

機械部品用高密度焼結鋼の機械的性質に及ぼす原料粉の影響

Influence of Raw Material Powders on Mechanical Properties of High Density P/M Parts

武谷 良明* 早坂 忠郎** 鎌田 充也***
Yoshiaki Takeya Tadao Hayasaka Atsuya Kamata

要 旨

焼結機械部品の靱(じん)性を阻害する焼結空孔をできる限り減少させるために焼結体を高温で再圧縮する方法を考案し、理論密度 99% 以上の焼結体を造ることができた。しかしその結果によると原料粉中の非金属介在物や合金元素の偏析は機械的性質に重要な影響を及ぼす。そこで製法の異なる数種の鉄粉を原料とする各高密度焼結体の機械的性質を調査し、さらに焼結鋼に最もよく使用される元素の一つであるニッケルの拡散状態が機械的性質にいかに関与するかを検討した。

1. 緒 言

焼結製品特有の空孔を利用した含油軸受から急速な発展をなしとげた粉末冶金工業は最近では量産品の合理化対策として自動車をはじめ家庭電機および事務機器などの機械部品の供給者として重要な役割を果たしている。たとえばアメリカにおいて自動車工業の飛躍的発展は焼結合金の発展をうながし、1963 年ごろまでは製造が比較的容易な 6.0~6.6 g/cm³ の比較的低密度焼結体が主体をなしてきたが、最近では使用範囲の拡大から、材質的により高度の特性が要求され、溶浸法、再圧縮再焼結法などによる密度 7.0~7.5 g/cm³ の比較的高密度材料が実用化されつつある。またわが国の鉄系焼結合金は第二次世界大戦後、外来技術の影響を受けて発達したため、概して 7.0 g/cm³ 以下の中低密度品が主体で、比較的低負荷のボディまわりの部品が多く、エンジンなどの重要保安部品用にはあまり使用されていないが、最近では自動車工業界を初めとし各企業では切削加工の多い鋳鍛造品から焼結材に切り換えられる傾向が年々強くなりつつある。しかしながら中、低密度品に対して、この程度の材質では需要者側の設計および材料担当者は「材料のむろさ」の点に危惧(きぐ)の念を抱いており、焼結メーカーでは目下焼結密度の向上に大きな努力を払っている。

一般に焼結合金は密度を真比重に近づければ近づけるほど機械的性質が向上する^(1~3)。問題は通常の焼結法によりどこまで真比重に近づけられるかで、現在のプレスと押型、原料粉の改良によっても、また量産性の点でも限度がある。この限界を打破するよう考えられたのが焼結体を 900℃~1,200℃ の高温で再圧縮する方法で、これによると通常の焼結法では達せられない高密度のものが求められる。この方法はニッカロイ(日立粉末冶金製焼結合金)のユーザーである某自動車メーカーの協力を得て開発したもので、筆者らはこの方法を「加熱再圧法」と名付け、この操作を行なうことを HS 処理(High Strengthening Treatment)と呼んでいる。文献によればアメリカやフランスでも同様の方法が検討されているようである^{(4)~(6)}。

HS 処理の採用により高強度高靱性の焼結鋼の製造が可能となったが、その結果原料粉中に必然的に含まれている非金属介在物や合金元素の偏析が重要な問題となる。すなわち、従来の焼結製品には空孔がかなり存在するために材質に及ぼす空孔の影響がきわめて大きくて、介在物や偏析の問題はあまり重要視されていなかった。しかし焼結密度が理論値に近い値をとるようになると、もはや介在物や偏析の影響を考えずして溶製品の性質に近づけることはできない。

本研究では還元鉄粉、電解鉄粉および噴霧鉄粉を用いて、高密度

表 1 各種鉄粉の諸性質

種別 鉄粉源 性 状		還 元 粉					電解粉	噴 霧 粉			
		ミルスケール		スクラップ	鉍 石		—	—			
		国 産		国産	国産	外国産	国産	外 国 産			
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
化学成分 (%)	C	0.01	0.008	0.01	—	0.03	0.003	—	0.01	0.01	(0.01)
	Mn	0.36	0.27	0.37	0.02	0.03	0.001	0.19	(0.1)	0.2	—
	Si	0.07	0.04	0.05	0.17	0.13	—	0.07	(0.05)	0.10	—
	Al	0.04	0.04	—	0.23	0.07	—	0.03	—	—	—
	P	—	0.005	0.016	—	0.01	0.002	—	—	—	—
	S	—	—	—	—	0.01	0.004	—	—	—	—
	O ₂	0.19	—	—	—	—	0.02	—	—	(0.08)	—
	Fe	97.80	97.90	99.30	—	97.00	99.70	—	—	(99.50)	—
酸不溶解 (%)		—	—	0.20	—	—	0.02	—	—	—	—
H ₂ 減量 (%)		0.27	0.23	0.24	0.21	0.44	0.18	—	—	(0.12)	(0.2)
粒度分布 (%)	メッシュ 150	20.3	21.5	23.2	21.7	13.7	11.3	11.5	16.3	19.3	22.6
	200	27.3	34.8	33.3	33.0	29.4	34.0	28.3	34.0	23.2	30.5
	250	12.7	12.1	15.3	12.4	15.0	16.7	13.1	14.5	11.8	13.0
	325	15.3	13.0	9.9	14.2	15.1	17.0	18.5	17.7	16.9	15.5
	—325	24.3	18.6	18.3	18.7	26.7	21.0	28.6	17.5	28.8	18.4
見かけ密度 (g/cm ³)		2.67	2.66	2.59	2.51	2.84	2.82	2.50	2.94	3.27	2.97
流動度 (sec/50 g)		26.6	25.2	27.8	28.5	25.3	25.8	27.9	23.0	24.6	23.3
圧粉密度 (g/cm ³)	成形圧力 4 t/cm ²	6.50	6.57	6.35	6.39	6.55	6.94	6.39	6.64	6.70	6.68
	成形圧力 5 t/cm ²	6.75	6.83	6.60	6.62	6.76	7.10	6.65	6.87	6.95	6.95

() 内メーカー公称値

焼結鋼を造り、その機械的性質を測定し、粉末の製法の相違により機械的性質がいかに関与するかを検討した。さらに焼結鋼に最もよく使用される合金元素の一つであるニッケルの拡散状況が機械的性質に及ぼす影響を知るため、Fe-Ni 混合粉と Ni 被覆鉄粉とにより機械的性質の相違を検討した。

2. 試料および実験方法

2.1 試 料

表 1 は実験に使用した鉄粉の諸性質を示したものである。粒度分布、見かけ密度、流動度などにはあまり差はないが、化学成分に製法による特長が見られる。すなわち、ミルスケールやスクラップなどのように製鋼工程に生ずる酸化物を還元した粉末は Mn が多く、鉍石から還元したものには Si が多い。電解鉄粉はこのような不純物が非常に少ない。また噴霧粉はミルスケール還元粉に近い組成であるが Mn がやや低い。

* 日立粉末冶金株式会社松戸工場 工学博士
** 日立粉末冶金株式会社松戸工場
*** 日立製作所日立研究所

表2 焼結ニッケル鋼用原料粉の諸性質

性 状	種 別	Ni 被覆鉄粉	Fe-Mn フェロ マンガ	Ni	黒 鉛
化学成分 (%)	Fe	97.80	19.37	0.1	—
	Mn	0.003	77.7	—	—
	Ni	1.97	—	99.7	—
	Si	0.03	1.38	—	—
	P	—	0.15	—	—
	S	—	0.01	—	—
	C	—	1.39	0.1	炭素分>97.0
還元減量 (%)		0.32	—	—	—
粒 度 (μ)	メッシュ +100	0.3	—	—	—
	100~150	26.0	8.6	—	—
	150~200	25.8	5.0	—	—
	200~250	20.9	53.6	4~7 μ	43 μ 以下
	250~325	15.8	23.8	—	—
見掛密度 (g/cm ³)		2.49	3.0	—	—
流動度 (s/50g)		33.4	—	—	—
備 考		電解鉄粉を硝酸 ニッケル水溶液 に浸漬し乾燥還 元した粉末	—	カーボニル ニッケル粉	鱗片状天然黒 鉛粉末

(注) Ni 混合には表1の(A)および(F)を使用。

表3 焼結ニッケル鋼の目標成分 (%)

	C	Mn	Ni
混合粉焼結鋼	0.15	0.5	3.0
Ni 被覆粉焼結鋼	0.15	0	2.0

表4 試料の製造工程

工 程	装置の名称	仕 様
粉 末 混 合	V 形 混 合 機 (5 l)	33 rpm -45 min
成 形	100 t プ レ ス	成形圧力 4~8 t/cm ²
焼 結	水 素 炉 (純 鉄 用)	焼 結: 1,100~1,200℃ ふん囲気: アンモニア分解ガス
	ふ ん 囲 気 炉 (ニ ッ ケ ル 鋼 用)	焼 結: 1,100~1,150℃ ふん囲気: ブタン変成ガス
HS	加 熱 炉	加熱温度: 900~1,200℃ ふん囲気: 還 元 ガ ス
	300 t マイプレス	ラム速度: 9 m/min 圧 力: 5~15 t/cm ²

表2はニッケル鋼の実験に使用した原料粉の諸性質を示したものである。Ni 被覆鉄粉は電解鉄粉(F)を硝酸ニッケル水溶液に浸漬し鉄粉粒子表面に Ni を析出させた。Ni 濃度 2% とした理由は後述するように粉末混合法で 3% Ni を添加して実験した結果からみて有効にきいている Ni 量が 2% 付近にあることを確認したためである。

これらの粉末を所定量配合し総重量 10 kg を V 形混合機 (容量 5 l, 回転数 33 rpm) で 45 分混合した。なお潤滑剤としてステアリン酸亜鉛を 0.5~1.0% 使用した。表3は目標の成分を示したものである。

2.2 実験方法

2.2.1 加熱再圧法

一般に焼結体を最初の成形圧力よりも大きな圧力で再圧縮し再焼結すると機械的性質が一段と向上する。この工程をくり返すほど焼結密度が高くなり性質が改善されるが、経済的な問題がある。そこで著者らは 1 回の再加圧で密度を溶製品に近づけるため圧縮を高温で行なうことを試みた。表4は加熱再圧法の概略を示したものである。工程中最も重要視されるものは HS 処理での加熱に伴う試料の膨張である。たとえば、1,000℃における熱膨張は還元鉄粉のみでは 1.5%, また混合粉を用いた場合は 1.3% で、

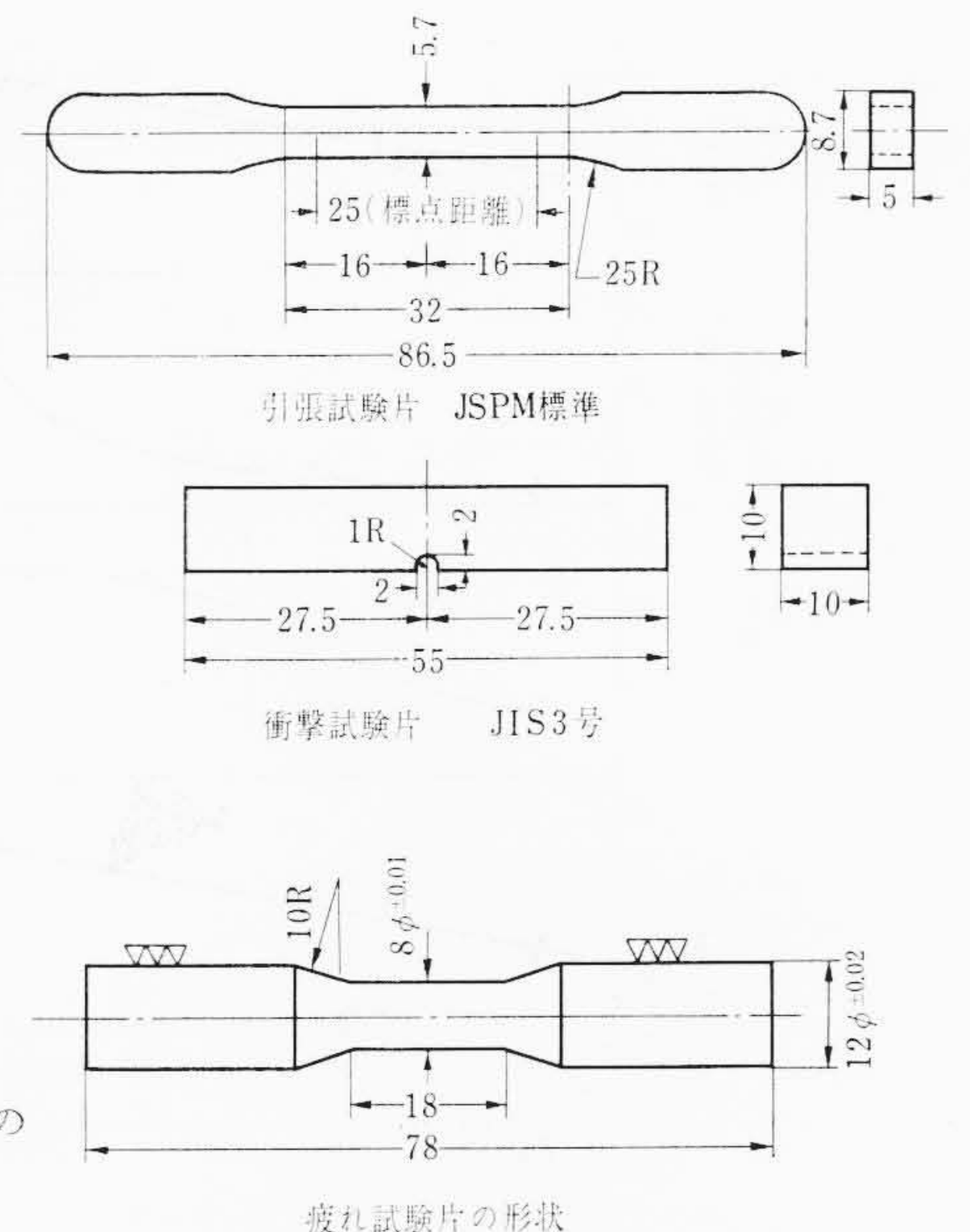


図1 試験片の形状

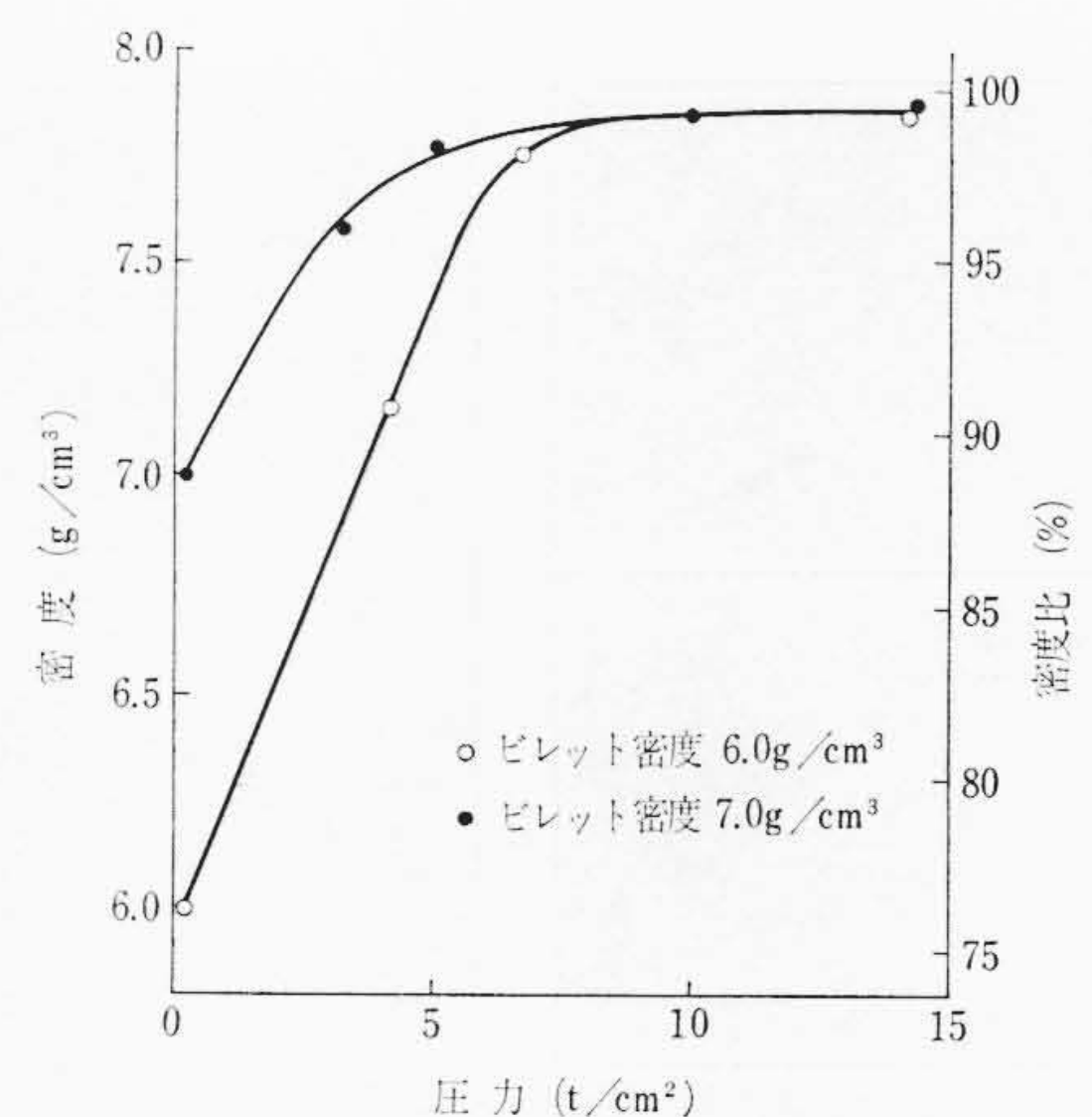


図2 HS 処理における圧力と密度の関係

これらは原料粉の製造履歴や添加成分などによって異なる。本実験ではあらかじめこれらの膨張係数を測定し HS 処理押型との間げきが一定になるよう成形体の寸法を考慮した。

2.2.2 試験片

図1は実験に用いた試験片の形状を示したものである。引張試験片は JSPM 標準に規定されている焼結用試験片で厚さ 6 mm に HS 処理したものを 5 mm に研削して試験に供したものである。衝撃試験片は 11×11×60 mm に HS 処理した素材から JIS 3 号試験片に加工して使用した。疲れ試験片は 15×15×100 mm の HS 素材から図の寸法に加工したものである。

3. 実験結果

3.1 高密度焼結鉄の機械的性質

図2は還元鉄粉(A)を用いて造られた、密度の異なる予備焼結体を 5~15 t/cm² で HS 処理した焼結体の密度変化を示したものである。図に示すように加圧力 7~8 t/cm² 以上で理論密度の 99% 以上が得られた。そして予備焼結体の密度大なる方が密度比 99% に到達する加圧力がわずかに小さいようである。最高到達密度は後述するように原料粉の種類によっても明らかに相違があり、成形加工中に粉末粒子の受ける加工硬化にも相違が見られている。

図3は還元鉄粉(A)を用いて焼結密度と機械的性質との関係を求めた結果である。図に見られるようにかたさおよび引張強さは密度の上昇とともに直線的に向上する。一方伸びおよび衝撃強さは密度

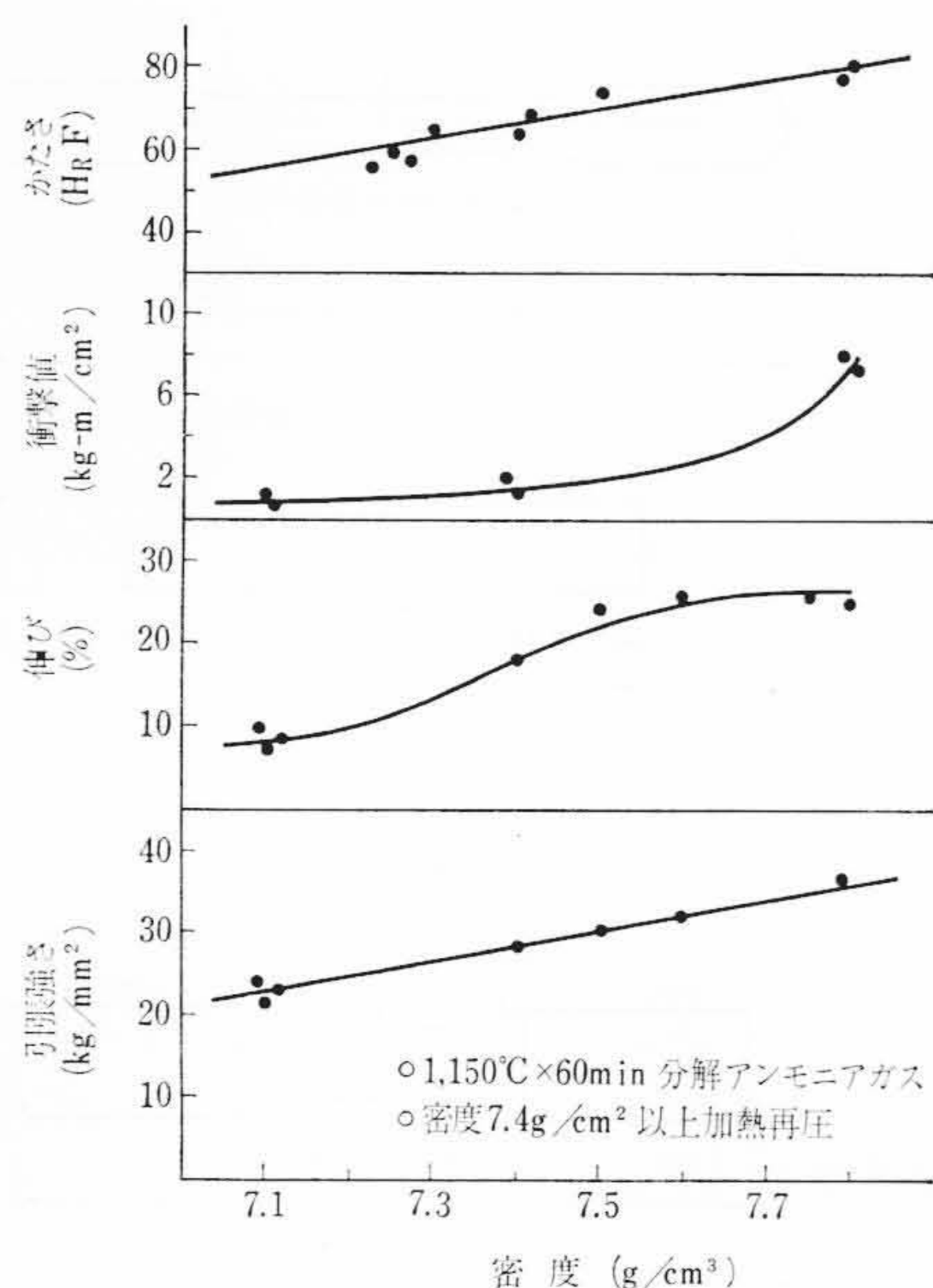


図3 純鉄粉焼結体の密度と機械的性質との関係

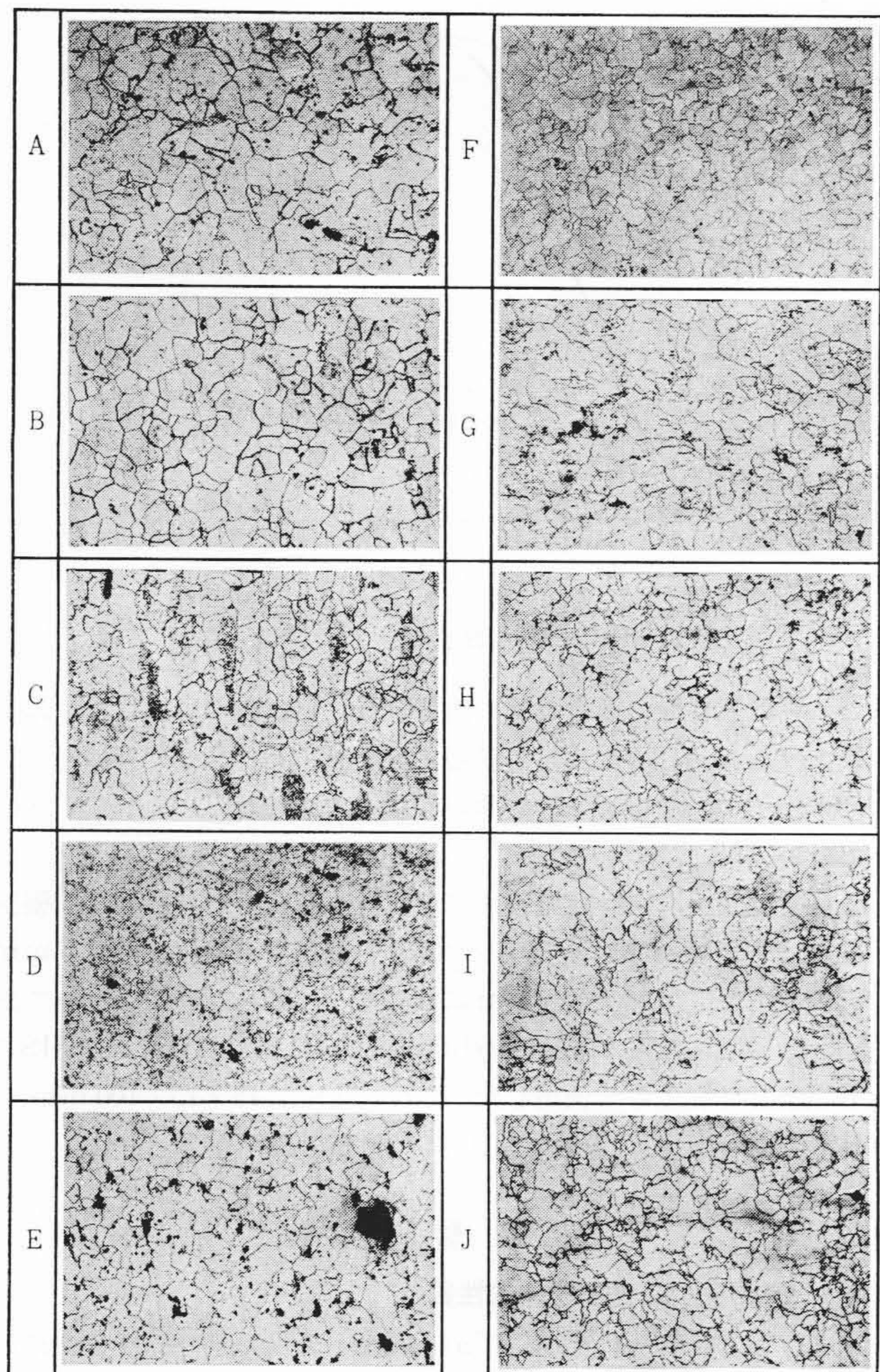


図4 各種鉄粉のHS材の顕微鏡組織 (×100) 0.1mm

7.4g/cm³を越えると急激にその値を増している。

表5は還元鉄粉(A)と電解鉄粉(F)とを用いて造った焼結体(密度7.82g/cm³)の機械的性質を示したものである。引張強さと伸びは両者の間にそれほど大きな差は見られないが、衝撃強さに著しい差がある。同様のことが他の粉末を用いた場合にも見られ引張強さや伸びのような静的試験では原料粉による差はあまりないが、衝撃強さのような動的試験に明らかな差を生ずる。表6は各種市販鉄粉

表5 焼結純鉄のHS処理後の機械的性質

種別	密度(g/cm ³)	引張強さ(kg/mm ²)	伸び(%)	衝撃値(kg-m/cm ²)	かたさH _{RB}
(A) ミルスケール還元鉄粉	7.82	37.5	38.0	6.5	60~70
(F) 電解鉄粉	7.82	37.0	40.0	22.0	48~57

表6 各種市販鉄粉を用いたHS材の衝撃強さとかたさ

特性	還元粉					電解粉				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
密度(g/cm ³)	7.8 ₅	7.8 ₅	7.8 ₅	7.8 ₂	7.8 ₂	7.8 ₇	7.8 ₇	7.8 ₇	7.8 ₇	7.8 ₇
かたさ(H _{RB})	49~57	45~50	55~62	57~61	52~57	41~46	55~59	48~53	51~56	52~58
衝撃値(kg-m/cm ²)	7.0	9.4	12.6	3.0	3.0	33.4	8.0	27.6	31.5	24.0

表7 各種市販鉄粉の酸化物分析結果(%)

種別 鉄粉源 分析	還元粉					電解粉				
	ミルスケール		スクラップ		鉍石					
	国産		国産		外国産	国産				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
T. Mn	0.36	0.27	0.37	0.02	0.03	0.00 ₁	0.19	—	0.2	
MnO	0.47	0.33	0.29	0.02	0.04	—	0.23	0.00 ₆	0.00 ₁	
T. Si	0.07	0.04	0.05	0.17	0.13	—	0.07	—	0.1	
SiO ₂	0.10	0.06	0.12	0.28	0.20	0.01	0.12	0.01	0.00 ₂	
T. Al	0.04	0.04	—	0.23	0.07	—	0.03	—	—	
Al ₂ O ₃	0.10	0.10	0.04	0.40	0.20	—	0.04	0.01	0.00 ₂	

を用いてHS処理した焼結鉄の衝撃強さ、かたさおよび密度を示したものである。明らかに使用する鉄粉によって衝撃強さに著しい相違が見られ、原料粉の製造法に関係のあることが知られる。また、わずかではあるが一般に衝撃強さの低いものは密度が小さいことが観察される。かたさについては衝撃強さとの相関はないようである。

表7は鉄粉中の非金属介在物の分析結果を示したものである。この結果は図4の衝撃強さとは関連するようである。すなわち、非金属介在物の少ない電解鉄粉(F)と噴霧鉄粉(H)、(I)、(J)の4種は衝撃強さが高く、SiO₂とAl₂O₃の多い鉍石還元粉(D)、(E)の2種は衝撃強さが極端に低い。ただ、鉄粉中に含有する非金属介在物の全量はミルスケール還元鉄粉(A)などに相当多いが、鉍石還元鉄粉(D)、(E)などに比較すると衝撃強さは2倍ぐらいである。この事実から介在物の大きさにも関係することが考えられる。

図4は各種鉄粉を用いた高密度焼結鉄の顕微鏡組織を示したものである。鉄粉により非金属介在物の量と大きさは異なり、衝撃強さの大きい電解鉄粉(F)と噴霧鉄粉(H)、(I)、(J)は介在物の量も少なく、大きさも他に比べて小さい。また(A)、(D)、(E)の3者を比較すると、(D)、(E)の衝撃強さの低いことが推察される。

3.2 焼結ニッケル鋼

図5は混合粉方式で造った焼結ニッケル鋼の機械的性質と焼結密度との関係を示したものである。熱処理としては850°C×30min加熱後、油焼入(焼入油:ガルフ・スーパークエンチ70)し、さらに150°C×60minの焼戻を行なった。図から明らかなように密度と機械的性質との関係は前述の焼結鉄の場合と全く同様の傾向を示し、密度7.4g/cm³付近以上で靱性が急激に上昇する。図には還元鉄粉(A)と電解鉄粉(F)の両者を用いた場合を併記したが、焼結鉄の場合に見られた原料鉄粉による衝撃強さの差が見られず、両者はほとんど同じ値である。

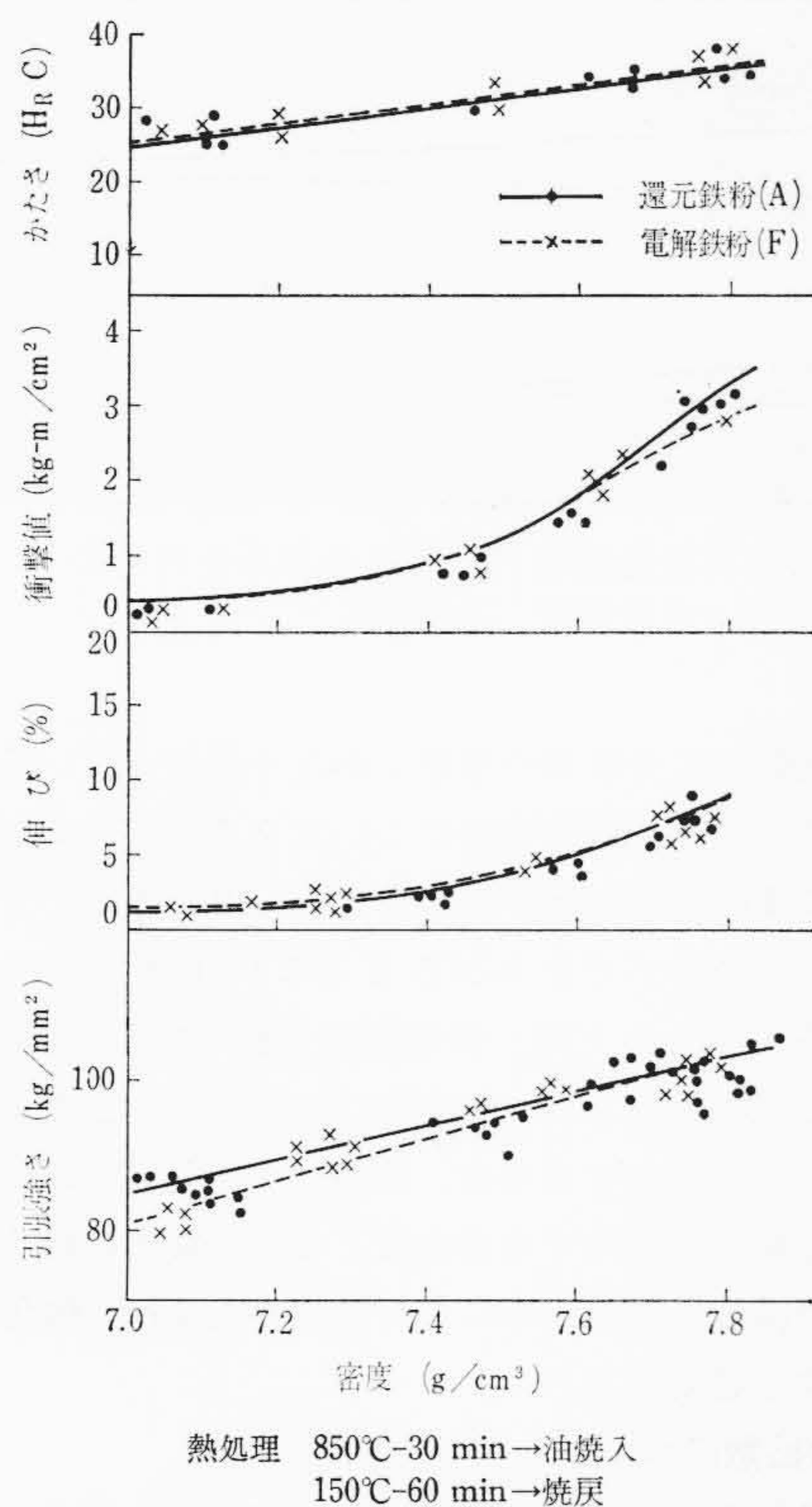


図5 低炭素焼結ニッケル鋼の機械的性質に及ぼす密度の影響
(密度 7.4 g/cm^3 以上加熱再圧)

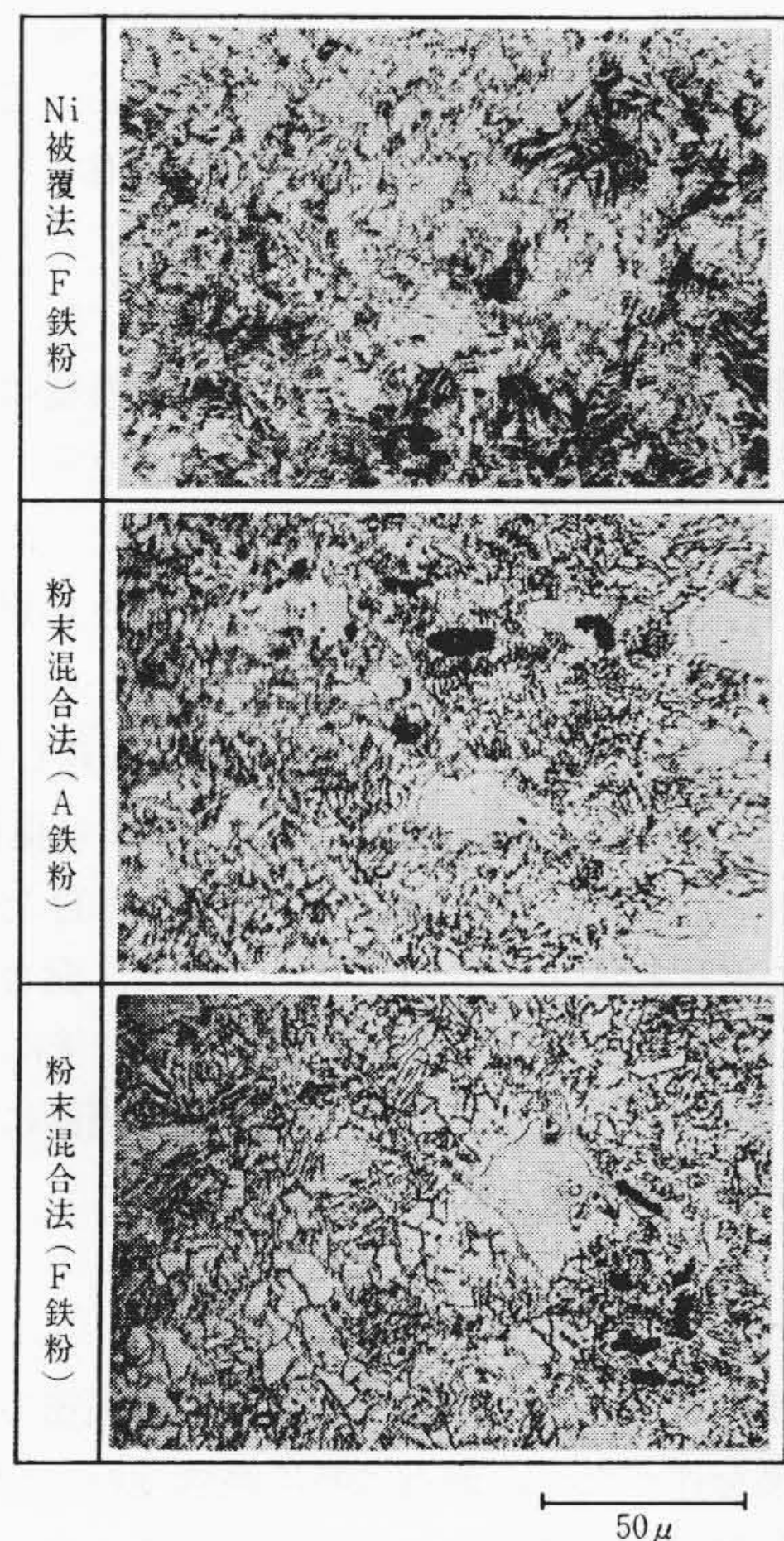


図6 高密度焼結ニッケル鋼の顕微鏡組織 ($\times 400$)

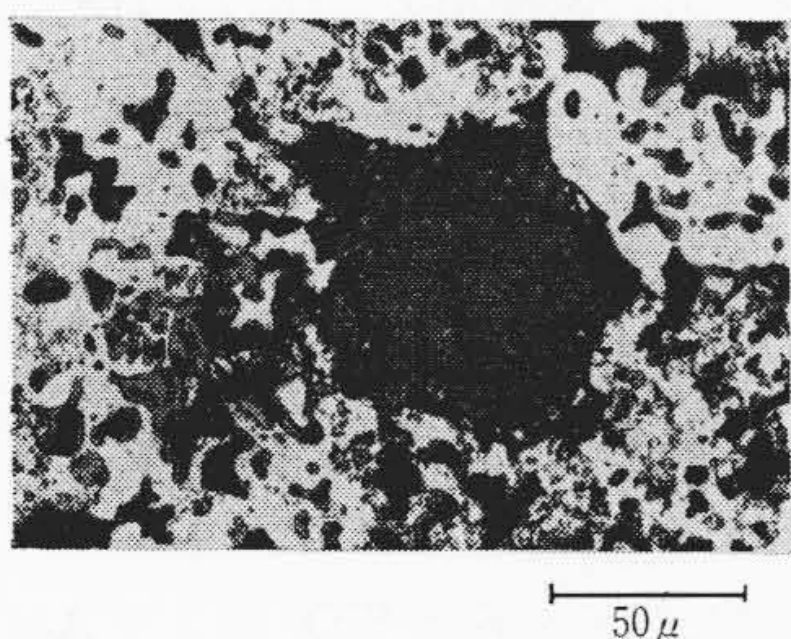


図7 中密度焼結鉄に見られる巨大介在物とその周囲 (A鉄粉)

表8 Ni混合電解鉄粉およびNi被覆電解鉄粉を用いた焼結ニッケル鋼の機械的性質

熱処理 $850^{\circ}\text{C} \times 30 \text{ min} \rightarrow$ 油焼入 $150^{\circ}\text{C} \times 60 \text{ min} \rightarrow$ 焼戻							
試料	密度 (g/cm^3)	引張強さ (kg/mm^2)	耐力 (kg/mm^2)	伸び (%)	かたさ (HRC)	衝撃値 (kg-m/cm^2)	疲れ限 (kg/mm^2)
Ni混合鉄粉	>7.80	98.5	80.3	8.4	25	3.5	30.0
Ni被覆鉄粉	>7.80	99.0	84.8	10.5	27	15.5	41.0

表8は混合粉方式によって造ったニッケル鋼とNi被覆鉄粉を用いて造ったニッケル鋼との機械的性質を示したものである。明らかに衝撃強さや疲れ強さなどの動的性質に著しい相違が見られる。

図6は高密度焼結ニッケル鋼の顕微鏡組織を示したものである。混合粉方式で造ったものは原料鉄粉が電解鉄粉でもNiが凝集し巨大な異状組織がみられる。これに対してNi被覆鉄粉の場合には比較的均一な組織を示している。この組織の差が前述の衝撃強さや疲れ強さの相違となって現われたものと考えられる。

4. 考察

4.1 原料鉄粉について

原料鉄粉の製造履歴により粉末に含有する非金属介在物の形態や量に差異を生じ、その結果、高密度焼結体の靱性に大きく影響することはすでに述べた。非金属介在物は鋼の諸性質に悪影響を及ぼすのは当然であるが⁽⁷⁾⁽⁸⁾、マトリックスよりもかたい非金属介在物は粉末の成形やその後のHS処理において、マトリックスの変形に対する障害となり、その結果介在物周辺に大きな空孔が残存することが考えられる。中低密度品の場合には介在物周辺に空孔の多いことが観察される。高密度品の場合は光学顕微鏡的にははっきりしていないが高倍率に拡大して介在物の周囲を観察したならば介在物周辺に図7のような空孔が見られるのではないかと考えている。表6において介在物の多い粉末を用いるとわずかながら密度が低いことを指摘したが、このようなことが原因の一つではないかと考えられる。もちろん介在物自身比重が小さいから介在物の多い焼結体の密度が小さくなるのは当然である。一方硬質の介在物が多いことはダイスの損耗量を増す原因ともなり、この面からも介在物の少ないことが望まれるわけである。

さて介在物が衝撃強さなどの動的性質に影響することを考えた場合、焼結中に介在物の形態を変化させられないかということは興味ある事柄である。この点を検討したのが図8である。すなわち図は還元鉄粉(A)とグラファイトの形でCを添加した粉末を焼結したのちの焼結体の全炭素量と酸化物量との関係を示したものである。焼結体中の全炭素量は添加C量の多いほど少ない。一方酸化物についてみると、 SiO_2 および Al_2O_3 はほとんど変化していないが、 MnO は0.15% Cで激減している。明らかにCの存在によって MnO が還元されたと見るべきであるが、熱力学的計算では $1,200^{\circ}\text{C}$ 以下ではCによって MnO は還元されない⁽⁹⁾。したがってこのような MnO を還元するためには単純な熱力学では説明できないようである。いずれにせよ MnO がCの共存で還元するという事実は MnO の多いミルスケール還元鉄粉にとっては有利なことである。

図4でみたように還元鉄粉は電解鉄粉や噴霧鉄粉に比べて大きな介在物が多い。ミルスケール還元鉄粉についてはこの巨大介在物は SiO_2 がほとんどであると報告されており⁽¹⁰⁾、筆者らも同様な結論を得ている。しかしこの巨大な SiO_2 系非金属介在物は製鋼工場における精練時の脱酸生成物が鋼に残存したものか、あるいは製粉工程に混入したものかは明らかでない。図7の顕微鏡組織を観察する限りにおいてはこの介在物は丸味を帯びたものが多く精練時の脱酸生成物のように思われるが⁽¹¹⁾、それにしても量が多すぎるように

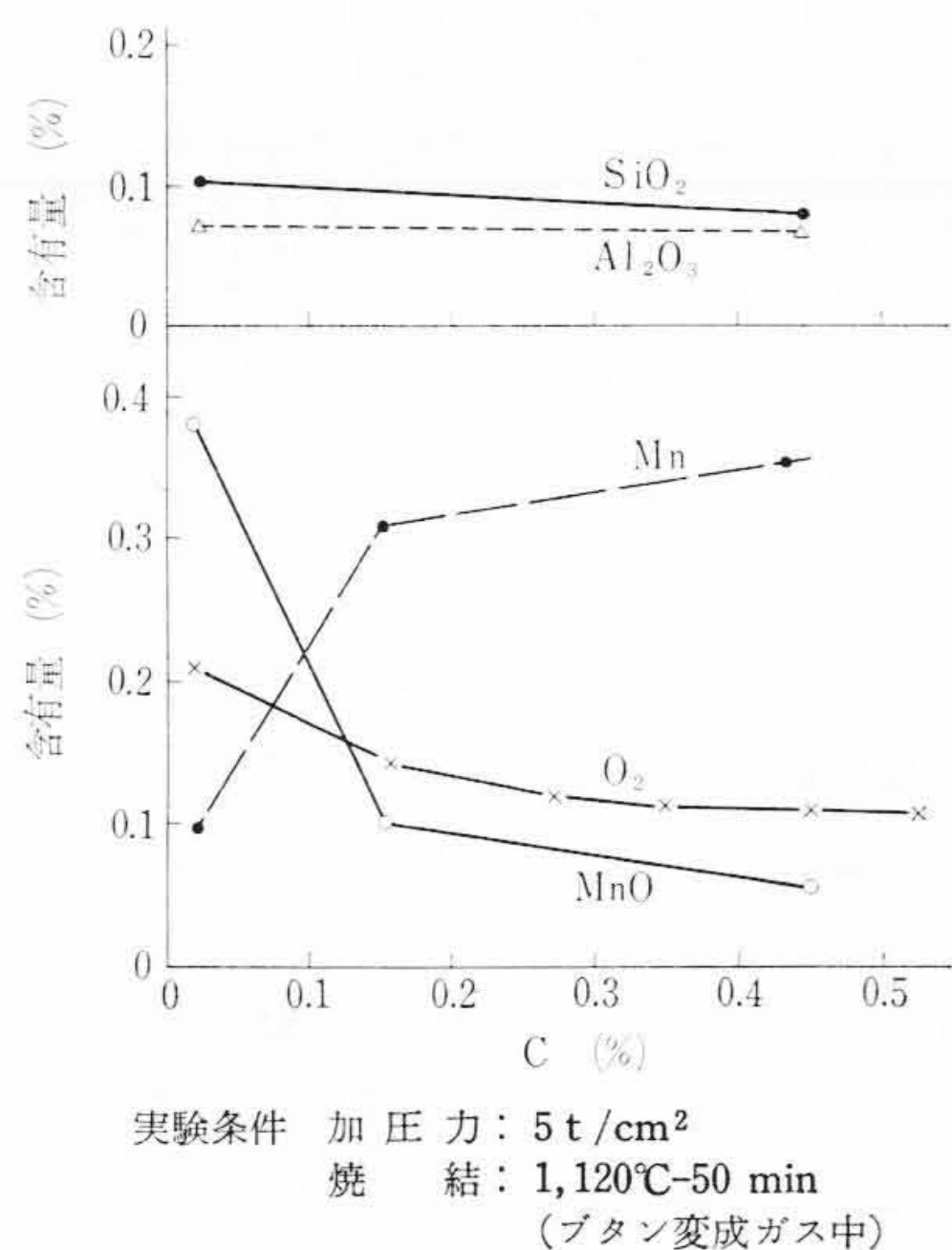


図8 還元鉄粉(A)を使用した焼結体の添加炭素量と各酸化物との関係

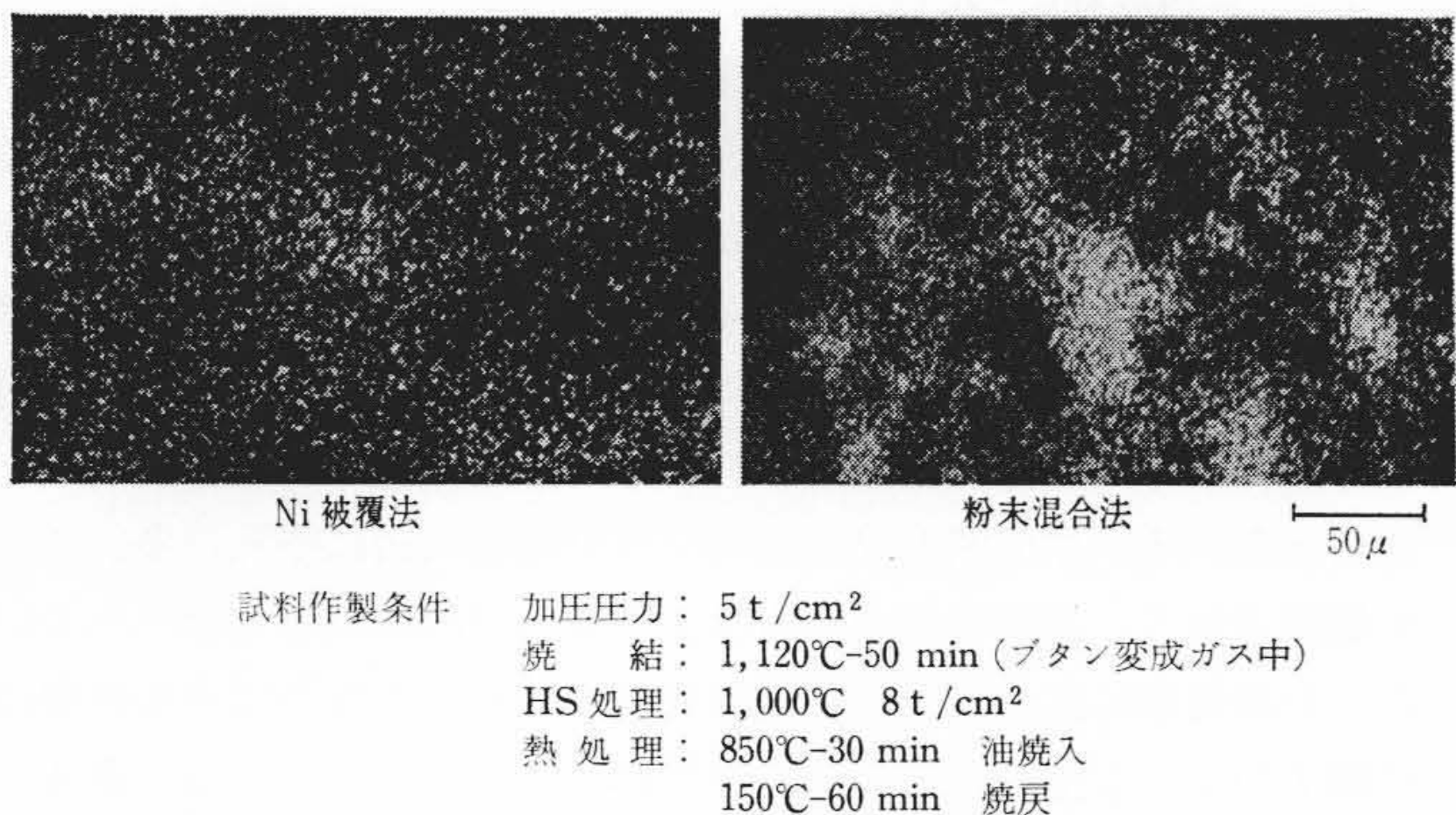


図10 X線マイクロアナライザー分析によるNiの拡散状況 (×320)

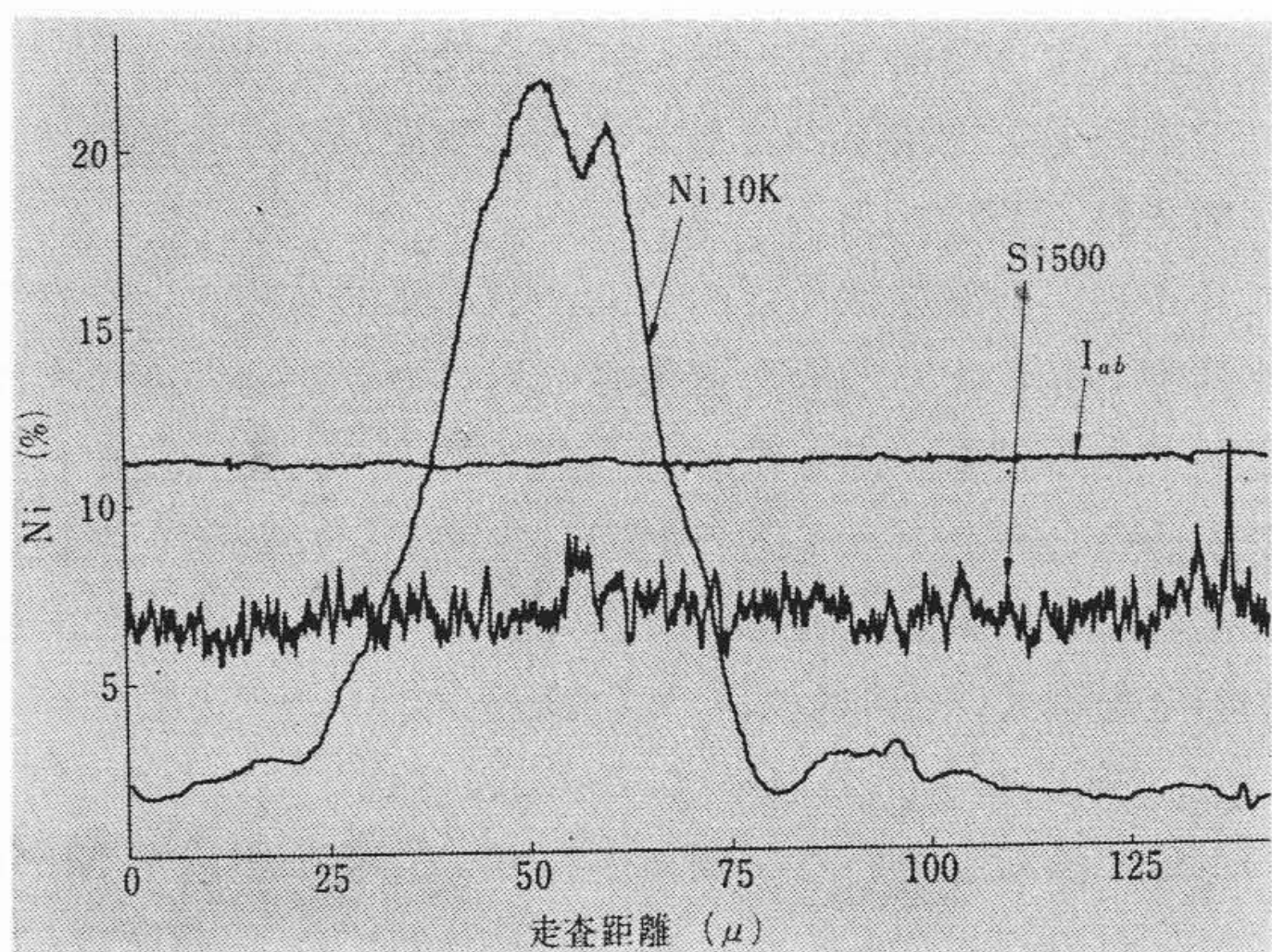


図11 HS後の低炭素ニッケル鋼のX線マイクロアナライザー分析結果

表9 ニッケル混合粉焼結鋼合金組織かたさ (850℃×30 min→油焼入) (150℃×60 min→焼戻)

測定位置		マイクロビッカースかたさ*
マトリックス		297
白色部	中央	254
	周辺	606

* 100g 荷重

考えられる。一方鉍石から直接還元した鉄粉に存在する巨大な非金属介在は図9のようにSiとAlとが検出され、ミルスケール還元鉄

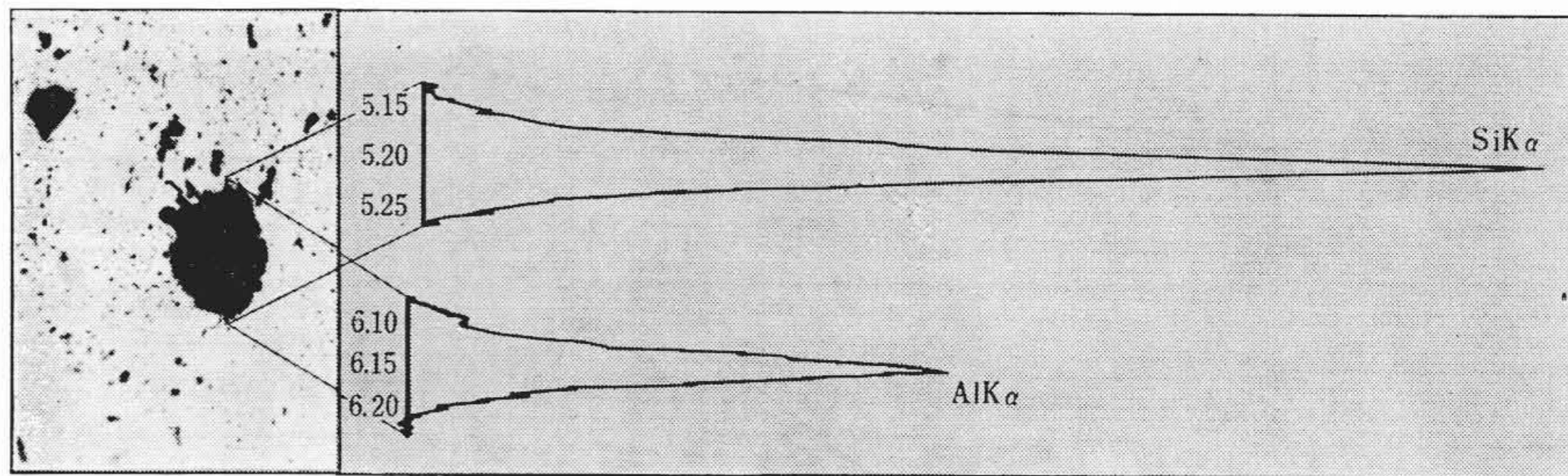


図9 鉍石を還元して造った還元鉄粉(D)にみられる介在物のX線マイクロアナライザー分析結果 (100×)

粉の場合に比較して介在物の形態がかなり異なっている。

以上鉄粉中に含まれる介在物について2.3記述したが、焼結体にはそのほかにFeの酸化物が残存している可能性は十分に考えられる。すなわち焼結体ができあがるまでにFe酸化物が生成される機会は非常に多い。たとえば、粉末製造工程に生じたもの(あるいは未還元のまま残存したもの)や粉末の保存中に生じたものが焼結中に還元されないで残存する場合、焼結体の開気孔にはいった酸素によってHS処理の際酸化する場合などFeの酸化の機会は多く、今後焼結体の清浄度を増すためにはこのようなFeの酸化を防止する方法を検討する必要があるだろう。

4.2 Niの拡散について

図10はNi被覆鉄粉を焼結したものとNi粉を混合して焼結したものについてX線マイクロアナライザー(EPMA)によるNiの反射X線像を示したものである。Ni被覆粉ではNiの濃淡はあまり見られず良好な拡散をしている。これに対してNi粉を混合添加したものはNiの濃淡が著しく、原料粉の処理法によってNiの拡散に著しい差を生ずることが知られる。混合粉焼結体についてNiの濃度分布を定量すると図11に示すようにマトリックスは約2%近くであるが濃度の高い場所では約20%以上になっている。顕微鏡組織をよく観察するとマトリックスと白色部(Ni濃度の高いところ)の周辺にマルテンサイト状の組織が見られ、白色部の中央と周辺およびマトリックスのかたさを測定すると表9のようになる。白色部とマトリックスはほぼ同じかたさであるが、白色部周辺のマルテンサイト状組織は著しくかたい。このようなかたい相がでていたため混合粉による焼結鋼の衝撃強さがNi被覆鉄粉を用いた場合よりも低いのであろう。混合粉焼結鋼にみられるNiの偏析は混合の際Niの凝集を避ける方法を講じなかったため理想的な拡散状態が得られなかったことに起因するものと考えられる。混合の工程においてNiの凝集を防ぎ、均一に分散させることが今後に残された課題と言える。この意味で今回試みたNiを鉄粉の表面に被覆する方法はNiの均一分散に有効な方法であろう。

5. 結 言

以上市販の粉末を用いて加熱再圧法で造った高密度焼結品の特長およびその効果を述べたが、最近には特に高強度靱性部品の要求が多くなり、この加熱再圧法は不可欠の技術となると思われるが、こゝでまず問題となるのは製造コストの点である。すなわち従来の中密度品に比べて加熱再圧縮製法となり、密度増大に伴ってHS処理用押型の摩耗も大きいので、コスト高になることを免れ得ない。いかにして量産的に安価な高密度品を造るかということが今後のわれわれ焼結部品メーカーに課せられた大きな宿題であろう。

今回の実験で得られた結果を総括すると、

- (1) HS処理によれば焼結品の密度比は99%以上となり焼結体の靱性が著しく増大する。
- (2) 市販鉄粉を調査した結果、還元鉄粉はSiO₂およびAl₂O₃の

巨大介在物が多い。特に原鉱石を原料とするものに多く、このために衝撃強さが低い。電解鉄粉は純度が高く、HS 処理後の衝撃強さは今回の調査鉄粉中で最もすぐれている。噴霧鉄粉は介在物が少なく、また機械的特性もすぐれているものが多い。今後 HS 材用の鉄粉として有望である。

- (3) 混合粉方式によるニッケル鋼には Ni の偏析が多く、高 Ni 部とマトリックスとの周辺にかたい相が現われ衝撃強さや疲れ強さなどの動的機械的性質を低下させる原因となる。
- (4) 鉄粉に Ni 被覆すると Ni の合金化は粉末混合に比べ均一になり疲れ強さや衝撃強さなどの機械的性質が一段と向上する。今後の研究については Ni 被覆鉄粉の焼結現象のは握とこれによる衝撃強さの相関性を検討するとともに噴霧鉄粉および合金鋼粉末の検討により機械的特性のすぐれた焼結鋼の開発を進めることである。

終わりに本報告をまとめるにあたってご教示、ご指導を賜った早稲田大学鋳物研究所渡辺尙教授に心からのお礼を申し上げますとともに、本研究を実施するにあたり種々ご協力いただいた自動車メーカーの関係各位に深謝する。また X 線マイクロアナライザー分析などにご協力いただいた日立金属株式会社開発研究部の関係各位に感謝する。

参 考 文 献

- (1) M. Eudier: The Mechanical Properties of Sintered Low Alloy Steels; Powder Metallurgy No. 9. p 278~ (1962)
- (2) M. Eudier: Mechanical Parts Made by Powder Metallurgy in France; SAE Paper, (1965)
- (3) General Dynamics Corp 技術資料
- (4) M. Eudier: High Density Sintering of Metal Powder Compacts; Powder Metallurgy, p 137 (1961)
- (5) C. L. Kobrin: Forging Powder Preforms Combine Strength, Economy; Iron Age Metalworking International, vol. 6, No. 11. p 38~39 (1967)
- (6) K. H. Roll: Powder Metallurgy's Progress in the U.S.A during the past 10 Years; Powder Metallurgy vol. 11, No. 21, p 166~167 (1968)
- (7) 成田ほか 1 名: 鉄鋼の諸性質におよぼす非金属介在物の影響 I; 神戸製鋼技報第 16 巻 第 4 号, p 226~ (S41-10)
- (8) 成田ほか 1 名: 鉄鋼の諸性質におよぼす非金属介在物の影響 II; 神戸製鋼技報第 17 巻 第 1 号, p 53~ (S42-1)
- (9) 斎藤ほか 2 名: 新製金属講座精錬篇冶金物理化学 (1957-7) 技術資料: 川鉄の粉末冶金用鉄粉 KIP (1968-3)
- (10) R. Kiessling, N. Lange: Nonmetallic Inclusions in Steel (1966)

第 31 卷

目 次

第 2 号

・み ち の く の 放 送 局
 ・青 森 放 送 の 積 極 経 営
 ・タ イ ム シ ア リ ン グ シ ス テ ム
 ・冬 の 王 国 を 飾 る 一新威力の人工スケートリンクー
 ・八 甲 田 ロ ー プ ウ ェ ー

・北 大 ダ イ ナ モ カ ー
 ・私 の 趣 味 / 横 田 喜 三 郎
 ・今 月 の 招 待 席 / ワニの人工ふ化
 ・ハ イ ラ イ ト / 丸善石油, エチレンプラント設建
 ・サ イ エ ン ス ・ジ ョ ッ キ ー

発行所 日立評論社

東京都千代田区丸の内 1 丁目 4 番地
 郵便番号 100

取次店 株式会社 オーム社書店

振替口座 東京 71824 番
 東京都千代田区神田錦町 3 丁目 1 番地
 郵便番号 101
 振替口座 東京 20018 番



特 許 の 紹 介



特 許 第 477664 号 (特 公 昭 41-2937 号)

中 田 九 州 男

電 子 管 陽 極

この発明は、たとえば陽極損失数百W以上の水冷式送信用真空管に用いて有効な陽極構造の改良に関するもので、その要旨は図1および図2に示すように水冷式の電子管において、該電子管の陽極円筒の外側面に2個以上のコイル状金属管を、並列に巻き付けて接着し、それぞれのコイル状金属管の一端をいっしょにして冷却水の入口

口を設け、それぞれのコイル状金属管の他端をいっしょにして出口を設けたことを特長とするものである。

この発明によれば、冷却水の通路の断面積が大きく長さが短くなるので送水源の圧力を下げることができ、かつ陽極の全体について冷却効果がほぼ均一になるという効果をもつものである。(福田)

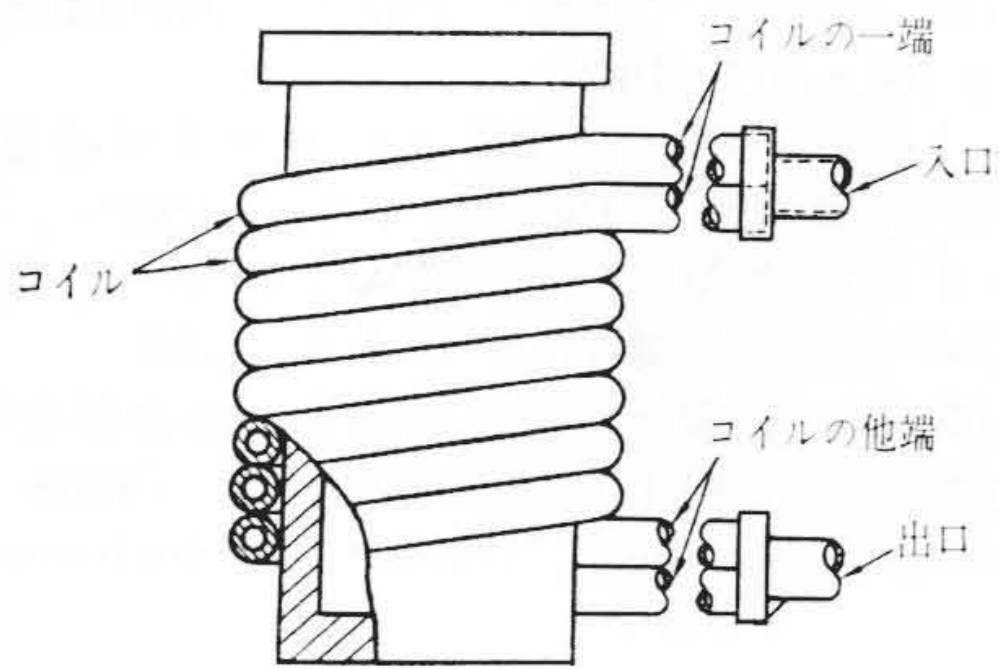


図 1

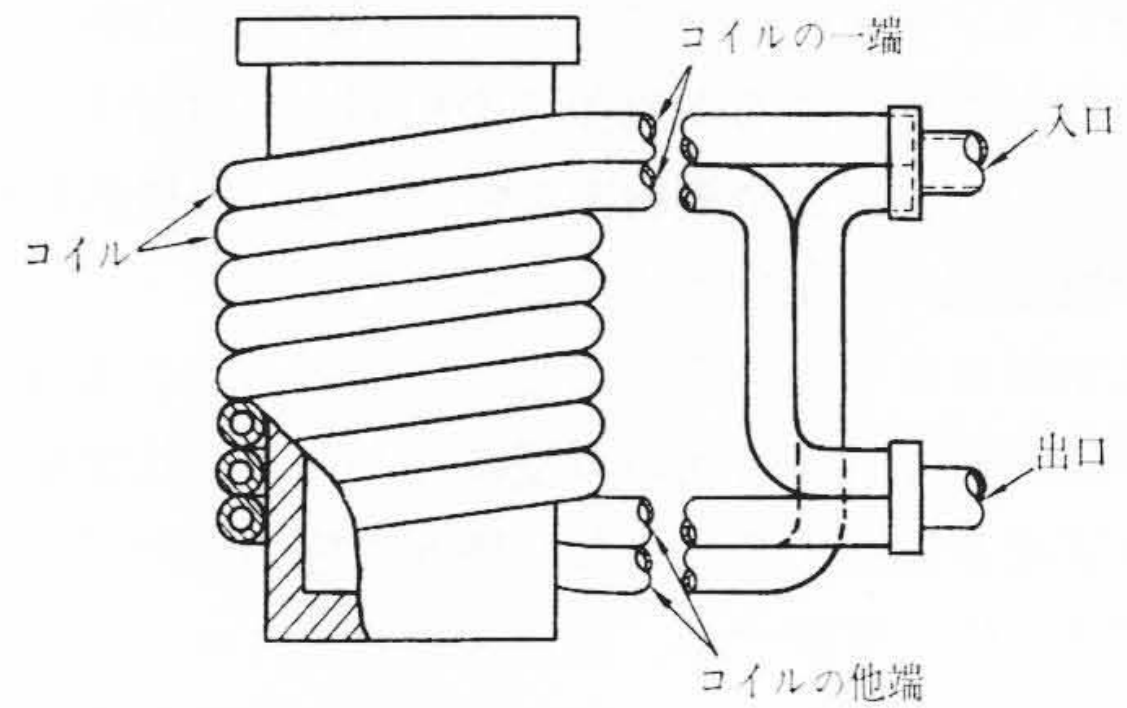


図 2

特 許 第 479262 号 (特 公 昭 41-5296 号)

木 崎 泰 作

ガ ス 入 リ 冷 陰 極 グ ロ ー 表 示 放 電 管

この発明は、交直両用が可能なガス入り冷陰極グロー表示放電管の構造に関するもので、その要旨はイオン化の可能なグロー維持ガスで満たされた容器内において、陰極のグロー表示電極が正電位にあるとき、負電位になる陽極および陽極の付属電極のグロー開始電圧が使用する交流電圧のせん頭値よりも大になるよう陽極および陽極の付属電極に炭化、酸化または黒色クロームメッキなどで表面処理したことを特長とするものである。

この発明によれば、陽極部を成形する電極を表面処理によってはなはだしく2次電子放出が困難なように形成してあるので、従来同様の直流点灯はもちろん、交流電圧を印加してもなんら支障なく使用することができる。(福田)

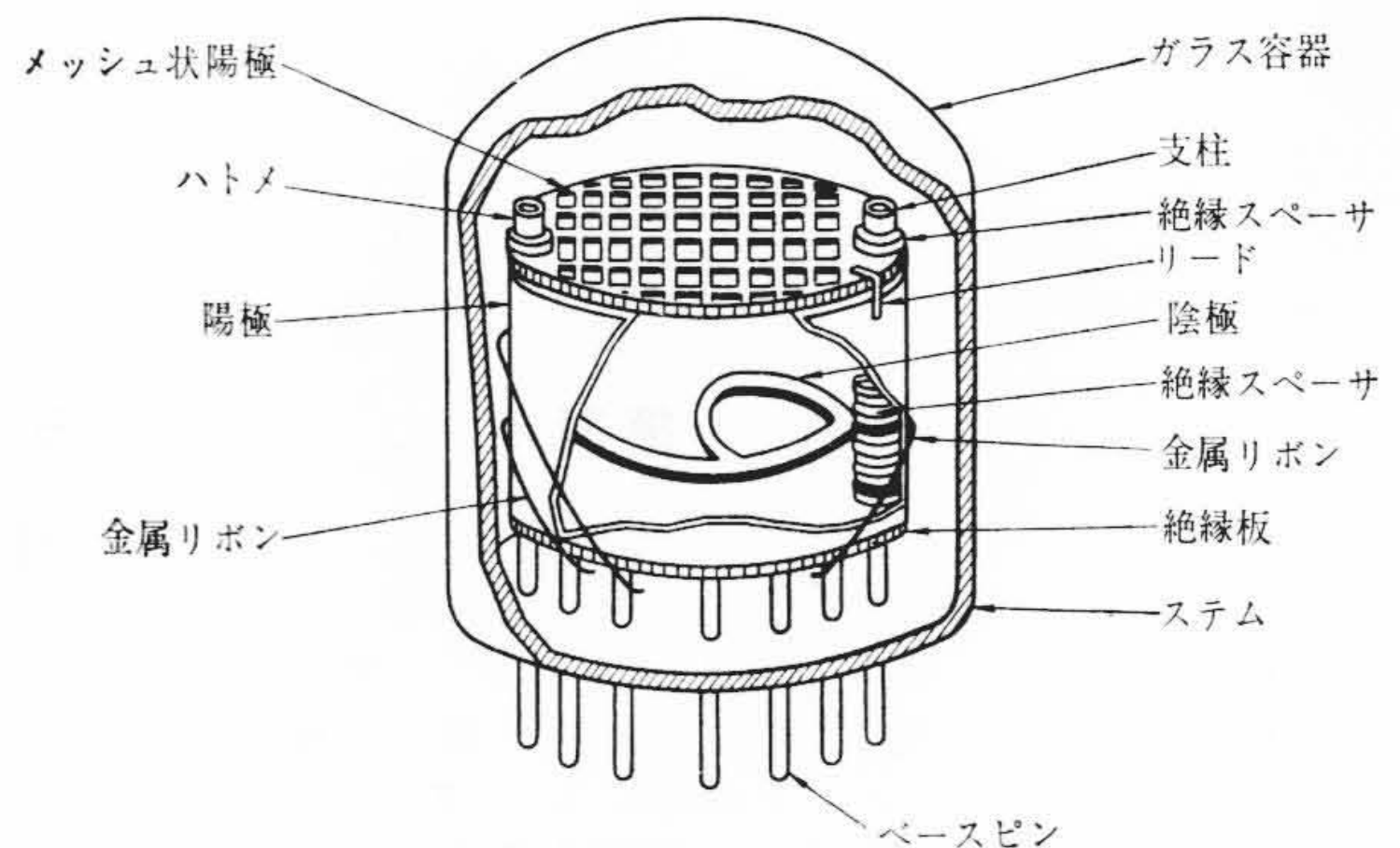


図 1

特 許 第 480549 号 (特 公 昭 41-5137 号)

内 田 淳 美

電 子 管

この発明は、高周波電子管たとえばUHF送信管に用いられる傍熱形陰極の構造に関するもので、その要旨は図面に示すように高周波電子管の傍熱形陰極において、ヒータの一端をヒータ支線に溶接し、これを金属板からなる筒状のヒータスプールに、該ヒータスプールの継方向に複数個設けたセラミック棒を介して巻回し、前記ヒータの他端を前記ヒータスプールの下部に設けたつば部に溶接固着したことを特長とするものである。

この発明によれば、傍熱形陰極のヒータ製作が容易となり、かつアルミナはがれや接触によるヒータ断線もなく、また熱容量的にもアルミナ被覆層がないため有効加熱時間を短くすることができるなどの効果を得ることができる。(福田)

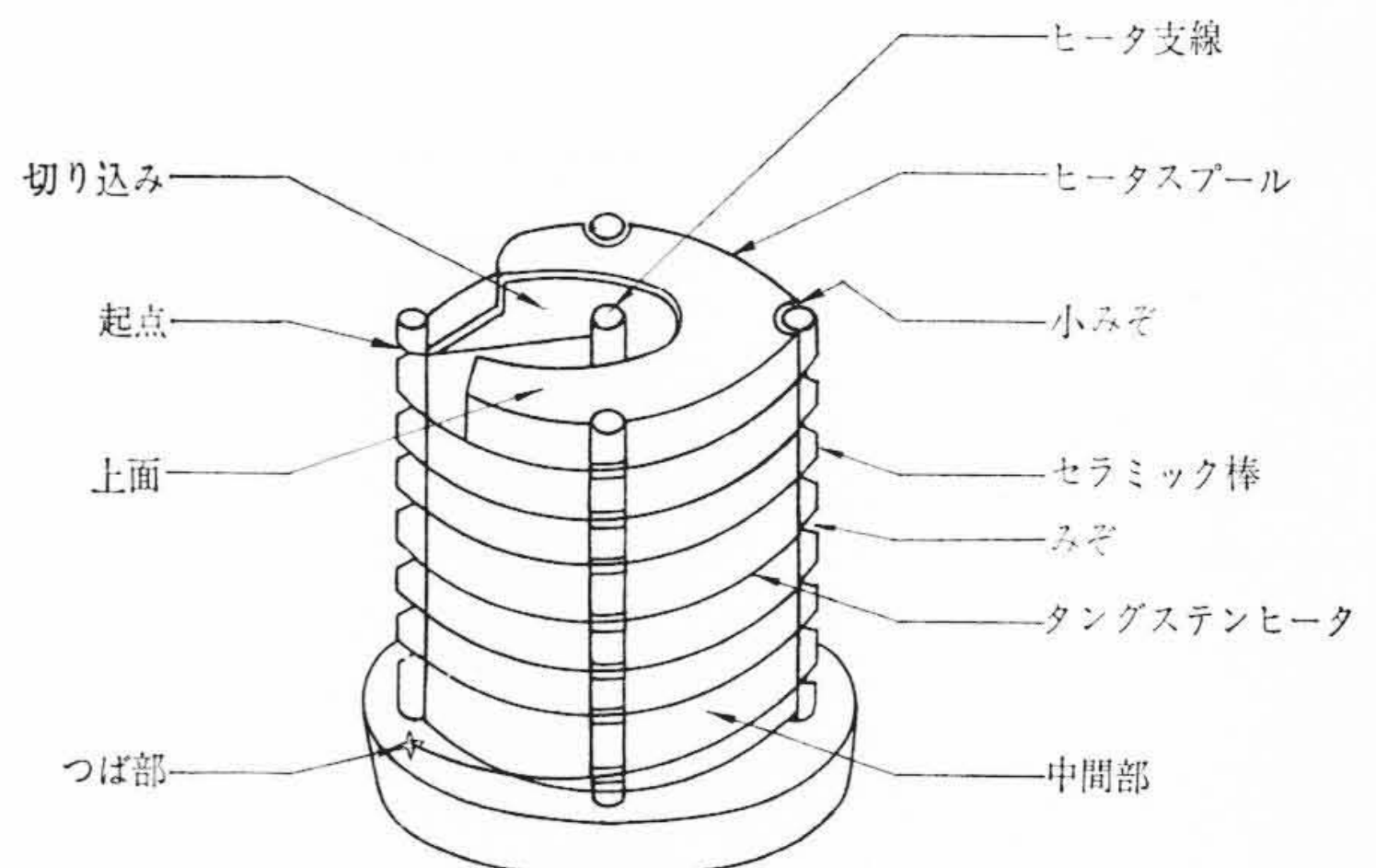


図 1