

Применение аморфных металлов и сплавов

Студент гр. 104218 Таран С.А.
Научный руководитель – Пучков Э.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Аморфные металлы (металлические стёкла) – класс металлических твердых тел с аморфной структурой, характеризующейся отсутствием дальнего порядка и наличием ближнего порядка в расположении атомов. В отличие от металлов с кристаллической структурой, аморфные металлы характеризуются фазовой однородностью, их атомная структура аналогична атомной структуре переохлаждённых расплавов.

Существует множество способов получения металлических стёкол. Но самый распространённый – закалка из жидкого состояния. Методы охлаждения расплавов металлов и сплавов с большими скоростями, позволяющими достигать больших степеней переохлаждения жидкости и в конечном счете «замораживать» жидкое состояние, объединяются под общим названием – методы закалки из жидкого состояния, или методы закалки из расплава.

Методы закалки из жидкого состояния имеют несколько разновидностей. Методы выстреливания, молота и наковальни, а также экстракции расплава, они позволяют получать тонкие аморфные пластинки массой до нескольких сот миллиграммов. Методами, использующими закалку на центрифуге, закалку на диске, прокатку расплавленного металла, можно получить непрерывные тонкие ленты. Для получения пластинок массой до нескольких сотен миллиграмм, капля расплава с большой скоростью выстреливается на охлаждаемую медную плиту, скорость охлаждения при этом достигает 10^9 °C/с. Для получения тонких лент шириной от десятых долей до десятков миллиметров расплав выдавливается на быстро вращающуюся охлаждающую поверхность. Для получения проволок толщиной от единиц до сотен микрон применяются разные методы. Например, расплав протягивается в трубке через охлаждающий водный раствор, скорость охлаждения при этом составляет 10^4 - 10^5 °C/с. Или струя расплава попадает в охлаждающую жидкость, которая находится на внутренней стороне вращающегося барабана, где удерживается за счёт центробежной силы. Эти методы могут быть использованы для промышленного производства аморфных металлов.

С теоретической точки зрения любая жидкость при достаточно большой скорости охлаждения может избежать кристаллизации и перейти в стеклообразное состояние. Для каждой жидкости существует критическая скорость охлаждения R_c , необходимая для ее стеклования. Для жидкости достаточно высокой степени чистоты R_c можно теоретически предсказать, основываясь на общей теории образования и роста зародышей.

Несмотря на хорошие механические свойства, металлические стёкла не используются в качестве ответственных деталей конструкций по причине их высокой стоимости и технологических сложностей. Они применяются где необходимы их уникальные свойства.

Аморфные металлы можно использовать как материалы, имеющие высокие характеристики прочности и пластичности. Применения аморфных сплавов в различных конструкциях в сочетании с пластмассами и резинами, а также для изготовления пружин, малогабаритного режущего инструмента. Прочность в случае сплава $Fe_{80}B_{20}$ составляет 3500 МН/м². Однако, поскольку эти сплавы обладают низкой способностью к аморфизации, они не могут быть использованы для массового производства тонкой аморфной проволоки. В этом смысле наиболее удачным высокопрочным аморфным материалом является сплав $Fe_{75}B_{10}Si_{15}$. В будущем этот сплав должен составить серьезную конкуренцию существующим высокопрочным материалам.

Аморфные металлы в химическом отношении являются более активными, чем кристаллические. Однако, те аморфные сплавы, которые содержат хром и другие элементы, способствующие формированию пассивирующей пленки, обладают значительной коррозионной стойкостью. Сплав $Fe_{45}Cr_{25}Mo_{10}P_{13}C_7$ пассивируясь даже в таком концентрированном растворе, как 12 н. раствор соляной кислоты при 60 °С, почти не корродирует. По своей коррозионной стойкости этот сплав превосходит даже металлический тантал.

Аморфные сплавы, содержащие большие количества магнитных элементов, могут обладать довольно высокой индукцией насыщения. Поскольку аморфные материалы не имеют дефектов, повышающих сопротивление движению границ доменов, и в них отсутствует кристаллографическая анизотропия, то они представляют собой превосходные практически изотропные магнитомягкие материалы. Кроме того, магнитное состояние аморфных сплавов можно изменять непрерывно, в широком диапазоне варьируя их химический состав. Поэтому можно получать сплавы с заранее заданными магнитными характеристиками, что является существенным преимуществом аморфных материалов.

Магнитные аморфные сплавы содержат большие количества немагнитных металлов и металлоидов, поэтому их намагниченность насыщения и температура Кюри, как правило, ниже, чем у кристаллов. Они уже используются для изготовления магнитных экранов, магнитных головок, микрофонов, различных элементов звуковоспроизводящих устройств, магнитострикционных линий задержки, фильтров, сердечников управляющих обмоток.

Аморфные металлы имеют высокое электросопротивление, но малый температурный коэффициент электрического сопротивления. Например, в сплавах Ni-S-B при увеличении содержания металлоидов ТКС меняется с положительного на отрицательный. У сплава $Ni_{68}Si_{10}B_{22}$ от крайне низких температур практически до температуры кристаллизации (650 К) температурный коэффициент электрического сопротивления близок к нулю. Этот сплав можно применять в качестве эталона сопротивления.