR1L	Fe-7Cr-2.0Si-0.6Al-Pb	◎	○	☆	○	-
QMR2L	Fe-10Cr-1.2Al-Pb	◎	○	○	☆	◎
QMR3L	Fe-13Cr-0.3Si-1.0Al-Pb	○	○	◎	○	○
QMR5L	Fe-15Cr-1.5Si-1.0Al-0.3Mo-Pb	○	◎	◎	○	-

(◎秀 (特にすぐれている)、○優 (すぐれている)、☆良)

### 電磁気特性

QMRシリーズの基本特性を表2に示す。いずれも良好な軟磁性と高い固有抵抗(0.73~0.99  $\mu\Omega\cdot m$ )を有しており、直流用途だけでなく交流用途においても低消費電力で応答性の良い作動が可能である。

表2 基本特性 (代表値)

鋼種	磁束密度(T)			保磁力 (A/m)	固有抵抗 ( $\mu\Omega\cdot m$ )	硬さ (HRB)
	B <sub>2</sub>	B <sub>s</sub>	B <sub>2s</sub>			
QMR1L	0.68	1.21	1.41	111	0.85	85
QMR2L	0.98	1.19	1.39	71.6	0.73	60
QMR3L	0.80	1.05	1.26	75.6	0.81	73
QMR5L	0.64	0.98	1.21	95.5	0.99	88

※ B<sub>2</sub>、B<sub>s</sub>及びB<sub>2s</sub>は、それぞれ磁界の強さ159.2A/m(20e)、398A/m(50e)及び1990A/m(250e)における磁束密度を示す。

### 耐食性

QMR1L、QMR2L、QMR3L、QMR5Lの順にCrの含有量が高くなっており、より厳しい環境にも対応できるような耐食性を高めている。QMRシリーズの耐食性を表3に示す。

表3 耐食性 (腐食減量 g/m<sup>2</sup>・h)

鋼種	水	5%NaCl		5%HCl	5%H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5%HNO <sub>3</sub>
	50°C48h	25°C24h	60°C24h	25°C 24h 2回		
QMR1L	0	0.08	-	2.8	25	37
QMR2L	0	0.04	0.13	2.5	8.5	0.77
QMR3L	0	0.02	0.05	2.0	5.3	0.16
QMR5L	0	<0.02	<0.02	2.0	3.7	<0.02
Fe-3Si-2Al	0.21	0.11	-	25.8	43	149
SUS403	0	0.02	0.18	9.3	103	12

### 切削性

QMRシリーズは、いずれもPbを添加した快削鋼のため切削性は良好である。一例としてドリル穿孔性試験の結果を図2に示す。深さ10mmの穿孔時間で比較すると、従来の

電磁軟鉄やFe-3%Siの半分程度の所要時間で穿孔可能である。

鋼種	深さ10mm穿孔所要時間(sec.)		
	10	20	30
電磁軟鉄	~15	~25	~35
Fe-3%Si	~15	~25	~35
QMR1L	~10	~15	~20
QMR2L	~10	~15	~20
QMR3L	~10	~15	~20
QMR5L	~10	~15	~20

図2 QMRシリーズと従来材のドリル穿孔性  
(工具:SKH51  $\phi$ 5mm, 推力:367.7N、回転数:915rpm)

以下に鋼種別に個別の特徴を簡単に述べる。

### 2.1 QMR1L

QMR1Lは、油圧電磁弁などの用途向けに開発した鋼種で、7%のCrの添加により、油中あるいは軽い湿潤環境で使用できる耐食性を有した材料である。

QMRシリーズの中で最も高い磁束密度を有しており強い吸引力が期待できる。

表2に示すように焼きなまし硬さ(HRB)が85と、高い硬度をもった鋼種である。

QMR1Lの使用用途の一例として、電磁弁の構造を図3に示す。

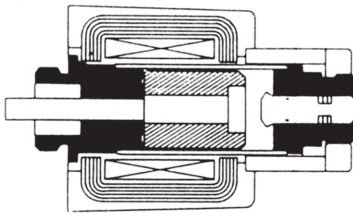


図3 電磁弁の構造

### 2.2 QMR2L、QMR3L

電磁弁や自動車の電子式燃料噴射装置などの鉄芯では、部品製造過程におけるコストダウンや歩留まり向上のため、冷間鍛造により部品加工を行う場合が少なくない。この冷間鍛造という加工にポイントをおき、より過酷な冷間鍛造に対応できる材料として開発したのがQMR2LとQMR3Lである。

表2に示すように焼きなまし硬さ60~73HRBと、硬さを低く抑えており、冷間鍛造性にすぐれている。QMR2LとQMR3Lの焼きなまし状態での変形抵抗を図4に示す。SCR420と比較してQMR2L、QMR3Lは、いずれも良好な変形抵抗を示している。QMR2Lは、特に複雑形状の部品における過酷な冷間鍛造に適した鋼種である。

QMR2LはCr含有量が10%であるが、不純物元素含有量を極めて低く抑えているために、13%Cr鋼なみの耐食性を有している。QMR3Lは従来の13%Cr鋼以上の耐食性を有し、主として各種流体(ガス、水、蒸気、油など)の制御機器の鉄芯材料に適している。

QMR2L、QMR3Lの使用用途の一例として、燃料噴射装置のインジェクタの構造を図5に示す。

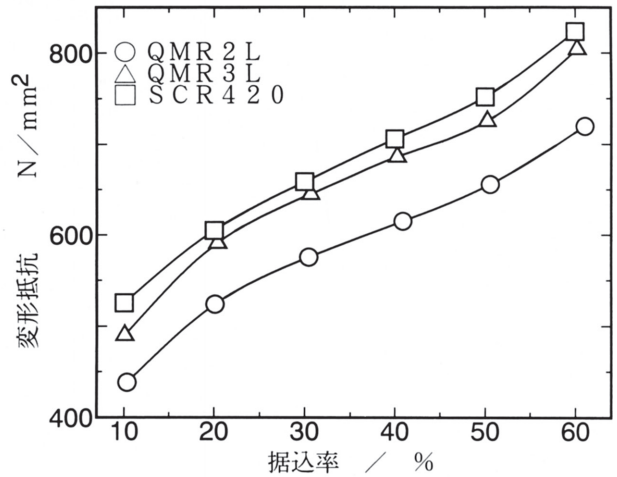


図4 焼きなまし状態の変形抵抗

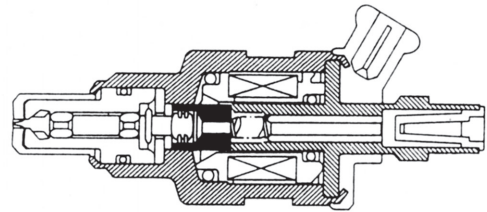


図5 インジェクタの構造

### 2.3 QMR5L

QMR5Lは、より耐食性の要求される用途向けに開発した鋼種で、Cr含有量は15%である。耐食性はQMRシリーズの中で最もすぐれており、水、蒸気、空気および各種ガスなどの流体制御用に用いる、汎用タイプの電磁弁に適している。

表2に示すように焼きなまし硬さ88HRBと、高い硬度を有している。

良好な磁気特性をもっていながら、 $0.99\mu\Omega\cdot m$ とQMRシリーズの中でも最も高い固有抵抗をもった鋼種であり、交流用途においても低消費電力で応答性の良い作動を可能にする。

## 3. 用途使用例

QMRシリーズの主な用途使用例を表4に示す。

表4 用途使用例

鋼種	用途
QMR1L	電磁弁鉄芯、交流ソレノイド(油圧電磁弁)など
QMR2L	電磁弁鉄芯、燃料噴射装置、各種アクチュエータ・センサーなど
QMR3L	電磁弁鉄芯、燃料噴射装置、各種アクチュエータ・センサーなど
QMR5L	電磁弁鉄芯、各種アクチュエータ、センサーなど