

МЕТАЛЛУРГИЯ

Г. Х. ГЕВОРКЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ
ФЕРРИТОВ С ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЕТЛЕЙ ГИСТЕРЕЗИСА

В настоящее время не существует общепринятой методики определения надежности производства. Существует мнение, что ее можно определить как процент выхода годных изделий. Однако на наш взгляд, целесообразнее определить надежность производства как среднеквадратичное отклонение свойств или коэффициент вариации, так как они наиболее полно описывают неоднородность свойств совокупности изделий и удобнее при расчетах.

Производство малогабаритных ферритов с прямоугольной петлей гистерезиса (ППГ) характеризуется большой невоспроизводимостью магнитных свойств сердечников, т. е. высокой ненадежностью, например, в некоторых случаях брак может достигать 50—90%. Ферриты с ППГ нашли широкое применение в вычислительной технике, поэтому исследование надежности их производства является актуальной задачей.

Анализ распределения параметров петли гистерезиса магний-марганцевых ферритов [1] показал, что неоднородность их свойств не накапливается постепенно от операции к операции, а возникает на вполне определенных этапах производственного процесса. Нами было выяснено, что этими этапами являются операции приготовления пресспорошка и прессование. В настоящей работе исследован процесс прессования малогабаритных ферритовых сердечников.

[Ж. В. Уэст [2] считает, что при объемной дозировке точности ее зависит от идентичности насыпного веса порошка ($T_{\text{н}}$), однако по нашим наблюдениям $T_{\text{н}}$ меняется внутри одной партии пресспорошка в пределах ошибки измерения [1], поэтому эти колебания не могут быть причиной неоднородности засыпки. Точность дозировки по [3] зависит также от колебаний гранулометрического состава, но и в этом случае, хотя и наблюдается некоторое изменение величины неоднородности при изменении среднего диаметра гранул, однако даже при минимально осуществимой разнице в диаметрах частиц ($\approx 5\%$) неоднородность свойств существенно не уменьшается. Таким образом, механизм возникновения ее при прессовании не ясен.

Этому вопросу посвящена данная работа.

1. Исследовалось прессование на автоматических прессах конструкции ИТМ и ВТ АН СССР [4] кольцевых сердечников: сырых $1,5 \times 1,0 \times 0,55$ мм и спеченных $1,3 \times 0,8 \times 0,45$ мм, где первые два числа — внешний (D) и внутренний (d) диаметры, последнее число — высота (h) кольца. Ферриты изготовлялись по обычной технологии, пресспорошок имел дисперсность $+0,20-0,16$. Величина разброса оценивалась по величине коэффициента вариации K при числе измерений 150, чему соответствовала ошибка в определении K , равная 10% , при надежности 0,9. Кольца взвешивались на аналитических весах, высота определялась с помощью индикатора часового типа ИЧ-10.

2. Неоднородность свойств изделий при прессовании выражается в разбросе их плотности, что и приводит в процессе дальнейшей обработки к различию в усадке, пористости, структуры и, в конечном счете, к флюктуациям магнитных свойств. Действительно, если отобрать и обжечь сырые сердечники с одинаковым весом q и габаритами, то разброс сигнала резко уменьшается. Внешний и внутренний диаметры колец при прессовании меняются в пределах $\pm 2-5\%$, а высота в пределах $\pm 50\%$ от среднего значения. С другой стороны, корреляционный анализ изменения веса и высоты на 200 сердечниках показал, что h и q хорошо связаны (коэффициент линейной корреляции $r = +0,77 \pm 0,01$). Поэтому нами исследовался разброс только одного технологического параметра — высоты сердечников.

Из опыта производства ферритов с ППГ известен факт, что чем больше размеры колец, тем больше выход годных изделий. Действительно, габариты исследуемых ферритов настолько невелики по сравнению с дисперсностью пресспорошка, что должны скрываться статистические флюктуации числа частиц N гранул, попавших в прессформу. Как известно [5], коэффициент вариации числа частиц в конечном объеме обратно пропорционально \sqrt{N} , поэтому с ростом объема прессформы должны убывать колебания размеров и веса изделий. Предполагая, что средняя высота (h) сердечников пропорциональна \sqrt{N} , можно определить коэффициент вариации высоты K_h , зная коэффициент вариации числа частиц $K_N = 1/\sqrt{N}$. Расчет показывает, что при этом предположении

$$K_h \cdot (\sqrt{h}) = \text{const.} \quad (1)$$

Для проверки этой формулы нами были отпрессованы из одной партии пресспорошка и на одном и том же прессе по несколько сот сердечников со средней высотой, равной 0,4; 0,5; 0,6; 0,7 мм и для каждой из этих групп определен коэффициент вариации высоты. На рис. 1 приведены результаты измерений, а также кривая, рассчитанная по формуле (1). Из хорошего совпадения расчетных и экспериментальных данных следует, что основной причиной неоднородности является разброс количества засыпанных гранул. Чтобы доказать это положение, нами был осуществлен опыт по моделированию в масштабе 50:1. В качестве "идеальных гранул" лишенных колебания таких

характеристик пресспорошка, как насыпной вес, текучесть, шероховатость и др. применялись стальные шары диаметром 9,5 мм.

Бункер с шарами перемещался до отверстия „матрицы“, куда засыпались шары. Затем открывались шторки, образующие дно матрицы и шары высыпались на чашку весов. Полученное распределение веса засыпанных шаров (засыпка производилась 200 раз) имеет асимметричную форму (рис. 2) и коэффициент вариации $K=13,8\%$

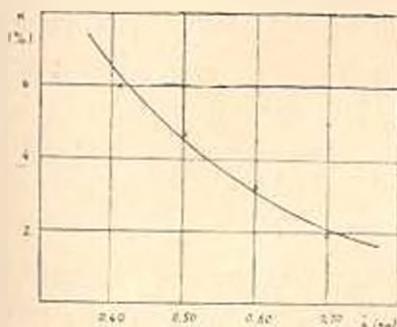


Рис. 1. Зависимость разброса (K) высоты сырых сердечников от их средней высоты (h). Кривая — расчетные данные, точки — эксперимент.

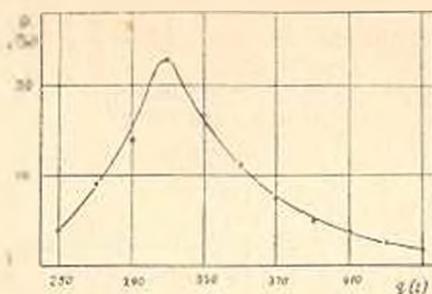


Рис. 2. Распределение веса (q) засыпанных в прессформу шаров. Число опытов равно 200.

1,0%. На двухстах сердечниках, отпрессованных на одном прессинструменте, был получен коэффициент вариации их веса $K=15,2\% \pm 1,1\%$. Поэтому было сделано заключение, что ненадежность процесса прессования возникает за счет флуктуаций числа попавших в матрицу гранул пресспорошка.

Простейшим способом увеличения надежности операции засыпки является увеличение дисперсности порошка. Из формулы (1) можно вывести, что для того, чтобы коэффициент вариации уменьшился в α раз, надо уменьшить радиус частиц в α^2 раз. Однако этот путь может дать некоторое увеличение надежности лишь для крупных изделий с $D > 2,0$ мм, так как гранулы диаметром меньше 0,07—0,12 мм уже плохо засыпаются в прессформу. Поэтому нами были теоретически исследованы с применением вероятностных методов различные варианты циклов прессования, в том числе и методы с двухстадийным прессованием и с „предварительным заполнением“ [6, 7], однако ни один из них не дал положительных результатов.

Пусть, например, процесс прессования разбит на n этапов. В течение каждого этапа засыпается и спрессовывается такое количество порошка, что высота сердечника возрастает на

$$h_1 = \frac{h}{n},$$

где h — высота по окончании всей операции прессования.

Можно выяснить, при каких условиях возрастет надежность прессования (т. е. уменьшится α).

Пусть известна связь между среднеквадратичным отклонением и средней высотой:

$$\sigma = a h^k, \quad (2)$$

$$\sigma_i = a \bar{h}_i^k, \quad (3)$$

где σ и σ_i — среднеквадратичные отклонения для прессования сердечника за один прием и на i -ом этапе, а h и \bar{h}_i , соответствующие средние высоты. Если на каждом этапе высота сердечника увеличивается всегда на \bar{h}_i , т. е. $h_i = \frac{h}{n}$, то по известному соотношению для дисперсии суммы не зависящих переменных

$$\sigma' = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2},$$

где σ' — соответствует сердечникам, отпрессованным за n этапов. Так как по предположению h_i не зависит от i , то и σ_i также постоянно. Тогда:

$$\sigma' = \sqrt{n} \sigma.$$

Используя соотношения (2) и (3), получим отношение среднеквадратичных отклонений для сердечников, отпрессованных в n этапов и по обычной технологии, равным

$$\frac{\sigma'}{\sigma} = n^{\frac{1-2k}{2}},$$

$\sigma' / \sigma < 1$, т. е. надежность процесса увеличивается, лишь при условии $K > \frac{1}{2}$. Однако в нашем случае $K = -\frac{3}{2}$ (см. формулу (1)), следовательно, надежность прессования не возрастет.

На основании произведенных расчетов пришлось отказаться от свободной засыпки пресспорошка и применить метод принудительного заполнения полости прессформы, путем выдавливания массы из бункера. Для того, чтобы сердечники после формования сохраняли механическую прочность, в масса имела достаточную пластичность для полного заполнения формирующего объема, необходимо подобрать соответствующее содержание связки. Нами было установлено, что оптимальное содержание связки — 10%-ного водного раствора поливинилового спирта — должно быть равным 30–50%. Выдавливание производилось на гидравлическом прессе с последующей подпрессовкой верхним пуансоном, что необходимо для ликвидации шероховатости верхней поверхности. В результате прессования малогабаритных ферритовых сердечников был получен коэффициент вариации их высоты, равный 4,8%, что в 2–3 раза меньше величин, наблюдаемых при свободной засыпке пресспорошка.

3. Проведенное исследование показало, что основной причиной возникновения неоднородности свойств ферритов является ненадежность операции прессования, что есть следствие флюктуаций количества засыпаемого пресспорошка.

Для существенного уменьшения неоднородности изделий необходимо принудительное заполнение полости матрицы при прессовании.

ՓՅՈՒՆՈՒՄ

Поступило 6.1.1965

Գ. Խ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ

ՀԻՍՏՈՐԻԱԿԱՆ ԻՐԿԱՆԿՅՈՒՆ ՕՂԱԿ ՈՒՆԵՅՈՂ ՖԵՐՐԻՏՆԵՐԻ ԻՍՈՂԿԱՆ
ՀՈՒՍԱԿՐՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա Վ Փ Ո Ւ Ն Ո Ւ Մ

Հիստորիկոսի ուղղանկյուն օղակ ունեցող փոքր գորարիտային ֆերրիտների արտադրությունը բնորոշվում է միջուկների մադնիսական հատկությունների շատ մեծ փոփոխականությամբ և հետևապես արտադրության անհաստատությամբ (որոշ դեպքերում խոտանք հասնում է 50—90 տոկոսի):

Կատարված հետազոտությունը պարզված է, որ մագնիզի-ման ցանցային ֆերրիտների հատկությունների անհամասեռությունը առաջանում է արտադրության պրոցեսի որոշակի շրջանում — այն է՝

- ա) մամլման փոշու պատրաստման, և
- բ) ֆերրիտների մամլման ժամանակ:

Ավտոմատիկ մամլիչների վրա ուսումնասիրելով օղակային միջուկների մամլման պրոցեսը, արված են հետևյալ եզրակացությունները.

1. Ֆերրիտների հատկությունների անհամասեռության հիմնական պատճառը հանդիսանում է մամլման պրոցեսի անհաստատվածությունը, որը իր հերթին առաջանում է կազապարի մեջ լցված փոշու քանակի փոփոխականությունից:

2. Կատարված հետազոտություններից և ճաշվումներից պարզվում է, որ անհրաժեշտ է հրաժարվել կապուպարի մեջ փոշու ազատ լցումից: Ֆերրիտային միջուկների մամլման պրոցեսի հաստատության բարձրագույն համար անհրաժեշտ է գործադրել կապուպարի ծախսի ստիպույական լցման եղանակը:

Լ Ի Տ Ե Ր Ա Տ Ր Ա

1. Геворкян Э. Т., Геворкян Г. А. «Влияние технологии на воспроизводимость ферритов с прямоугольной петлей гистерезиса», сб. тр. ФВНИИЭМ (в печати).
2. Керметы, сб. переводов III.1, М., 1963, стр. 138—152.
3. Вязников Н. Ф., Ермилов С. С. «Применение изделий порошковой металлургии и промышленности» Машгиз, М.,—Л., 1960.
4. Раокин Л. В., Соскин С. А., Эпштейн Б. Ш. «Технология ферритов», ГИИ, М.,—Л., 1962.
5. Френкель Я. И. «Статистическая физика», Физматгиз, М., 1953.
6. Проспект фирмы «Dozim» Kochel, ФРГ, «Высокопроизводительные пресс-автоматы».
7. Булвин Н. А. «Машины для производства тонкой керамики», Машгиз, М., 1962.