

委託調査報告

海外の鉄系粉末冶金事情

今井勇之進*

Present Status of Iron-Base Powder Metallurgy of the World.

Yūnoshin IMAI

(本篇は、八幡製鉄渡辺記念資金による海外鉄鋼事情の委託調査であつて、今井教授が昭和35年6月開催された第1回 International Powder Metallurgy Conference 出席に際し調査を委託した「海外の鉄系粉末冶金事情」の報告書である。

I. 緒 言

1960年6月13~17日 New York で開催された第1回 International Powder Metallurgy Conference に出席したついでに約40日まつたくの駆け足で工場や研究所の視察を行なつた。そのうち鉄系粉末冶金についての部を報告したい。ただあらかじめ読者にお詫びしなければならないのは筆者の言葉の不自由さから data が得られない場合もあつたが、鉄系粉末冶金工業は黎明期を脱しつつあるという段階であり、従つて明日の優位獲得の為か会社の資料を公開しない点が多かつた。従つて少ない data の各々でも満足すべきものは少ないし製造高、使用高などについては発表者によつて異なる場合が多い。たとえば1959年における各国別粉末冶金用鉄粉の使用高について独逸鉄鋼協会、独逸粉末冶金協会、Höganäs 社 Hulthen 氏(年々調査しては発表している)三者の数値にある程度の開きがあることを付記したい。

順序として鉄粉の製造、粉末冶金工業、研究などについて述べる。

II. 鉄粉の製造

直接還元法による粉状鉄の製造法にはいろいろあるが、いわゆる粉末冶金用として純度の高い鉄粉は磁鉄鉱を固体炭素で還元する Höganäs 法、熔融鉄を吹いて粉末を作る atomizing process としての Simetag 法、磁鉄鉱または mill scale (Fe_3O_4 が主体)を H_2 で還元して作るいわゆる H-iron 法の3者によるものがほとんど全部を占めると言つてよいので、まずこれらを紹介する。

a) Höganäs 法

1959年度において Sweden の工場では 28,000 t、米国の新工場では 24,000 t (米国工場発表) で世界鉄粉の 55% 以上の製造である。

Sweden の工場は夏期休暇に当るので見学を中止し米国 Riverton における新工場を見学した。

Höganäs 法は磁鉄鉱粉を固体炭素によつて還元する方法であるが Riverton の工場で使用の鉱石もおもに Sweden の 71% Fe という高純度のものと、還元用として Virginia 産灰分 5% という高純度炭から作つた cokes を計算量より 1~2% 増しに加え、さらに脱硫用として蛤大の石灰石を若干混入したものを原料とする。これを内径 14 吋肉厚 20mm 高さ約 3' の SiC の枠を4段重ねにしたものにつめる。この4段重ねの枠を4列に並べて台車に積み延長 560 呎のトンネル型還元炉を通して還元する。還元の温度は 1000°C のときと 1200°C のときとある。1000°C の方が還元に多くの時間を要するができた粉末は微粒で焼結後機械的性質も強く粉末冶金や真空熔解用の原料はこれである。これは多く O_2 含有量 0.1% 以下である。高温還元のは粒子が大きく flame cutting 用、熔接棒被覆混入材 ingot scarfing 等に用いられる。

SiC の枠は Sweden から持参するもので大体 300 回の使用に耐える。還元炉は 2 基である。還元したものは cake 状になつておりこれを jaw-crusher で砕きさらに mill で細粉化し磁気分離機にかけて石灰石を分離する。つぎにこれを篩分けして等級別に 50 kg の袋入または罐入として市場に出すが、工場全体がきわめて自動化しており直接生産に従事する労働者は 35 人という。なお、粉末冶金、純鉄材料などくに高純度のものを要するときは不銹鋼の endless belt に約 1 吋厚に乗せて H_2 gas による脱酸脱炭を行なわせる。Höganäs 鉄粉の分析の 1 例を示すと第 1 表のごとくである。また第 1 表の MH 100-24, MH 100-28, を $4 t/cm^2$ で press して 800°C 1 時間予備焼結してから $8 t/cm^2$ で再 press 後 1200°C 1 時間焼結したものの比重、抗張力、伸びはそれぞれ $7.35, 26.06 kg/mm^2, 25.7%$ 、および $7.37, 28.03 kg/mm^2, 23.5%$ である。焼結は総て乾燥 H_2 gas を用いた。また Höganäs 社の商品名の一部と

* 東北大学教授 (金属材料研究所) 工博

第1表

成分 %	銘柄		MH		MH300P
	W	M	100-24	100-28	
Fe abt.	96	97	98	98	99
C	0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.01
O	1.2	1.6	<0.8	<0.8	—
SiO ₂	0.7	0.4	0.3	0.3	0.10 ~ 0.15
S	0.015	0.015	0.015	0.015	0.005 ~ 0.010
P	0.015	0.015	0.015	0.015	0.005 ~ 0.010
H ₂ -Loss	—	—	—	—	0.3

第2表

銘柄 粒度 (メッシュ)	銘柄		
	W-40	W-100*25, W-100*29 MH-100*24, MH-100*28	W-300*29 MH-300*28
+ 40 (%)	Max. 2	—	—
+ 70	20~45	—	—
+ 100	20~45	Max. 1	—
+ 140	—	20~30	—
+ 200	15~35	25~35	—
+ 230	—	10~15	Max. 4
+ 325	0~15	10~20	5~15
- 325	0~15	abt. 20	80~90

粒度分布を示すと第2表のごとくである。pressして高比重の機械性のよい圧粉体を作るためにはW-300のごとき微粉よりW-100のごとき廉価で粒度分布の広いものの方が好ましい。

b) Simetag 法 (R.Z.法)

Simetag社は世界的に有名な鋼管製造者たるMannesmann社の分身であり上記のごとくatomizing法によつて1959年月産550tの鉄粉を作ると同時に、粉末冶金用のpress機械を製造しているが、粉末冶金界における会社の地位はプレス機械製造者として遙かに大きく、日本にも50台以上輸出しており歐洲いたる処独占的にこのプレスが働いている。また粉末冶金会社の指導のために立派な研究所を持つて研究はしているが、粉末冶金による製品は売出していない。

Simetag法は各種特殊鋼粉が純鉄粉と同様に作り得る方法としてきわめて興味深い。然しこの方法は多くの特許に保護されているばかりでなく技術的にも相当いわずのコツがあるように思われ詳細な説明が得られない個所が多かつたが概略を示すと原料はMannesmann社で作つた鋼管の両端切れ端すなわち軟鋼管材と会社の熔解炉カーボン電極の残端でこれを30tのキューボラでC 3.0~3.5%の湯を作り、鉄板の床に明けられた孔に挿入れた漏斗から湯を床下の池の中へ注ぎ込むのであるが、この漏斗の出口に二本の圧搾空気の噴射口を持ち湯を吹いて細滴とすなわちatomizeして池に降ら

せる。この空気には吸入器のように水滴を混入してやる。湯の温度換言すれば湯の粘性度、漏斗口径、空気噴射口の径と空気圧力、噴射口の方向、水滴の量などを調節して最大径1mm、300メッシュ以下の細粉も含む粉末冶金用の粉を作つている訳で高度の技術の結果と思われる。微粉泥として池中にあるものはFe₃O₄の薄い膜で覆われたC 3.0~3.5%の鉄粉で、これをendless belt conveyerでタンクへ運びこのタンクにはcylindrical oliver filterが付属しており、これで水分を手で握つて辛うじて固る程度迄除いた粉を得ている。

これをさらに乾燥してhopperから40cm角位の皿に3cm厚位にchargeして5基のElins社製の還元炉で連続的に最高1000°C迄の温度で還元している。reducing furnaceとは言うが実際は脱炭炉であり上記3~3.5% Cを被膜のFe₃O₄で脱炭する。したがつて粒の大小によつてC%に不同が生ずるが平均してC<0.1%、O₂<0.3%位のものができ、機械部品用の鉄粉としてはこのままで使用できるが磁石材料など純度の高い用途のものには約900°C水素雰囲気加熱によつてC、O₂を0.0%迄落とすという。なおこの炉の加熱は電気でSiC棒を用いている。会社は3年前には月産300tであつたがこれでは経営上赤字で現在550tにして充分黒字経営となつたという。この一連の仕事も相当高度に自動化しており、約100人の工場人員のうち大部分は研究室要員であるという。なおこの会社では自家製のpressの性能試験のためにそのpressでの圧粉体をDegussa社製の横型焼結炉で焼結している。これはSimetag、Degussa両社提携の下に前者のpressと後者の焼結炉の進歩改良用の共同研究でありまた使用者指導のためであるという。ここでの実験は相当に周到な立派なものとの印象を受けた。この焼結炉ではMoの抵抗発熱体で鉄粉焼結には1300°Cを用いている。雰囲気はアンモニアの分解ガスである1/4気圧のN₂分圧ではMoにも鉄粉にも窒化は生じない。

Simetagの粉はその製造法から判るように表面に小さい凸凹が無数にあるのでプレス、焼結が容易である。しかし純粋なFe₃O₄から作られたHöganäsの粉からの製品の方が機械的性質は上であるので歐洲では多くの使用者は両者の粉を適当に混合して使用する処が多い。独逸でもSimetagを輸出しHöganäsを輸入しているという。

(付記) Hametag Process

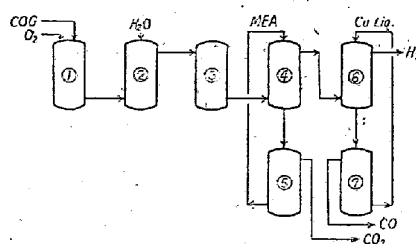
Simetagの鉄粉が独逸の90%を占めるが、ほかにHametag processとして知られる鉄粉がある。これ

は Latingen にある Dusseldorfer Eisenhüttengesellschaft で第 2 次大戦直後から初めたもので細線を切つてこれをスタンプミル、ボールミルなどで機械的に細粉化するもので、硬い扁平な粉末ができるし今となつては割高であるので市場性は薄くなりつつある。“Hame-tag” というのも Hartemetall から来たものという。米国 Easton 社の方法は Simetag の R.Z. 法である。

c) H-iron

鉄粉の直接還元法としてガスを使用するのは連続操業の点で大きい利点を有するが CO 系または C_xH_y 系のガスは還元と同時に滲炭を生じて適当とは言えない。ここで考えられるのは H_2 による還元である。米国では Hydrocarbon Research Incooperation, M.I.T., Bethlehem Steel Co., Alan Wood Steel Co. 等で連携をとりながら早くから研究されていた。近年流動焙焼法により粉体をガス中に浮動して流体として取扱う方法が発達したのと高純度の H_2 ガスが安価に得られるようになったためにこの水素還元法が経済的に実施でき得るようになった訳である。数年前から合成ガソリン製造用の Fischer Tropsch 法の触媒用鉄粉を日産 20t の装置で製造して見透を得たので 1959 年 8 月から初めて Alan Wood Steel Co. において日産 50t の粉末冶金用鉄粉製造を開始したものである。この方法は引き続き California において Bethlehem Steel Co. により世界最大の plant であるところの日産 200t 製造装置が 1960 年 9 月半より一部操業開始されたほか将来大きな発展を予想される方法である。したがって Alan Wood Steel Co. の製造法をすこし詳しく記載する。

原料としては New Jersey 洲の鉄鉱山から得られる Fe 28% の磁鉄鉱を 10 メッシュ以下に破碎して水と混合したものを磁気選鉱にかけ Fe 67% 迄上げて熔鉱炉に装入するが、さらにこの一部をまたはとくに優良な鉱石を -30 メッシュにしてふたたび水中磁気選鉱にかけ Fe 71% 以上というほとんど純粋な Fe_3O_4 の細粉を得てこれを原料とするほかにこの工場から出る月 600t の mill scale も原料に加えられる。還元用のガスは会社の熔鉱炉用のコークス炉ガスで、55.4% H_2 , 28.4% CH_4 , 4.3% N_2 , 1.4% CO_2 , 3.3% 高級炭化水素なる成分のものからいわゆる Texaco-HRI 法としての部分酸化法で得られた 96% H_2 , 4% N_2 ガスを用いる。このガス反応の過程は第 1 図に示す。図において①の発生炉では CH_4 そのほかの炭水素ガスを酸素製鋼用の酸素製造装置からパイプで引いた O_2 で $CH_4 + 1/2O_2 \rightarrow CO + 2H_2$ なる部分酸化をするのである。この反応は 500psi の加圧下で行なわれる。このガスを図の②の飽和塔に導いて



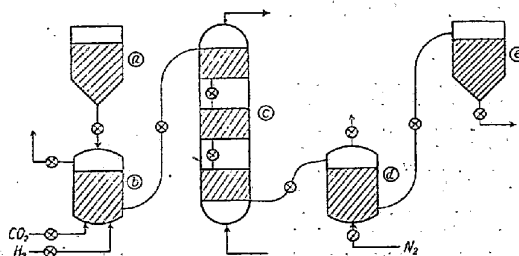
- ① 発生炉 ($CH_4 + 1/2O_2 \rightarrow CO + 2H_2$)
- ② 飽和塔
- ③ 変成炉 ($CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$)
- ④ CO_2 ガス吸収塔
- ⑤ 活性化塔
- ⑥ CO 吸収塔
- ⑦ 再生塔

第 1 図

H_2O を加え③の変成炉に導いてここで触媒を用いて $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$ なる反応を行なわせる。これによつてガス組成は 75% H_2 , 20% CO_2 , 2% CO , 3% N_2 となる。これを④なる CO_2 ガス吸収塔の下から吹上げ上から Mono-ethanol-amine の雨を降せて CO_2 および微量に混入する H_2S も吸収する。この液は⑤の活性化塔の上から加熱されたラッシュリング中を流下させて CO_2 を放出してまた④に戻る。この CO_2 は後で使用される。④を出たガスは CO_2 0.1% 以下となる。このガスを冷却し 700 psi の高圧下にて⑥の CO 吸収塔の下から吹上げ、上から醋酸銅アンモンの 20% 水溶液を降らせて CO を完全に吸収させる。この液は⑦の再生塔で沸騰して CO を放出して⑥に戻る。⑥を出たガスは 96% H_2 , 4% N_2 でこれを乾燥加熱して還元用に用いる。⑦から出た CO は燃料となる。

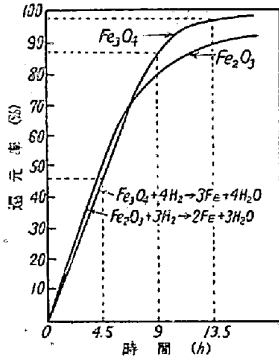
流動床還元法 (Fluid bed reduction)

上記純 Fe_3O_4 粉は第 2 図③の反応塔で 500psi, 1000 °F (538°C) で図のごとく 3 段の流動床還元を行なう。この塔は径 5.5 呎高さ 95 呎である。このごとく低温度操業のために粉体が炉床炉壁伝送管に焼着することなく操業を円滑ならしめ装置の寿命を半永久的にする利点がある。500psi という高圧のために還元率が高くその速度も大きい。



第 2 図

Fe₃O₄ および Fe₂O₃ 粉を 500psi, 1000°F で H₂ 還元すると第 3 図のごとき結果が得られる。すなわち Fe₃O₄ は初めの 4.5 時間で 47%, つぎの 4.5 時間で 87%, 第 3 の 4.5 時間で 98%還元される。すなわち第 2 図の◎における実際操業では 13.5 時間, 98%還元の状態での図の④のダンブ, ホッパーに移される。Fe₂O₃ では還元率 90% を超えないことは注目に値する。



註: 図中の 3Fe_E は 3Fe, 2Fe_E は 2Fe の誤り
第 3 図

◎における還元反応は吸熱反応であるから反応塔に入る加熱された H₂ ガスは充分過剰に供給され排気は 5% だけ H₂O 分を含むものとなる。この過剰ガスは反応床での温度保持のためと粉体を浮動させるためである。反応床では濃い雲が泡を吹く程度に見える。

操業は第 2 図の鉱石貯蔵◎の下のコックを開いて 1 回装入分だけの鉱石をチャージ・ホッパー⑥に落したのち下部の CO₂ コックを開いて⑥内の囲気を CO₂ に換える。この CO₂ は第 1 図③から得たものである。つぎにコックを切換えてさらに囲気を H₂ に換えたのち排気コックを閉めてこの H₂ 気圧を 650psi 迄高め図の ⑥-◎間のコックを開いて ◎ の 500 psi との圧力差 150 psi を利して管内流動装入を行なう。管径は 1.5 吋 10 分間に 15 t の装入が行なわれるという。この装入の前に ◎の下段の鉄粉は 500psi の圧力を利して④のダンブ・ホッパーに管伝送をし◎の上, 中段の粉をそれぞれバルブ輸送で下げておく。④に移された粉は強い自然発火性であり H₂ 囲気では後で危険のため下のコックを開いて冷 N₂ で H₂ を追放し鉄粉を冷却してのち図の◎なる鉄粉貯蔵タンクへ管伝送する。この N₂ は空気液化工場からパイプで引いたものである。この追放 H₂ は棄てられず燃料として用いられる。◎の H-iron 粉はまだ自然発火性であるので浅い皿に入れ N₂ 囲気の細い横型仕上炉にローラーで連続装入し極く短時間 1500~1600°F (816~871°C) に加熱後冷却して(ローラーを覆うパイプを水冷して) 取出し簡単な篩分けをしている。敷地は 4 エーカーという僅少なもので装置は密に整然として外観化学工場のごとく粉体は大部分が管伝送であり清潔である。製造された粉は用途別によりいろいろに別けられるが大別して粉末冶金圧粉用と電極棒被覆混入用あるいは熔断スカーフィング用と, その残りすなわち粒度も割合に粗

で Al₂O₃ など非金属介在物の多いものはそのままあるいは合金元素の粉末を混入して煉瓦状にし平炉や電気炉に装入する材料との 3 種に分けこれらの分析例を示すと第 3 表のごとくなる。Alan Wood Steel Co. の製品のうち粉末冶金用が何割かは答が得られなかつた。これは Höganäs でも同様であつた。

粒子が非常に細粉になると磁気選別でも鉄粉と Al₂O₃ とか SiO₂ とかの介在物の分離が困難である(水中磁気分離は鉄分を酸化せしめる)。ことを考えると粉末冶金用純鉄粉の製造には還元体から灰分が入らないという点で特に H-iron process が優れた面を持つと考えられる。

第 3 表

成 分	粉末冶金 圧粉用	電極被覆お よび熔断材	平炉, 電気 炉用素材
総 鉄	98.80	96.5~97.5	96.5~97.5
金 属 鉄			95~96
水素減量	0.63	0.50	
C	0.02~0.10	0.013	0.013~0.04
P	0.007~0.018	0.008~0.01	0.008~0.01
S	0.021	0.005~0.02	0.005~0.02
Mn	0.43	0.02 ~0.10	0.02 ~0.10
SiO ₂	0.20	0.5 ~1.0	0.5 ~1.0
Cu			0.01 ~0.02
Mo			0.01 ~0.02
V			0.01 ~0.02
Ni			0.01 ~0.02
Ca			0.01 ~0.02
Bi			0.001~0.002
Sn			0.001~0.002
Pb			0.001~0.002
Cr			0.001~0.002
Co			0.001~0.002
Al ₂ O ₃			0.2 ~0.4
TiO ₂			0.3 ~0.6
MgO			0.08 ~0.1

III. 粉末冶金用粉末消費高

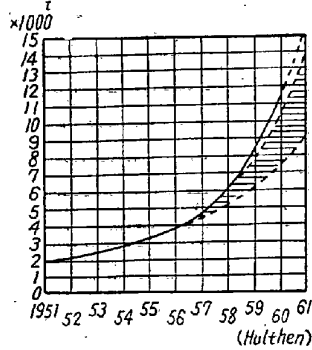
西独の Fachverband Pulvermetallurgie 発表の 1959 年度世界粉末冶金用粉末の月間平均消費高は次表のごとくである。

国 名	消費高	国 名	消費高
イギリス	300	チエコスロバキヤ	50
フランス	180	ポーランド	10
イタリー	40	デンマーク	5
オーストリー	15	アメリカ	2500
スエーデン	30	カナダ	80
ベルギー	10	アルゼンチン	15
オランダ	5	日 本	50
西 独	250	ソ 連	50
東 独	90		

このうち米, 英各約 30% 西独 10~15% は非鉄粉である。

上述のごとく西独は Simetag 外で月産約 600 t であるが Höganäs から年間 2,600 t 輸入してまた約同額を

ヨーロッパへ輸出しているから差引結局 600 t 生産して 220 t 程粉末冶金用に用いられる訳である。なお第 4 図はヨーロッパにおける 1951~1960 年間の鉄系粉末冶金の製造高である。図のハッチ部は 1955 年に予想した生産高で



第 4 図

（鉄・銅その他全部）は昭和 30 年約 815 t, 31 年 1,140 t, 32 年 1,334 t, 33 年 1,670 t, 34 年 3,078 t, 粉末冶金用の鉄粉だけについて見ると 34 年 4 月 57,369 t, 12 月 86,885 t, 35 年 6 月 98,495 t である。なおヨーロッパにおいては自動車、オートバイなどの価格低下を図るためそれらの部品をできる限り粉末冶金の製品に変更せんとしている。イタリーのあるオートバイは 32 部品が粉末冶金によつて作られるという。独逸の Volks wagen も多くの部品をこれに換えんとしている。日本の自動車オー

トバイ工業がヨーロッパ並みに粉末冶金を採入れるならばわが国の消費高はさらに大巾に伸びるものと考えられる。Photo. 1 は鉄粉系の小型部品の数例を示したものである。

IV. 粉末冶金用プレスと炉と冶金会社について

a. プレス

米国では Stokes が多くヨーロッパでは Simetag が多い。わが国でも両者のものが圧倒的に多い。single punch では大体容量 4~100 t 位であるが近年 rotary type で押型が円周上に 10~20 位のものまた multiple type で一度に数個の圧粉体が得られるものがあり圧粉の能率向上が強く考えられている。

b. 焼結炉

筆者の見た極く小範囲のことではあるが米国では Lindberg, Electric Furnace が多く、また press 製造者として著名な Stokes も近年は炉の製造も行ない現在 press と炉の売上高は 50:50 であるという。独逸では Degussa の炉が多いようである。

c. 鉄系粉末冶金会社

米国の著名な鉄系粉末冶金会社として Lionel Corporation, in Irvington, New Jersey を粉末冶金会議として見学した。この会社は玩具の列車、釣りのリールの製造で知られているが、年間鉄粉使用量 500 t 以上部品個数 2,500 万個以上という。粉は Alan Wood Steel Co., Höganäs のほか Simetag 法で作られる Easton 社と代表的三種を使用するほか Gemco, Gump, Hapman, Patterson-Kelley, Mac-Lellan, Stokes 等各社の Blender, Stokes, Dorst 等各種のプレス, Lindberg, Electric Furnace の焼結炉, 発熱囲気, 吸熱囲気発生炉など、各種機械の展示場のごとき観がありヨーロッパからの粉末冶金会社の技師達の話では非常に参考になる工場とのことである。米国につく粉末冶金国たる西独における鉄系粉末冶金工場としてもつとも参考になるのはつぎの二工場である。すなわち Sintermetall-Werke in Kerbsöge bei Lennep と V.D.M. in Hedderheim bei Frankfurt である。前者は独逸最大で製産月 100 t 以上であり I.B.M. 関係の部品も多いのでその個数は頻しい数にのぼる。また後者は製品の量は少ないがその設備関係の見学価値は前者以上と言われる。

V. 鉄系粉末冶金の今日と明日に対する所見

鉄系粉末冶金が年々数 10% 増、ときには数倍という

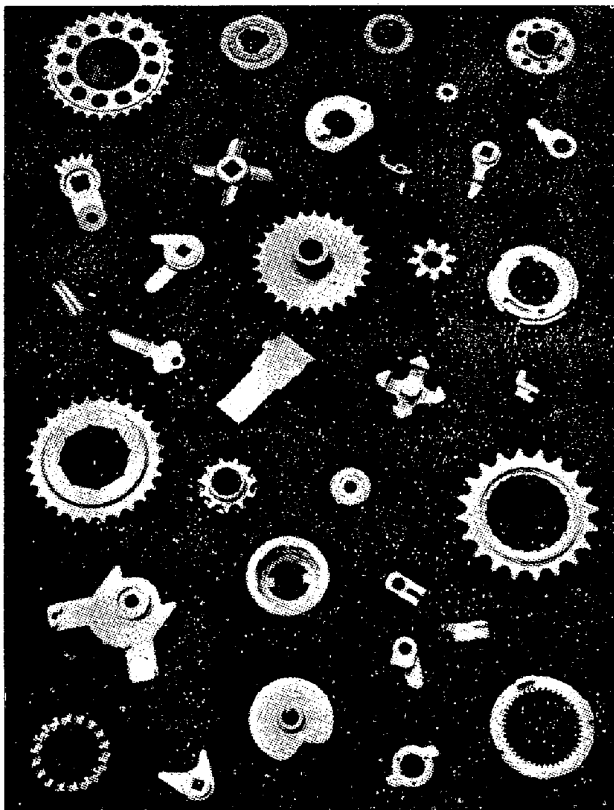
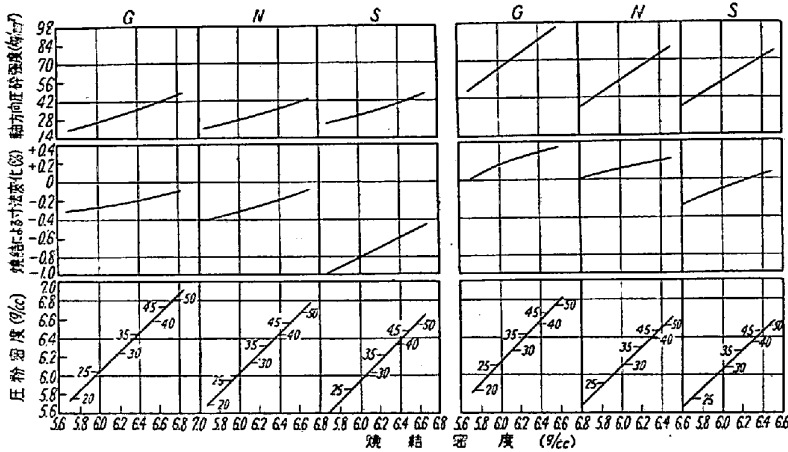


Photo. 1



第5図 Fe+1% ステアリン酸亜鉛の圧粉密度と2,050°F 30分水素囲気中焼結による寸法変化.

第6図 Fe+5%Cu+1%C +1% ステアリン酸亜鉛の圧粉密度と 2,050°F 30分水素囲気中焼結による寸法変化と軸方向圧碎強度.

いちじるしい発展を遂げつつある主因は量産して安価に得られる点にあるが安価である最大の原因はプレス→焼結後の寸法精度が向上して機械加工を要せず焼結のまま使用できるようになったためである。この焼結にさいしての収縮については粉末の使用者とくにその製造者が研究を進めている。純鉄粉では相当大きい焼縮みは免れないがこの縮み代を統制するのに現在は各国とも鉄粉と黒鉛粉によつてゐる。1例を示すと第5図および第6図は米国 Republic 社が売出しているプッシング用鉄分の G-級(焼結により grow するという意味) N-級(焼結しても Neutral で伸縮なしの意) S-級(焼結によつて shrinkage を起すという意)の諸 data で G,N は flow 50g に対して 35秒以内, Sは 38秒以内という粒度構成である。第5図は鉄粉と1%のステアリン酸亜鉛のみ, 第6図はこれに銅粉5%とグラフアイト1%を加えたものである。第5図では G,N とともに焼結により体積収縮を示すのに対し第6図では G,N とともに膨張を示す。もちろんこの中間のものもある。事実筆者が見学した上記 Lionel Corporation においても年間 2,500 万個以上の製品のうちには小型スリーブ, プッシン, ギヤーなど形状が複雑で高精度を要するものもあるが焼結後機械仕上をするものは1ヶもない。このことのほかさらに粉末の粒度分布などの改良による焼結体の強度の向上も今日の発展に与つて力あるものと思われ, 現在は焼結体の強度が一般熔解鍛造材の 80% の強度を有する。すなわち抗張力も鉄分のみで 30 kg/mm², 鉄粉+5%Cu+1%C で 55 kg/mm² というものがある。電子工業, 電気工業, 自転車オートバイ, 自動車, トラックなど諸工業に充分採用されるならばさらにこの工業が大きく進展するであろう。

以上述べたことは C 0.1% 以下, 多くは 0.05% 以下のいわゆる純鉄粉工業であるが, さらに注目すべきは R. Z. 方法その他の atomizing process による低合金鋼粉末の製造が発展する見込みである。米国における R. Z. 方法実施者の Easton 社でもこの点を誇示している。また偏析の少ない珪素鋼板の素材用粉末製造の研究も行なわれている。とくに高価な Cr-Ni 系オーステナイトステンレス鋼板の製造は工業化直前にあると思われ方々で研究室製の小巾薄板を見せられた。熔解・鍛造によつて作られるこれらの薄板の歩留りは 60% を切れる場合が多いのに, 粉末冶金法で行けば 1 t の湯から 1 t の粉末 1 t の薄板が得られる。原料高のこれらステンレス鋼にはこの歩留 100% が大きい魅力です。すでに低炭 13% Cr 鋼, 18% Cr-8% Ni 鋼, 17%Cr-12% Ni-2.5% Mo 鋼, 18%Cr-10.5

%Ni-0.5% C の鋼, 18% Cr-9% Ni-2%Mn 鋼などのほか 17%Cr-4% Ni という析出強化型ステンレス鋼粉造研究用に売出されているし, これら薄板製造工程も大体決定の段階に来ていると見られ atomizing process (熔湯吹付微粉化) の確立が急がれているという。

このように直接生産に関係しての工場の研究の外に, 粉末冶金研究面を知る手掛りとして初めに述べた International Powder Metallurgy Conference に現われた研究題目について見ると, この会議では Fundamentals and Theory 12 題目, Dispersion Strengthening 6 題目, Technology and Methods 7 題目, Materials and Applications 12 題目の 4 Symposium に分れたが, この内 Dispersion Strengthening なる現象が将来鋼基耐熱材料として大きく発展するものと考えられ, 世界第1の超耐熱合金の製造者として知られる英国の Mond Nickel Co. において大きく研究に取上げられてるほか M.I.T., New York 大学, Ransselaer Polytechnic Institute, Max-Plank Institut 等においてこの研究が取上げられつつある。このほか同会議においては

- Plastic flow model of hot pressing
- Sintering with a chemical reaction as applied to uranium monocarbide
- Contribution to liquid phase sintering
- Slip casting of metal powder and metal-ceramic combination
- Hydrostatic pressing of metal powders
- Explosive forming of metal powders
- Shrinkage compensation through alloying
- Effect of spark erosion on some cemented carbides

(東芝タンガロイ 松山氏講演)

などが筆者には割合に新しい分野の問題を取扱つた講演として興味があつた。(昭和35年12月報告)