

магнитно-жестких материалов с большой магн. энергией. Недостатки А. м. обусловлены принципиальной нестабильностью аморфного состояния. Со временем происходят перестройка атомной структуры А. м. и соответствующие изменения магн. свойств. Кроме того, введение аморфизирующих добавок (неметаллов) снижает намагниченность А. м., а спижение темп-ры магн. фазового перехода делает их менее термостабильными.

Магнитно-мягкие А. м. получают на основе сплавов 3d-металл — неметалл [см. табл., типичный пример — метглас (металлич. стекло)  $Fe_{80}B_{20}$ ]. В качестве магнитно-жестких материалов используют сплавы 3d- и 4f-металлов, напр.  $TbFe_2$ . А. м. применяют для создания трансформаторов, магн. экранов, пост. магнитов, головок магнитофонов, систем магн. памяти и др. устройств электро- и радиотехники.

Лит.: 1) Губанов А. И., Квaziклассическая теория аморфных ферромагнетиков, «ФТТ», 1960, т. 2, с. 502; 2) Петраковский Г. А., Аморфные магнетики, «УФН», 1981, т. 134, с. 305; 3) Хандрих К., Кобе С., Аморфные ферро- и ферримангнетики, пер. с нем., М., 1982; 4) Быстрозакаленные металлы, пер. с англ., М., 1983. Г. А. Петраковский.

**АМОРФНЫЕ МЕТАЛЛЫ** — твердые некристаллич. металлы и их сплавы. Экспериментально аморфность металлич. (и неметаллич.) веществ устанавливается по отсутствию характерных для кристаллов дифракц. максимумов на рентгено-, нейтроно- и электронограммах образцов. Осн. методы получения А. м.: 1) быстрое охлаждение (со скоростями  $q \geq 10^5 - 10^6$  К/с) жидкого расплава; получающиеся аморфные сплавы наз. *металлическими стёклами*; 2) конденсация паров или напыление атомов на холодную подложку с образованием тонких плёнок А. м.; 3) электрохим. осаждение; 4) облучение кристаллич. металлов интенсивными потоками ионов или нейтронов.

А. м. — метастабильные системы, термодинамически неустойчивые относительно процесса кристаллизации; их существование обусловлено только замедленностью кинетич. процессов при низких темп-рах. Стабилизации А. м. способствует наличие т. н. аморфизирующих примесей. Так, аморфные плёнки из чистых металлов значительно менее стабильны, чем плёнки из сплавов, а для получения металлич. стёкол из чистых металлов требуются очень большие скорости охлаждения ( $\sim 10^{10}$  К/с).

Наибольший интерес представляют металлические стёкла, впервые полученные в 1960. Основные классы металлических стёкол: системы  $M_{1-x}Y_x$ , где М — переходный или благородный металл, Y — аморфизирующий неметалл,  $x \approx 0,2$  [например, Pd—Si, Fe—B, (Fe, Ni)—(P, C)] и сплавы переходных металлов (Ti—Ni, Zr—Cu) или других металлов (La—Ni, Ga—Al, Mg—Zn) в нек-рых интервалах составов [1—3]. Мн. металлич. стёкла обладают уникальными механич., магн. и хим. свойствами. Пределы текучести и прочности для ряда металлич. стёкол очень высоки и близки к т. н. теоретич. пределам. В то же время металлич. стёкла обладают высокой пластичностью, что резко отличает их от диэлектрич. и полупроводниковых стёкол. Мн. металлич. стёкла при высокой механич. прочности характеризуются большой нач. магн. восприимчивостью, малыми значениями коэрцитивных сил (до неск. МЭ) и практически полным отсутствием магн. гистерезиса. Коррозионная стойкость нек-рых металлич. стёкол на неск. порядков выше, чем у лучших нержавеющей сталей. Среди др. уникальных особенностей металлич. стёкол — слабое поглощение звука, каталитич. свойства [1, 2, 4].

Осн. особенности металлич. стёкол, по-видимому, связаны с их высокой микроскопич. однородностью, т. е. отсутствием дефектов структуры типа межзёрнных границ, дислокаций и т. п. Детальная теория, объясняющая свойства и явления в металлич. стёклах, не развита.

Термостабильность металлич. стёкол характеризуют т. н. темп-рой кристаллизации  $T_{крисст}$  (при к-рой от-

жиг в течение 1 ч приводит практически к полной кристаллизации образца).  $T_{крисст}$  варьируется в пределах 300—1000 К (для наиболее распространённых стёкол 600—800 К). Металлические стёкла практически стабильны при  $T \leq T_{крисст} - 200$  К. Времена кристаллизации при этом оцениваются в сотни лет. Разработан ряд способов произ-ва металлич. стёкол, в частности литьё струи расплавленного металла на быстровращающуюся холодную подложку. При этом в 1 мин производится до 1—2 км ленты толщиной 20—100 мкм, шириной 2—100 мм; длина такой ленты практически неограничена [1, 2, 4].

Аморфные металлич. плёнки, полученные осаждением металла из паровозного состояния на холодную подложку, обычно менее термостабильны, чем металлич. стёкла, и кристаллизуются при  $T \leq 300$  К. Исключение составляют т. н. аморфообразующие сплавы, получаемые послойным напылением отд. компонент (в виде монослоёв). По термостабильности они близки к металлич. стёклам. С ростом толщины стабильность плёнок обычно падает. Наиб. изучены их электрич. и сверхпроводящие свойства [5]. Темп-ра сверхпроводящих переходов в А. м. может быть как выше, так и ниже, чем в кристаллич. веществах того же состава. Коррозионная стойкость аморфных плёнок обычно выше, чем кристаллов. Но в целом их физ. свойства изучены слабо. Ещё в большей степени это относится к А. м., полученным электрохим. осаждением или радиац. воздействием на кристаллы.

Лит.: 1) Металлические стекла, пер. с англ., М., 1983; 2) Chen H. S., Glassy metals, «Repts Progr. Phys.», 1980, v. 43, p. 353; 3) Giessen B. C., Whang S., Formation and characterization of amorphous metals, «J. Phys. Colloque C-8», 1980, v. 41, p. 95; 4) Gilman J. J., Overview of the technology and significance of metallic glasses, там же, p. 811; 5) Комник Ю. Ф., Физика металлических плёнок, М., 1979. В. Г. Вакс.

**АМПЕР** (по имени франц. физика А. Ампера, А. М. Амперё, 1775—1836), А, — единица силы электрич. тока СИ, равная силе неизменяющегося тока, к-рый при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную  $2 \cdot 10^{-7}$  Н.

А. является также единицей магнитодвижущей силы, равной магнитодвижущей силе вдоль замкнутого контура, сцепленного с цепью пост. тока силой 1 А.

**АМПЕРА ЗАКОН** — закон взаимодействия пост. токов. Установлен А. Ампером в 1820. Согласно А. з., сила  $dF_{1 \rightarrow 2}$ , действующая со стороны одного элементарного «отрезка тока»  $I_1 dl_1$  на другой  $I_2 dl_2$ , убывает обратно пропорционально квадрату расстояния между ними  $r_{12}$  и в среде с магн. проницаемостью  $\mu$  может быть представлена в виде

$$dF_{1 \rightarrow 2} = \mu c^{-2} I_1 I_2 r_{12}^{-3} [dl_1 [dl_2 r_{12}]]. \quad (1)$$

Здесь использована Гаусса система единиц,  $c$  — скорость света в вакууме. Входящие в (1) элементарные отрезки токов являются частями замкнутых контуров, поскольку пост. электрич. токи всегда чисто соленоидальные (вихревые). Поэтому А. з. в форме (1) имеет лишь вспомогат. смысл, приводя к правильным (подтверждаемым на опыте) значениям силы только после интегрирования (1) по замкнутым контурам  $l_1$  и  $l_2$ .

Напр., в общем случае элементарные силы между двумя отрезками токов оказываются неважными:  $dF_{1 \rightarrow 2} \neq dF_{2 \rightarrow 1}$ , однако при переходе к замкнутым контурам эта неважность устраняется. Из А. з. следует, в частности, что два прямых провода с токами  $I_1$  и  $I_2$ , текущими параллельно или антипараллельно друг другу на расстоянии  $d$ , соответственно притягиваются или отталкиваются с силой (на единицу длины), равной  $F_{1 \rightarrow 2} = F_{2 \rightarrow 1} = \pm 2\mu I_1 I_2 / c^2 d$ . А два плоских контура с токами  $I_1$  и  $I_2$  на расстоянии  $a$ , существенно