研 究

フェライト製造工程の粉末冶金的解析

(第4報) フェライトの結晶成長(Ⅱ)

山 口 喬*

Takashi Yamaguchi: Fundamental Study on Ferrite Manufacturing Process.
(Part 4) Grain Growth in Ferrite.

Microstructures of some typical commercial ferrites (Mn·Zn-, Ni·Zn- and Cu·Zn-ferrites) are examined under different conditions of powder preparation and firing. Features and mechanisms of grain growth in each ferrite are discussed based on the basis of experimental results in the previous report. It is shown that the mechanism of grain growth might be predicted from ferrite composition as well as firing conditions. Thus, the coalescence of grains predominates in Ni·Zn-ferrite, the grain boundary movement in Cu·Zn-ferrite and both in Mn·Zn-ferrite. General considerations on effects of additives are given and the effect of Fe_2O_3 -addition on Zn-ferrite is presented. (Received Nov. 20, 1964)

緒 言

前報¹⁾でフェライトの結晶組織を観察し、結晶成長過程を四つの段階に分けて、おのおのの段階で起こる過程と結晶成長の機構とを考察した。さらに同一原料混合物から出発して調製したMn·Zn-フェライトについて結晶成長が仮焼温度および粉砕時間などのフェライト粉末の製造条件によってどのように変化するかを明らかにした。

フェライトの結晶組織は化学組成によって影響されることが当然予想される。本報告ではフェライトの結晶成長状況を概括的に述べることを目的とした。まず実用に供されているスピネル型フェライトのうちから代表的な組成のもの三つを選び、種々の焼成条件およびフェライト粉末の製造条件下で結晶組織を観察して結晶成長の特徴を比較検討した。また化学量論組成より過剰な Fe_2O_3 あるいはその他の酸化物を添加した場合の影響も調べてみた。

I 実験方法

スピネル型フェライトの代表的なものとして実用上の観点から Mn·Zn-, Ni·Zn- および Cu·Zn-フェライトの三種類を選んだ。これらの組成を Table 1 に示す。フェライト粉末の調製はすべて第2報²⁾に述べた方法で行なったが、製造条件のうち仮焼温度と粉砕時間を主な

要因として採用した。なおここで使用したフェライト粉末はフェライト化反応が仮焼の際にはほぼ完了していることをX線回折により確認したものである。フェライトの焼成条件は磁性材料としての用途によりおのおのの組成に応じて決められるが、ここでは結晶成長状況を詳細に検討するため、通常行なわれているよりもやや広い温度範囲で焼成を行なった。焼成はすべて空気中で行なった後炉外に取り出した。試料の研磨および顕微鏡による組織の観察は前報¹⁾で述べた方法に準じた。

II 実験結果と考察

1 代表的なスピネル型フェライトの結晶組織

種々の条件下で得られた結晶組織を観察した結果を主として、i) 結晶組織の特徴、ii) フェライト粉末の製造条件の影響、iii) 研磨およびエッチング、iv) duplex structure の4項目について整理し、各組成のフェライトの結晶成長の機構を検討した。多彩な変化を示す結晶組織を少数の写真で代表させることには多くの危険が伴うので組織を記述するための一つの便法として前報¹⁾で行なった結晶成長段階の分類を採用することにした。おのおのの段階に対応する組織の主な特徴を示すと次の通りである。(括弧内の記号は本報告で使用した写真がどの段階に対応するかを示したものである。)

I. 研磨およびエッチングにより結晶組織が観察できる状態に達したもので、均一な大きさの約 10μ 以下の結晶粒より成る。空孔は結晶粒とほぼ同程度の大きさで一般に角ばっていて粒界に存在する。(Photo. 1b, 3a)

* 慶応義塾大学工学部応用化学科 東京都小金井市前原町794

Table 1 Composition of Ferrite.

Ferrite	M++/Zn	Fe_2O_3 mol%
Mn·Zn-ferrite	55/45	52
Ni·Zn-ferrite	30/70	50
Cu·Zn-ferrite	50/50	50

Ⅱ. 微細結晶粒群と巨大結晶粒が共存する。空孔は微細結晶粒群内ではⅠと同じである。巨大結晶粒中には小さい角のとれた空孔がある。この組織は duplex structure と呼ばれる。(Photo. 1c, 3b)

Ⅲ. 不規則な形をした数十ミクロン程度の結晶粒より成る。粒径分布は不均一である。空孔は円形に近く結晶粒内に多く、粒界には余り認められない。(Photo. 1a)

Ⅳ. 正多角形に近い直線的な辺で囲まれた結晶粒より成り、粒径分布は比較的均一である。空孔の形および分布状況はⅢに似ているが、結晶粒内に偏在することもある。(Photo. 2a, 2b)

同一の段階に対応する組織でもフェライトの組成によってそれぞれ異なるが、これについてはできるだけ詳細に記述するように心がけた。

(a) Mn・Zn-フェライト

(i) 結晶組織の特徴

低温で焼成した場合、仮焼温度が再結晶温度より低いもの、あるいは仮焼温度が高いものでも粉砕時間が20時間以上のものを除いては不規則な形状をした約20ミクロン以上の結晶粒から成る組織(段階Ⅲに対応する)が広い焼成条件下で得られる。Ⅳの段階に対応する組織は焼成温度がかなり高くないと得られない。しかしながら仮焼温度が再結晶温度より低いフェライト粉末を使用した場合は粉砕条件にはほとんど関係なくⅣの段階に対応する組織が比較的低い焼成温度でも得られる。

空孔は比較的均一な大きさと結晶粒内に多く認められる。また焼成温度の上昇とともに空孔の数は減少するが大きくなる。

(ii) フェライト粉末の製造条件の影響

フェライト粉末の製造条件の影響については前報²⁾およびその他に報告したので³⁾、ここでは詳述しないが、

仮焼温度および粉砕時間を変化させることによって種々の組織が得られ、すべての結晶成長の段階が他のフェライトに比較して実現され易い。

(iii) 研磨およびエッチング

研磨およびエッチングの際に認められるMn・Zn-フェライトの特徴は研磨およびエッチングが比較的容易であること、エッチングに際して結晶粒界が現われ易いこと、および結晶方位によりエッチングの進行状況の差が著しいため強くエッチすると結晶粒に明暗が現われることなどである。このような結晶粒の明暗はNi・Zn-フェライトおよびCu・Zn-フェライトでは認められなかった。

(iv) duplex structure

duplex structure すなわち結晶成長のⅡの段階に対応する組織は他の組成のフェライトに較べて比較的広い粉末の製造条件 および 焼成条件下で観察される。また duplex structure を形成する場合、巨大粒子は一般に入り組んだ不規則な形で、その間に微細結晶粒群が介在していることもこのフェライトの特徴である。

(v) 結晶成長の機構

以上の観察結果からMn・Zn-フェライトでは結晶成長の機構のうちで結晶粒の併合と結晶粒界の移動の両者が進行すると云うことになる。島晶(Island grain)の生成は前者が進行していることを支持するものであり、Ⅳの段階に対応する組織が観察されることは後者もまた起こっていることを示す。一般に焼成温度が低い場合には結晶粒の併合が優先する。結晶成長の機構はフェライト粉末の製造条件によっても変化する。これは他の組成のフェライトについても同様である。

(b) Ni・Zn-フェライト

(i) 結晶組織の特徴

仮焼温度の低いものでは粉砕時間には無関係にかなり

Photo. 1 Typical microstructures of Ni·Zn-ferrite.

広い焼成条件下でⅢの段階に対応する組織 (Photo. 1a) が得られる。このような組織では空孔は結晶粒内に均一に分布している。これを強くエッチするとほとんど全面にエッチピットが生じ、ここでようやく結晶粒界が現われる。焼結体のエッチピットは物理的な欠陥によるものではなく、試料内の不純物が関与する化学的な欠陥によるものと考えられるからエッチピットが均一に分布しているということは粒界のけんちよな移動が起こらなかったと予想される。したがって Photo. 1a のような組織は主として結晶粒の併合によって得られたものと考えることができる。

仮焼温度が再結晶温度 (約1180°C) を越えると全く異なった結晶組織が得られるようになり、Ⅰの段階に対応する組織 (Photo. 1b) がかなり広い焼成条件下で観察され、Ⅲの段階は充分長時間粉碎したものか、あるいは焼成温度がかなり高くないと到達されない。また高温で仮焼した場合、Mn・Zn-フェライトでは粉碎の進行に伴って duplex structure 中の大きい方の結晶粒が徐々に大きくなるが¹⁾、Ni・Zn-フェライトではこのようなことは観察されず、ある粉碎時間までは均一な大きさの微細結晶粒より成る組織が得られ、さらに粉碎が進行すると突然巨大粒子が生成して duplex structure になる。そして duplex structure 内の微細結晶粒群は Mn・Zn-フェライトのように試料内に均一に分布せずに著しく偏在する。すなわち Photo. 1c に示すように微細結晶粒群は直線的な辺より成る巨大結晶粒に囲まれている。これは巨大結晶粒が不規則な入り組んだ形をとる Mn・Zn-フェライトと対照的である。

また高温で仮焼したもので粉碎が充分でない場合は結晶粒と同程度の大きさの角ばった空孔が粒界に多く介在し、結晶粒内に空孔はほとんど認められない (Photo. 1b)。

(ii) フェライト粉末の製造条件の影響

フェライトの粉末の製造条件が Ni・Zn-フェライトの結晶組織にどのような影響を与えるかを調べるために同一条件で粉碎して得られたフェライト粉末を成形して、2時間焼成した場合に、結晶成長のおおのの段階が得られる焼成温度を仮焼温度に対してプロットしてみた (Fig. 1*)。これから仮焼温度が再結晶温度以上になると、同一の結晶成長の段階に対応する組織を得るためには仮焼温度の高いものほどより高い温度で焼成しなければならないこと、仮焼温度がどのようであってもⅡの段階 (duplex structure) の得られる焼成温度範囲が狭いことおよびここで実験した範囲内ではⅣの段階が到達されないことなどがわかる。

(iii) 研磨およびエッチング

Ni・Zn-フェライトの研磨 および エッチングは、他の組成のフェライトに較べて困難である。エッチングに際

Fig. 1 Effect of calcination temperature on grain growth in Ni·Zn-ferrite (ball-milled for 15h)

しては粒界が現われにくい。

(iv) duplex structure

Ni・Zn-フェライトでは duplex structure の生成条件は Fig. 1 から明らかなようにかなり限定されている。このことは Ni・Zn-フェライトにおける結晶成長の主な機構が結晶粒の併合によるものであることから考えると矛盾しているように思われるが、焼成温度の上昇あるいは粉碎の進行に伴って急激かつ迅速に結晶粒の併合が起こると考えれば、duplex structure が限定された条件下でのみ観察されることは理解できるであろう。duplex structure の構成状態が Mn・Zn-フェライトと異なることもこのようなことと関係があると思われる。

(v) 結晶成長の機構

Ni・Zn-フェライトではここで行った実験条件下では結晶粒の併合によって結晶成長が進行すると考えることができる。Ni-フェライトの結晶成長についての報告⁴⁾から推察すると Ni-フェライトではⅡ～Ⅲの段階に対応する組織はあまり観察されず、粒界移動が支配的であるように思われる。しかしながら本研究で使用した Ni・Zn-フェライトでは、Ni-フェライトよりもむしろ Zn-フェライトの結晶成長の特徴⁵⁾が現われているようで、結晶粒の併合が支配的であるという結論を支持する実験結果が得られた。

(c) Cu・Zn-フェライト

(i) 結晶組織の特徴

Cu・Zn-フェライトでは種々の粉末の製造条件および焼成条件でⅠとⅣに対応する組織が多く観察される**。したがって結晶粒は直線に近い辺で囲まれていることが多く、Mn・Zn- および Ni・Zn-フェライトで認められた

* 図中でⅠの下方の範囲では、研磨およびエッチングを行って組織を観察することができなかった。

** ここでいうⅠに対応する組織では研磨が困難で、エッチした場合、結晶粒の脱落が著しく、充分組織を観察することができなかった。

Photo. 2 Typical microstructures of Cu·Zn-ferrite.

不規則な形状の結晶粒や島晶はほとんど観察されない。またⅡの段階に対応する duplex structure はきわめてまれにしか観察されない。空孔は一般に結晶粒内に比較的大きなままで不均一に分布するが、その数は多くない。前報²⁾でも述べたように、粒界が移動した範囲では空孔が排除されるためである。空孔は一般に焼成温度とともに大きくなる傾向があるが、これは Cu·Zn-フェライトが解離して酸素を遊離することによるものである。また興味深いことに、焼成温度が高くなると結晶粒の中央部附近で微細な空孔の数が増加することがある。例を photo. 2b に示す。このような組織は焼結初期に粒子の併合が粒界移動に先立って急速に進行して大きな結晶が生成するため、その際閉じ込められた空孔が粒界移動によっても完全に排除されないで残るために得られると考えれば説明できる。

結晶粒界に笹葉状の空孔が認められることがあるが (Photo. 2a 矢印)、これはフェライトの解離によって生じた Cu-酸化物がエッチングの際に脱落して生じたものである。このことはエッチングを行なわないで研磨面を高倍率で調べればこの酸化物相が黄白色に見えるからフェライトの灰色の相と識別することができる (Photo. 2c)。この酸化物相の析出が始まる温度は Cu·Zn-フェライトの組成一主として Fe_2O_3 の含有量—に依存するが、ここで使用した Cu·Zn-フェライトでは約 1100°C であった。

(ii) フェライト粉末の製造条件の影響

Cu·Zn-フェライトの結晶成長に及ぼす仮焼および粉碎条件の影響は他のフェライトほど顕著でない。たとえば 1000°C で 2h 焼成した場合、 800°C で仮焼したものでは粉碎時間を 5, 15, 20 および 60h としても組織の変化はほとんど認められず数十ミクロンの均一な大きさの

結晶粒より成る組織が得られた。仮焼を 900°C で行ったものでは 5h の粉碎で大きい結晶粒間にきわめて少量の微細結晶粒が介在している組織が得られたが、15h 以上粉碎したものでは 800°C で仮焼したものとはほぼ同様の組織が観察された。また 1050°C で仮焼した場合は粉碎時間を 60h としても充分発達した組織が認められなかった。

(iii) 研磨およびエッチング

エッチングの進行状況は Ni·Zn-フェライトとは全く対照的で粒界の腐食が著しく、結晶粒界が太い (Photo. 2a)。これは結晶成長に際して粒界移動が起こっているためフェライト中に含まれている不純物が粒界に集められるためであろう。

(iv) duplex structure

Cu·Zn-フェライトで duplex structure が観察されるのは、フェライト化反応が完了していないときとか、試料内の化学成分あるいは相が不均一なときだけである。Ⅱの段階に対応する duplex structure は微細結晶粒から巨大粒子が突然発達することによって得られるものであるから、結晶粒界の移動によってはこのようなことは起こり得ないと考えられる。

(v) 結晶成長の機構

以上の観察結果を総合するとここで行った条件の下では Cu·Zn-フェライトの結晶成長は主として結晶粒界の移動によるものであると考えることができる。

一般に固体結晶中の物質移動の難易は主として融点の高低によって決まると考えられる。したがってフェライト粉末の性状が全く同一であると仮定すれば、結晶成長に際して融点の高いフェライトでは結晶粒の併合が主として起こり、融点の低いものでは粒界移動も進行し得

る。ここで扱ったフェライトについていえば、Ni・Zn-フェライトが最も融点が高く、Mn・Zn-、Cu・Zn-フェライトの順に低い。したがってこのような考えが実験結果からも支持されたことになる。三元以上の複雑な組成のフェライトについてもこのような考え方と、ここで得られた実験結果をもとにして結晶成長状況を推定することがある程度可能になるであろう。

2 添加物が結晶組織におよぼす影響

(a) Fe_2O_3

フェライトの焼成温度範囲では化学量論組成より過剰の Fe_2O_3 は Fe_3O_4 に解離してフェライトに固溶することが知られている⁹⁾。 Fe_2O_3 の添加が結晶成長に及ぼす影響としては主としてこの固溶による効果が考えられるが、この他に添加した Fe_2O_3 のフェライト粉末内での分散状況や、フェライト粉末および Fe_2O_3 の性状などが考えられる。ここでは製造履歴の異なった三種類のZn-フェライトを使用し、これらのおおのに粒度の異なる二種類の Fe_2O_3 を所要の組成になるようにそれぞれ単独で加え、乳鉢でよく混和した後成形して $1250^\circ\sim 1420^\circ\text{C}$ の温度範囲で $1\sim 5\text{h}$ 焼成した約30種類の試料について結晶組織を観察した。焼成条件だけでなく使用したフェライト粉末あるいは Fe_2O_3 の性状によっても多種多様な組織が観察され、 Fe_2O_3 の添加量のみで結晶成長状況を一括して整理することは困難であった。またZn-フェライトおよび Fe_2O_3 を組合わせた場合、それぞれの粉末の性状が結晶成長にどのような影響をおよぼすかを明らかにすることができなかった。そこで実験結果からまとめた2、3の傾向を述べることにする。

(i) Fe_2O_3 の添加は結晶成長を促進することがわか

ったが、その程度は使用したフェライト粉末と Fe_2O_3 によって異なり、きわめて複雑な変化を示す。たとえばある組合わせでは Fe_2O_3 の添加量の増加に伴って結晶組織の型 (pattern) は変化せず結晶粒の大きさのみが増加するが、一方他の組合わせではある添加量で、均一な組織から突然 duplex structure に移行することもある。この例を Photo. 3a, b に示す。

(ii) Fe_2O_3 の添加量が増加すると duplex structure ができやすくなるようである。これは Fe_2O_3 が Fe_3O_4 になってフェライト相へ固溶することにより物質移動が促進されることと、および Zneimer^{4b)} らが指摘しているように、試料内の化学成分あるいは相の不均一が関係していることなどによるものと考えられる*。

(iii) 焼成の温度や時間が増加すると Fe_2O_3 の性状が結晶成長におよぼす影響は顕著でなくなる。

(iv) Fe_2O_3 の添加量が焼成温度における固溶限界以上になると結晶粒は急激に小さくなり、その大きさも均一で、結晶粒界に白色の Fe_2O_3 が認められる。この場合フェライト粉末と Fe_2O_3 の性状はほとんど結晶組織に影響しない。このように均一で小さい結晶粒が得られるのはフェライトに固溶してない Fe_2O_3 が結晶粒界に介在して結晶成長を阻止するためである。

(b) その他の酸化物

添加物によるフェライトの磁気特性の向上および改善については非常に多く報告されているが⁷⁾、その機構については未だ充分解明されていないようである。添加物の磁気特性への寄与がどのような機構によるものであるかを明らかにするためには添加物のフェライト中での挙動を知る必要がある。このための第一段階として結晶組織と添加物との関係を調べてみることにした。

添加物について考察する場合種々の解析方法が考えられるが、ここでは一つの試みとして、添加物を (1)フェライト相に固溶するもの、(2)固相のままでフェライト相と著しく反応しないもの、および(3)液相になるもの、の3つのグループに分けて検討した。

(1)の代表的なものとしては他のフェライト、フェライト以外のスピネル型化合物および前節で述べた Fe_2O_3 などが考えられる。フェライト以外のスピネル型化合物として ZnAl_2O_4 を添加した場合、 Fe_2O_3 とほぼ同様な結果が得ら

* 事実、ボールミルで混合すると、乳鉢で混合した場合にくらべてこの傾向は多少減殺されることがわかった。またMn・Zn-フェライトで高温で仮焼後急冷したものではスピネル単相であるが、これを粉砕後そのまま焼成したものと 700°C で加熱して Fe_2O_3 を析出させたものとの二種類について組織を比較してみたが、顕著な差が認められなかった。

Photo. 3 Effect of Fe_2O_3 -addition on microstructure (fired at 1250°C for 3h).

a
Ni-Zn-ferrite
containing 5 wt% ZrO_2
fired at $1350^\circ C$ for 2h,
etched in HCl, $\times 700$

b
Cu-Zn-ferrite
dipped in Bi_2O_3
fired at $1050^\circ C$ for 2h,
as polished, $\times 700$

Photo. 4 Effect of additions on microstructure.

れたが結晶成長の促進効果は Fe_2O_3 の方が大きいように思われた。

(2)のグループに属するものとしては ZrO_2 , SiO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , $CaSiO_3$ などが考えられる。フェライトに対してこれらの添加物が全く不活性な場合は、これらの添加物は一般に空孔と同じ挙動を示すものと考えられ、環状で多くは結晶粒界に認められるが、まれに結晶粒内に存在することもある。添加物の種類にもよるが添加量が数%以上にならないと組織に顕著な影響を与えないようである。Ni-Zn-フェライトに ZrO_2 を添加した例を Photo. 4a に示す。 ZrO_2 が単独で存在しているのか、あるいは他のフェライト構成成分との固溶体として存在しているかは明らかにされていない。

(3)の代表的なものとしては V_2O_5 , Bi_2O_3 , P_2O_5 , As_2O_3 が挙げられる。これらは焼成時に液相となってフェライト相をよく濡らす場合が多いので、結晶粒界に薄い皮膜状になって入り込み粒界の移動を抑制して結晶成長を妨げる傾向がある。事実 V_2O_5 , Bi_2O_3 , As_2O_3 などを添加したものでは結晶粒界にフェライトと区別できる第2相を検出することができる⁸⁾。Photo. 4b は予め焼成した CuZn-フェライトを Bi_2O_3 中に埋めて $900^\circ C$ で 1h 加熱して得られた組織である。灰色の相が Bi_2O_3 を含む相である*。添加物がどのような状態で存在するかは、添加物の種類、焼成温度などによって異なる。たとえば As_2O_3 を添加した場合、粒界に As_2O_3 を含むと思われるフェライト以外の第2相が観察されるが、 As_2O_3 は高温では昇華するので単独で存在するとは考えられない。また V_2O_5 はフェライトと反応して V_2O_5 を含む複雑な化合物を形成し Fe_2O_3 を遊離することが知られて

いる⁸⁾。

このグループに属する添加物は一般にフェライトの再結晶温度を低下させる傾向がある。たとえばここで使用した Cu-Zn-フェライトに V_2O_5 を 1 wt% 添加することにより再結晶温度が $150\sim 200^\circ C$ 低くなる⁸⁾。したがって添加物の存在により仮焼時の焼結状況が異なり、これを粉碎して得られるフェライト粉末の性状も、変化する場合があるから、添加物の組織への影響を調べるにあたってはこの点についても考慮しなければならない。

III 結 び

前報に引きつづき多くの実験結果をもとにしてスピネル型フェライトの結晶成長についてその概略を述べた。本報告で述べた実験結果を定性的に要約すると次のようになる。

1) Mn-Zn-フェライトではフェライト粉末の製造条件により組織が広範囲に変化する。結晶成長は結晶粒の併合と粒界移動の両者による。

2) Ni-Zn-フェライトでは粒界移動はほとんど認められず、結晶粒の併合が支配的である。

3) Cu-Zn-フェライトでは主として粒界移動が優先し、IVの段階に近い組織が得られやすい。また高温では解離して Cu-酸化物を析出する。

4) 化学量論比より過剰な Fe_2O_3 を Zn-フェライトに添加すると結晶成長が促進されるが、Zn-フェライトおよび Fe_2O_3 の性状によっても変化する。

5) 試料内の化学成分が不均一の場合はフェライトの組成にはほとんど関係なく duplex structure が生成しやすい。

6) 添加物が結晶組織におよぼす効果を調べる場合、添加物の挙動を検討することは有用である。

結晶組織に影響を及ぼす要因はここで検討したもの以外にも多く考えられ、その機構も複雑であると思われる。しかしながら多くの実験結果をもとにして種々の結晶組織の成因とそれに及ぼす主な要因が明らかにされれば、フェライトの磁気特性を焼結体としての性質から考察することもある程度可能になり、ひいてはこれらの情報を製造工程の評価と管理に資することも可能になるであろう。

しばしば述べるようにフェライトの結晶成長を検討する場合には非常に多くの要因と現象を対象にしなければならない。ここでは個々の細かい問題について詳細に立ち入ることは避けたがこれらについては稿を改めて報告する予定である。

* 添加物の挙動を調べる場合にはエッチングに細心の注意が必要である。この灰色の相は HCl に容易に溶解する。

(付記) 実験の遂行および報告の作製に際して終始有益な助言と鞭達を賜った武井武および久野洋両先生に深く謝意を表します。また試料の作製その他に援助して下さった城戸美智子さんに厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 山口：粉体および粉末冶金, 11, (1964) 66.
- 2) 山口：ibid., 10, (1963) 7.
- 3) T. Yamaguchi: J. Amer. Cer. Soc., 47, (1964) 131.

- 4a) S. L. Blum, J. E. Zneimer, H. Zlotnick: ibid., 40, (1957) 149.
- 4b) P. Levesque, L. Gerlach, J. E. Zneimer: ibid., 41, (1958) 300.
- 5) T. Yamaguchi, A. Hosoi: Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Res., 55, (1961) 66.
- 6) たとえば T. Yamaguchi, T. Takei: Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Res. 53, (1959) 207.
- 7) たとえば 武井・杉本・新井：科研報告, 32, (1956) 106.
- 8) 山口・武井：日本金属学会 昭36. 秋期大会 (第49回).

会 告

粉体の粒度測定技術講習会 (案)

—— 実 習 を 中 心 と し た ——

共 催 粉体粉末冶金協会, 日本材料学会, 化学工学協会関西支部, 窯業協会で・四国支部, 山陽技術振興会
 期 日 昭和40年9月16日(木)~18日(土)
 会 場 岡山大学工学部 岡山市津島
 定 員 100 名
 会 費 会 員 5,000円 非会員 6,000円
 テキスト 「粉体粒度測定法」粉体工学研究会編 (定価 1,000円) を使用します。
 次 第

〔講 義〕 9月16日 (木)

- 9.30~10.30 1) 粒度の定義と表示法
 2) 試料分割法
 10.30~12.20 3) 測定法概論
 4) 試料分散法

昭和電工 三輪茂雄氏
 “ “
 京大化研 荒川正文氏
 “ “

〔実 習〕 9月16日 (木) 13.20~16.30
 17日 (金) 9.30~16.30
 18日 (土) 9.30~16.00

(注) 2日半で参加者は6種類の実習が受けられます。ただし各測定法につき、人員の制限がありますので希望通りにならないことがあります。

No. 測定法

1. 顕微鏡法
2. フルイ分け法
3. コールターカウンター法
4. アンドレアゼンピペット法
5. 沈降天秤法
6. 光透過法
7. 比重計法
8. 空気透過法

実習担当講師
 昭和電工 三輪茂雄氏
 “ “
 名工試 山内史朗氏
 理 研 沢 畠 恭氏
 京大化研 荒川正文氏
 東大工 菅沼彰氏
 京大工 田中善之助氏
 京大化研 荒川正文氏

申込方法 下記事項をご記入のうえ会費を添えてお申込み下さい。

- 1) 氏名, 年令, 会員または会員外, 勤務先 (職名, 所在地)
 連絡先 (聴講券, 領収書送付先)
 送金方法
- 2) 実習の希望順位を第1希望から第8希望まで記入して下さい。
- 3) 送金はできるだけ現金書留・為替・小切手でお願いします。
- 4) 電話による申込, 申込書だけの申込は受けけません。

申 込 先 日本材料学会 講習会係

京都市左京区吉田泉殿町1の101 TEL 77-1912 振替口座 京都 26625

申 込 締 切 昭和40年8月25日 (水) (ただし定員に達すれば締切ります。)