

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ СПЛАВОВ

Э.А. Жукова, В.П. Лавров, Г.С. Певзнер
(Ленинград)

В настоящее время в связи с быстрым развитием науки резко возрастают требования к аппаратуре, предназначенной для научных исследований. Аппаратура должна быть комплексной, быстродействующей, высокоточной, иметь гибкую программу управления экспериментом и режимом измерений, выдавать на выходе информацию в цифровой форме для возможности обработки данных эксперимента по любой программе на цифровых вычислительных машинах. С целью удовлетворения указанным требованиям и разрабатываются измерительные информационные системы (ИИС) для научных исследований. Общим для всех ИИС является то, что они предназначены для получения непосредственно от исследуемого объекта информации о значениях параметров, характеризующих этот объект. Структура такой системы совместно с исследуемым объектом и потребителем информации может быть представлена в виде, изображенном на рис. 1 [1].

Особенностью ИИС для научных исследований является наличие:

1) выбора и регулирования воздействующего фактора на исследуемый объект по любой программе, задаваемой исследователем;

2) управления измерительной аппаратурой в зависимости от вида исследований;

3) смены программ логической обработки в зависимости от цели эксперимента;

4) возможности вывода информации в любой удобной для исследователя форме, меняющейся по его желанию в процессе эксперимента;

5) смены программ для ЦВМ в зависимости от типа эксперимента.

Тогда структура ИИС для научных исследований может быть изображена, как показано на рис. 2.

Такие системы позволяют значительно снизить трудоёмкость научного эксперимента, ускорить его выполнение и обработку полученных данных.

В дальнейшем будет рассматриваться конкретная ИИС, предназначенная для исследования магнитных свойств сплавов в широком диапазоне температур.

Целью ввода в эксплуатацию описываемой ИИС является существенное увеличение производительности труда при изысканиях, разработке и исследовании сплавов, а также создании технических предпосылок для автоматизации процесса построения диаграмм состояния.

Рассматриваемая ИИС предназначена для автоматизированного получения зависимостей типа "свойство-время", "свойство-температура", "свойство-состав" сплавов в твердом состоянии. В функции системы входят: производство лабораторных измерений нескольких физических величин (магнитных) в зависимости от одного из указанных параметров на серии образцов, сбор данных, хранение и обработка собранной информации. Характер, порядок и объем измерительных операций, а также изменение и регулирование температуры образцов, должны определяться вариантами программ, выбираемыми исследователем.

Структурная схема такой системы представлена на рис. 3. Из нее видно следующее.

Переходы исследуемых образцов от одной температуры (внешнего фактора) к другой по заданной программе реализуется с помощью регулятора температуры. Затем измеряется поток, намагничивающий ток, температура, время и номер образца. С помощью схемы логической обработки производится регулирование измерительной информации (сокращение избыточности, выявление характерных точек и областей и т.д.).

ИИС

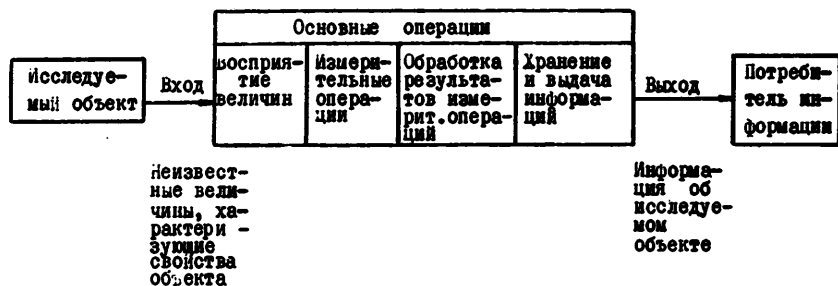


Рис. 1

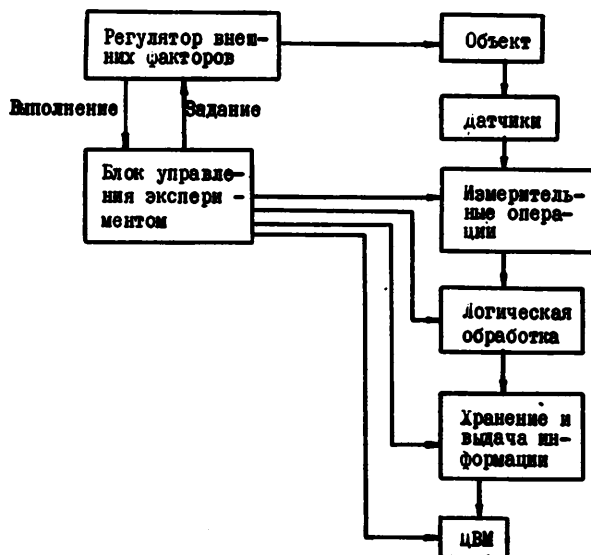


Рис. 2

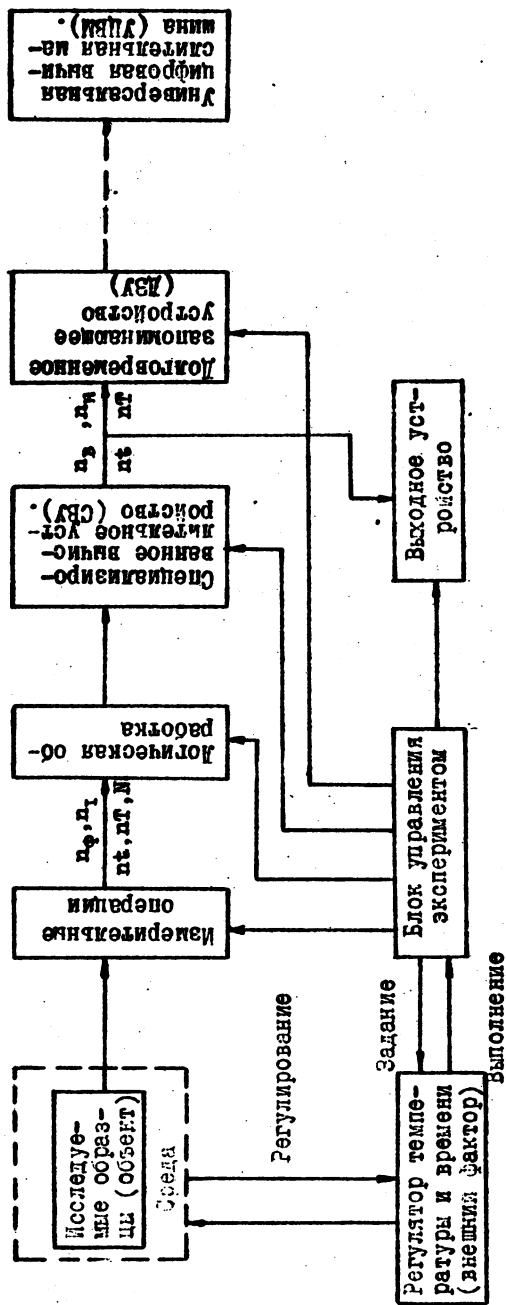


Рис. 3

Специализированное вычислительное устройство с учетом масштабных коэффициентов, хранящихся в его памяти, преобразует информацию в натуральный масштаб.

Выходные устройства позволяют вести контроль за ходом эксперимента в любое время. В качестве выходных устройств используются цифронпечатальное устройство, самописцы, электронно-лучевая трубка и цифровое табло.

Долговременное запоминающее устройство позволяет хранить весь объем полученной информации о результатах эксперимента до их обработки на ЭЦВМ в любое удобное для исследователя время. Целью этой обработки является получение как производных величин по первичной информации, так и получения различных зависимостей по желанию исследователя.

Функциональная схема ИИС представлена на рис. 4. На ней показаны основные функциональные узлы системы. Исследуемые образцы помещаются в специальные печи, где также установлены датчики температуры. Датчики температуры связаны с регулятором температуры, работающим по программе, задаваемой блоком управления экспериментом. Регулятор температуры изменяет и поддерживает температуру по заданной программе.

На образцах имеются намагничивающие и измерительные обмотки. Намагничивающие обмотки связаны через коммутатор 1 с устройством размагничивания и намагничивания. Измерительные обмотки исследуемых образцов через коммутатор 2 связаны с измерительными схемами. На измерительную схему также подается через коммутатор 2 напряжение с датчиков температуры.

В качестве измерительных схем служат:

- а) для температуры - преобразователь "напряжение - цифровой код" (например, АПН-1);
- б) для потока - фликсметр (тип Ф-190);
- в) для намагничивающего тока - калиброванное сопротивление.

В дальнейшем напряжение с фликсметра и падение напряжения на калиброванном сопротивлении подаются на преобразователь "напряжение - цифровой код" (например, Ф706).

Датчик времени выдает цифровой код, соответствующий текущему времени в истинном масштабе. Номер каждого подключаемого образца соответствует положению коммутаторов 1 и 2, работающих синхронно. Номер образца необходимо фиксировать для построения характеристик типа "свойство-состав".

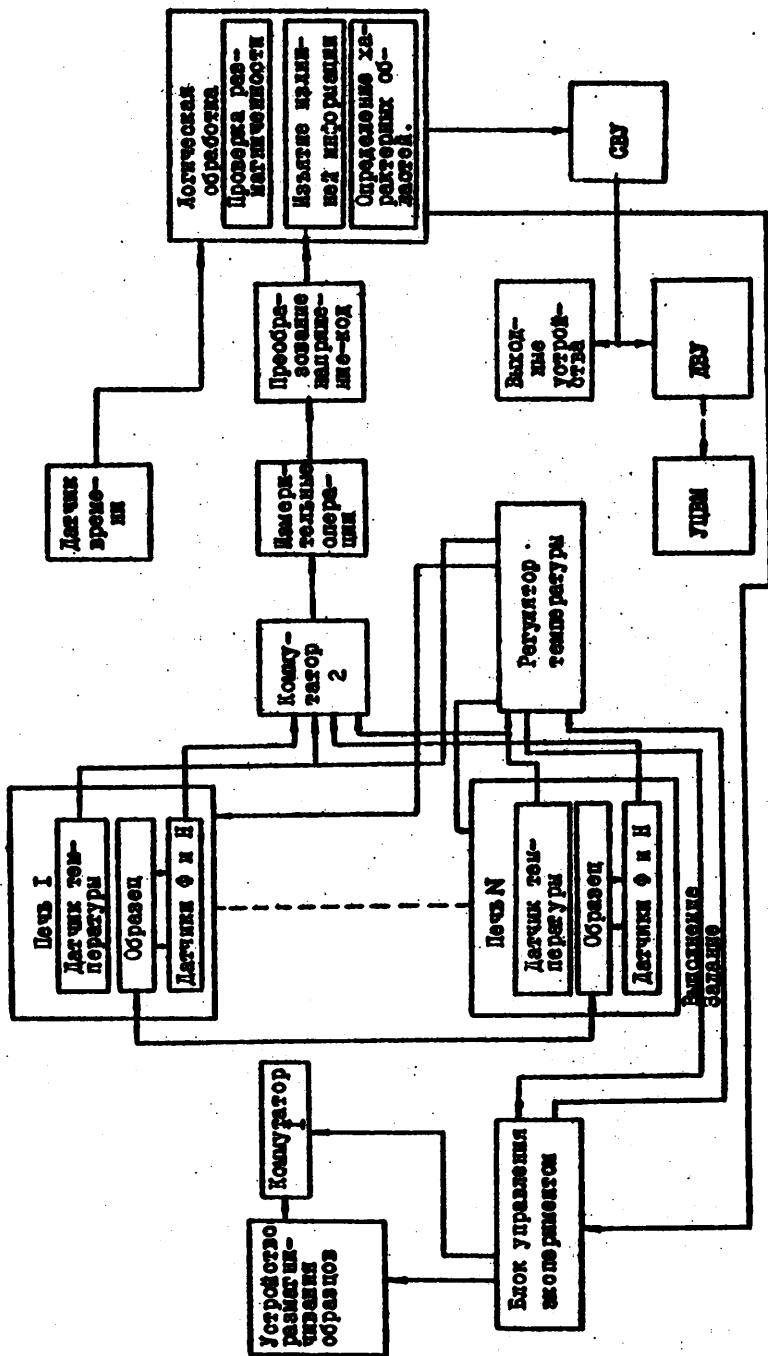


Рис. 4

Таким образом, вся исходная информация оказывается представленной в цифровой форме. Вся информация затем поступает на блок логической обработки, который включает в себя:

- 1) схему проверки степени размагничивания;
- 2) схему определения характерных точек и областей на основной кривой намагничивания и на предельной петле гистерезиса;
- 3) схему проверки степени магнитной подготовки исследуемого материала;
- 4) схему сокращения избыточности измерительной информации.

Со схемы логической обработки информация поступает в специализированное вычислительное устройство (СВУ), предназначенное для представления полученной информации в цифровой форме (т.е. числами измеряемых величин в выбранной системе единиц измерения). Поэтому в оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ) СВУ хранятся характеристики исследуемых образцов, датчиков и измерительных схем (т.е. геометрические размеры образцов, число витков в обмотках, пределы, на которых производились измерения в измерительных схемах), которые вводятся исследователем перед началом эксперимента.

С выхода СВУ информация поступает на регистрирующие устройства, которые делятся на две группы. В первой группе информация представляется в аналоговой форме, поэтому здесь используются преобразователи "цифровой код-напряжение", осциллограф и самописец. Во второй группе информация представляется в цифровой форме, поэтому в неё входят цифропечатающее устройство и цифровое табло. Регистрирующие устройства, служащие для контроля за ходом эксперимента, выбираются исследователем. Одновременно информация с СВУ поступает на долговременное запоминающее устройство, в качестве которого предусмотрен регистратор на магнитной ленте и хранится там до обработки на УЦВМ (возможно использование перфорации на бумажной ленте).

Управление экспериментом и всеми функциональными узлами системы осуществляется блоком управления ходом эксперимента по программе, набранной заранее исследователем.

Программа и ход эксперимента

Перед началом работы исследователь выбирает на пульте блока управления экспериментом программу эксперимента.

При этом производится:

1) выбор вида зависимости параметров образца от воздействия внешних факторов (температуры и времени). Сюда же относятся и зависимость от состава сплава;

2) задание программы изменения температуры во времени;

3) выбор числа, видов и последовательности режимов измерений (абсолютный квазистатистический, баллистический и дифференциальный квазистатистический);

4) выбор количества информации внутри выбранной программы измерений в соответствии с п. 3 (информация об основной кривой намагничивания, о всей предельной петле гистерезиса, о "спинке", о характерных точках и областях функции $B(H)$); т.е. в данном случае определяется вид логической обработки;

5) ввод необходимых данных в ОЗУ СВУ.

После выполнения перечисленных операций система включает-ся на автоматическое проведение эксперимента по выбранной программе (см. рис. 4,5). В начале работы коммутаторы 1 и 2 подключают к системе первый исследуемый образец. Затем изменяется его температура до заданной величины и выдерживается заданное время. По прошествии заданного времени от регулятора температуры поступает команда на начало измерения на блок управления ходом эксперимента. При этом перед каждым измерением предварительно производится размагничивание образца. После размагничивания производится "Разведка", необходимая для проверки степени размагничивания (с помощью логической схемы, сравнивающей величин $|+B_r|$ и $|-B_r|$) и выбора пределов измерения в измерительных схемах.

Если образец размагничен недостаточно, размагничивание повторяется, а информация, полученная в "Разведке", стирается. Производится повторная "Разведка" величин $|+B_r|$ и $|-B_r|$.

В случае положительных результатов разведки вновь производится размагничивание, после чего выдается команда на производство измерений.

Рассмотрим случай выполнения полной программы эксперимента. В начале производятся измерения в абсолютном квазистатистическом режиме (следящем). Внутри него могут быть выделены следующие подрежимы:

- снятие зависимости $B(H)$ предельной петли гистерезиса,
- определение H_c ,
- определение B_r ,
- определение B_s ,

- определение области максимальной дифференциальной магнитной проницаемости,

- снятие зависимости $B(H)$ в области индукции до 50 Гс.

При производстве этих измерений с помощью намагничивающего устройства задается медленное изменение магнитного потока в исследуемом образце. Этот магнитный поток измеряется с помощью фликсметра, выдающего на выходе напряжение постоянного тока, пропорциональное величине измеряемого потока. Далее это напряжение преобразуется с помощью преобразователя "напряжение-код" в цифровую форму.

Соответствующее цифровое значение напряженности поля получается при измерении падения напряжения на калиброванном сопротивлении преобразователем "напряжение-код".

Характерные точки H_c и B_s отмечаются автоматически при снятии $B(H)$ с помощью сравнивающих устройств в моменты, когда соответственно $B=0$ и $H=0$. Индукция технического насыщения B_s фиксируется по команде от намагничивающего устройства в момент максимального значения тока намагничивания. Область максимальной дифференциальной магнитной проницаемости автоматически фиксируется при достижении $B'(H)=0$. При переходе к измерению в области изменения индукции от 0 до 50 Гс необходимо предварительно произвести размагничивание и "разведку" описанным ранее методом.

В конце выполнения измерений в квазистатическом режиме выдается сигнал об их окончании и переходе к измерениям в баллистическом режиме (импульсном).

В этом режиме после размагничивания и "разведки" снимается основная кривая намагничивания $B(H)$, зависимость $B(H)$ в области максимальной магнитной проницаемости, зависимость $B(H)$ в области 0 + 50 Гс.

В процессе измерений в баллистическом режиме перед каждым измерением необходимо произвести магнитную подготовку образца путем проведения коммутаций (изменений полярности) намагничивающего тока.

Степень магнитной подготовки проверяется с помощью специальной схемы в блоке логической обработки информации путем сравнения результатов двух последовательных измерений, выполненных при одном и том же значении намагничивающего тока (совпадающим со значением тока коммутации). Очевидно, что перед каждым видом измерений внутри этого режима необходимо произвести размагничивание и "разведку".

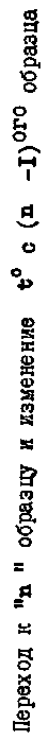


Рис. 5

После окончания измерений в баллистическом режиме выдается сигнал об их окончании и переходе к дифференциальным измерениям в квазистатическом режиме. В этом случае производится измерение разности потоков ($\Delta\Phi$) эталонного и исследуемого образцов и соответствующих значений напряженности магнитного поля в этих образцах. После выполнения всех измерений на одном образце коммутаторы 1 и 2 отключают этот образец и подключают следующий, который уже с помощью регулятора температуры подготовлен к измерению. Весь цикл измерений повторяется. При выполнении всех измерений на всех образцах происходит переход к измерениям при другом, заданном значении температуры, и при выполнении всей программы система выдает соответствующую команду.

Как уже говорилось ранее, было рассмотрено выполнение полной программы эксперимента. Однако, исследователь имеет возможность в зависимости от целей эксперимента выбирать любое число и любой вид режимов и подрежимов.

Вторичная обработка

Выведенная на ДЗУ информация по желанию исследователя может подвергаться вторичной обработке в любом, интересующем его объеме. Так, на основе этой исходной информации могут быть определены с помощью УЦВМ следующие величины и зависимости:

Магнитная проницаемость $\mu = \frac{B}{H};$

Дифференциальная магнитная проницаемость $\mu_d = \frac{\Delta B}{\Delta H};$

Площадь петли $S = \oint (BH) dH;$

Критерий прямоугольности $L = \frac{B}{B_s};$

Намагниченность $\phi \pi I = B - H.$

Зависимость индукции в заданном поле от температуры, времени или состава и т.д.

**Предварительные практические результаты разработки ИИС
для исследования магнитных свойств сплавов**

Проделанная работа показала реальность создания подобной системы. В процессе разработки экспериментально получены следующие данные ИИС:

1) диапазон измерения температуры: $-100 + +600^{\circ}\text{C}$ с интервалами $2 + 5^{\circ}\text{C}$ при точности регулирования $\pm 2^{\circ}\text{C}$ в диапазоне $-100 + +200^{\circ}\text{C}$ и $\pm 0,5\%$ в диапазоне $+200 + +600^{\circ}\text{C}$.

2) максимальное время исследования - 5 суток,

3) погрешность измерения:

- в абсолютном квазистатическом режиме:

при измерении В - $\pm 1,2\%$

при измерении Н - $\pm 0,3\%$

- в баллистическом режиме:

при измерении В - $\pm 0,7\%$

при измерении Н - $\pm 0,3\%$

- в дифференциальном квазистатическом режиме:

при определении Φ - $\pm 0,4\%$

при определении Н - $\pm 0,3\%$

4) время измерения зависимости В(Н) на одном образце при заданной температуре:

- в квазистатическом режиме - 1 мин,

- в баллистическом режиме: от 3 мин. до 1,5 час.