

1 真空チェンバの透磁率について (21,Nov.2006 Y. Arimoto)

真空チェンバの板材はSUS304である。SUSは若干透磁率を持つ。この透磁率がビーム軌道上の磁場へ及ぼす影響を見積った。添付資料(ステンレス協会のweb pageからダウンロードしたもの)によると冷間加工率が0の時比透磁率は $\mu_r=1.004$ である。チェンバの肉厚を10mm, ハーフギャップを185mmとすると、

$$B \propto (d/\mu_r + g - d) \tag{1}$$

$$= 10/1.004 + 175 = 184.96 \tag{2}$$

$$dB/B_0 = 184.96/185 - 1 = -0.0002 = -0.02\% \tag{3}$$

磁場のずれの割合は-0.02%となる。多分この量は無視出来る量であろう(栗山君に要確認)。

次に冷間加工率が変わった場合について。冷間加工率は通常加工前の材料の断面積 A_0 と加工後の断面積 A の差を加工前の材料の断面積 A_0 で割った百分率(%)で表す(加工率 $= (A_0 - A)/A_0 \times 100\%$)。冷間加工が加わった場合、 μ は大きく変化する(図1)が、今回はチェンバには加工をほとんど行なわないため、加工率は0%と考えることが出来ると思われる。仮に10%の加工率を考えた場合、 $\mu_r=1.01$ となり、

$$B \propto (d/\mu_r + g - d) \tag{4}$$

$$= 10/1.01 + 175 = 184.9 \tag{5}$$

$$dB/B_0 = 184.9/185 - 1 = -0.0005 = -0.05\% \tag{6}$$

となる。これは少し大きいかもしれない。

またJIS規格によると、ステンレス鋼は冷間圧延または熱間圧延により製造される(図2)が、どちらも圧延後は熱処理がなされるとのことである(JIS G 4304:2005、JIS G 4305:2005)。材料の段階では加工率は~0%と考えても良いと思われる。

表20 非磁性鋼板の一例

鋼種	化学成分 (%)							機械的性質				透磁率
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	0.2%YS (N/mm ²)	TS (N/mm ²)	E ℓ (%)	v ℓ (J)	
JIS G 4304	0.05	0.58	1.51	0.02	0.01	10.2	18.8	235	598	74	245	1.002
SUS304	0.57	0.25	13.9	9	2	9	7	353	804	72	196	1.002
高Mn 非磁性鋼板 KNM295												

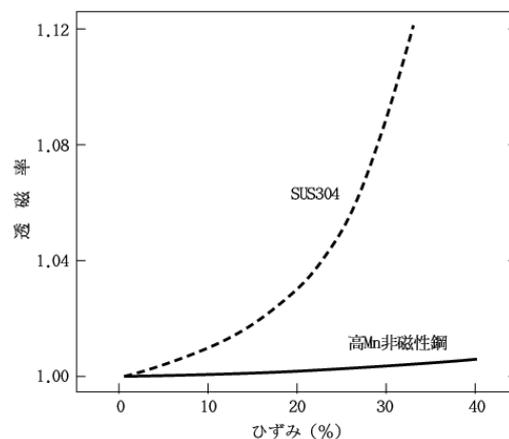


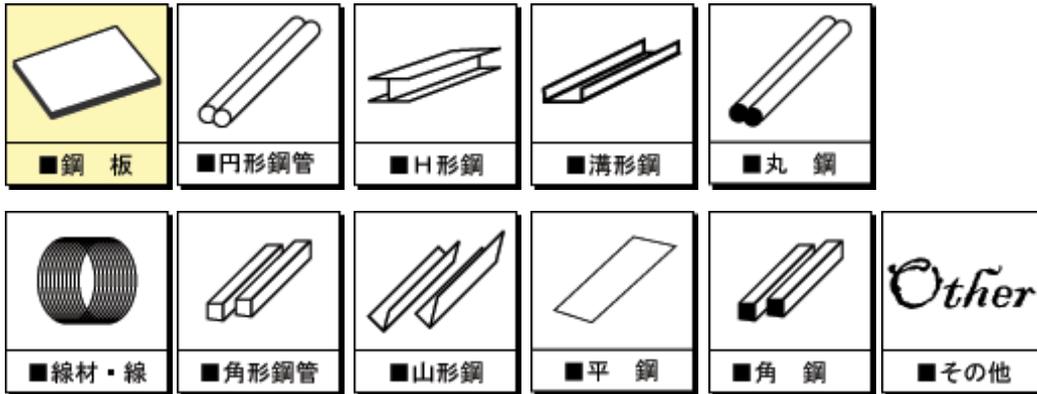
図48 冷間加工による透磁率の変化

図 1: 冷間加工率による透磁率の変化 (www.steel.kobelco.co.jp/tetu/atuita/H000/H001.pdf)

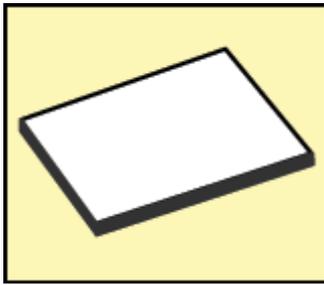
形状とメーカー

形状とメーカー

ステンレス鋼の形状種類



鋼板



製品名 メーカー名	鋼板		
	厚板	HC	薄板
JFEスチール	○	○	○
新日鐵住金ステンレス	○	○	○
住友金属直江津	○	—	○
日新製鋼	—	○	○
日本金属工業	○	○	○
日本冶金工業	○	○	○
高砂鐵工	—	—	○
日本金属	—	—	○
ナス鋼帯	—	—	○
明道メタル	—	—	○
日立金属	—	○	○

- 製造方法
「熱間圧延」と「冷間圧延」の2種類が、鋼板について規格化されています。
「JIS G 4304熱間圧延ステンレス鋼板および鋼帯」, 「JIS G 4305 冷間圧延ステンレス鋼板および鋼帯」の2規格です。そのほか、耐熱用には別に「JIS G 4312 耐熱鋼板」の規格があります。熱間圧延は1000℃ぐらいの高温で、冷間圧延は常温で行われます。

- 厚板と薄板
厚板と薄板の区分について、JISでは明確にされていませんが、AISIでは次のように寸法上での規定があります。

厚板(PLATES)

平らに圧延または鍛造したもの
幅 254mm(10inch)を超え、
厚さ4.76mm(3/16inch)以上

薄板(SHEETS)

コイル状または切りそろえたもの
幅 609.6mm(24inch)を超え、
厚さ4.76mm(3/16inch)未満

図 2: 鋼板の形状、製造方法



Q；ステンレスの導電率、透磁率、熱膨張率などの物理的性質について教えてください。

A1 <熱伝導率>；熱伝導の担い手である金属結晶中の自由電子の動きをクロムやニッケルが邪魔しているため、ステンレスは鉄よりも熱伝導が劣ります。高温ほど熱伝導率が大きくなる傾向があります。

A2 <熱膨張>；温度Tにおける長さLの物体が温度T+dTに変化すると長さがL+dLになるという現象を熱膨張と言い線膨張係数をとする次式で表わされます。 $\alpha = (1/L)(dL/dT)$ 。SUS304はSUS430に比べると大きな熱膨張係数を有しております。

A3 <電気抵抗>；電気の通り難さを比電気抵抗と言い、次式で表わされます。電気抵抗=比抵抗×(導体の長さ/断面積)。金属の中でもステンレスは比較的電気を通し難い材料です。

表1 ステンレスの物理的性質

鋼種記号	ヤング率 (kg/mm ²)	密度 (g/cm ³)	比熱 (cal/g・°C)	熱伝導率 (cal/sec・cm・°C)		比電気抵抗 ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)		平均熱膨張係数 (10 ⁻⁶ /°C)				
	室温	室温	0-100°C	100°C	500°C	室温	650°C	0-100°C	0-316°C	0-538°C	0-649°C	0-816°C
SUS301	19700	7.93	0.12	0.039	0.0515	72	116	16.9	17.1	18.2	18.7	-
SUS304	19700	7.93	0.12	0.039	0.0515	72	116	17.3	17.8	18.4	18.7	-
SUS304L												
SUS309S	20400	7.98	0.12	0.037	0.045	78	114.8	14.9	16.7	17.3	18.0	-
SUS310S				0.034	0.045	79	-	14.4	16.4	16.9	17.5	-
SUS316	19700	7.98	0.12	0.039	0.0515	74	116	16.0	16.2	17.5	18.5	20.0
SUS316L												
SUS317	19680	7.98	0.12	0.039	0.0515	74	-	16.0	16.2	17.5	18.5	20.0
SUS321	19680	7.93	0.12	0.0385	0.053	71	-	16.7	17.1	18.5	19.3	20.2
SUS347	19680	7.98	0.12	0.0385	0.053	72	-	16.7	17.1	18.5	19.1	20.0
SUS403	20390	7.75	0.11	0.060	0.069	57	108.7	9.9	10.1	11.5	11.7	-
SUS405	20390	7.75	0.11	0.065	-	61	-	10.8	11.5	12.1	-	13.5
SUS410	20390	7.75	0.11	0.060	0.069	57	108.7	9.9	10.1	11.5	11.7	-
SUS430	20390	7.70	0.11	0.063	0.063	60	114.5	10.4	11.0	11.3	11.9	12.4
SUS434	20390	7.70	0.11	-	0.063	60	-	-	-	-	11.9	-



A4 <透磁率> ;

マルテンサイト系，フェライト系鋼種は強磁性材料です。非磁性のオーステナイト系鋼種とは磁氣的性質が異なります。加工が加わっていない状態でのオーステナイト系ステンレスと超合金の透磁率を表2に示します。
SUS301，304は加工によって、磁性を持つようになります。
SUS305，316は加工に対しても非磁性の安定性があります。

表2 オーステナイト系ステンレス鋼・超合金の透磁率

組織	種類の記号	透磁率	
		10 ⁻⁷ H/m	μ (磁場=200e)
		常温・冷間加工率0	常温 冷間加工率0
オーステナイト系	SUS301	12.8	1.003
	SUS301L	-	-
	SUS302B	12.8	1.003
	SUS303	12.8	-
	SUS303Se	-	-
	SUS304	12.8	1.004
	SUS304L	-	1.004
	SUS304J1	-	-
	SUS304J2	-	-
	SUS305	12.8	-
	SUS309S	12.6	-
	SUS310S	12.6	1.002
	SUS316	12.6	1.004
	SUS316L	-	1.004
	SUS321	12.8	1.003
超合金	SUS347	12.8	1.004
	SUSXM15J1	12.8	-
	NCF800	12.6	-
	NCF600	12.6	-

【参考資料】

ステンレス鋼データブック 家電編 (ステンレス協会)