

А. М. Бахтиярова¹, К. Н. Борко^{1}, Т. В. Ларина¹*

Анализ основных характеристик и областей применения металлических стекол

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация
*e-mail: borkokristianna@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена металлическим стеклам и их основным характеристикам, а также дальнейшей возможности применения материала вместо сталей. Аморфные материалы обладают уникальными физическими и химическими свойствами по сравнению с кристаллическими материалами: прочность аморфных материалов выше в 5–10 раз, малая магнитная анизотропия приводит к резкому уменьшению потери на перемагничивание; электрическое сопротивление металлических стекол в 3–5 раз выше; максимальное воздействие, которое металлическое стекло выдерживает без необратимой деформации, составляет 12 ГПа, у нержавеющей стали – 0,2 ГПа. Данные материалы используются в качестве упрочняющих нитей в композитных материалах, в качестве намотки для упрочнения кровеносных сосудов высокого давления, и в некоторых видах пружин. Металлические стеклянные ленты применяются для армирования бетона, в виде сердечников индуктивных составляющих электронных схем.

Ключевые слова: металлические стекла, аморфные материалы, характеристики

A. M. Bakhtiarova¹, K. N. Borko^{1}, T. V. Larina¹*

Analysis of the main characteristics and applications of metal glasses

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk,
Russian Federation
*e-mail: borkokristianna@gmail.com

Abstract. The article is devoted to metal glasses and their main characteristics, as well as the further possibility of using the material instead of steels. Amorphous materials have unique physical and chemical properties compared to crystalline materials: the strength of amorphous materials is 5-10 times higher, a small magnetic anisotropy leads to a sharp decrease in the loss of magnetization reversal; the electrical resistance of metal glasses is 3-5 times higher; the maximum impact that metal glass can withstand without irreversible deformation is 12 GPa, stainless steel – 0.2 GPa. These materials are used as reinforcing threads in composite materials, as a winding for strengthening high-pressure blood vessels, and in some types of springs. Metallic glass tapes are used for concrete reinforcement, in the form of cores of inductive components of electronic circuits.

Keywords: metallic glasses, amorphous materials, characteristics

Введение

Металлические стекла это металлические сплавы в аморфном состоянии, которые получают за счет сверхбыстрого охлаждения расплава, скорость охлаждения достигает 1 000 000 К/с и поэтому предотвращает кристаллизацию (рис. 1). Данные материалы, с отсутствием дальнего порядок в расположении атомов, похожи на замороженную жидкость. В целом, изготовление аморфных материа-

лов схоже с технологией создания стекол, но вместо стекла используются металлы [1–14].



Рис. 1. Металлические стекла

Обсуждение

У металлических стекол структура однофазная, в ней полностью отсутствуют такие дефекты структуры, как вакансии, дислокации, границы зерен, что гарантирует химическую однородность и отсутствие ликвации (рис. 2).

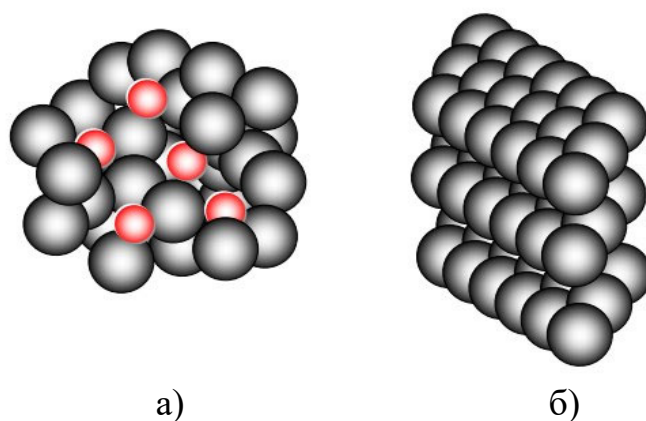


Рис. 2. Структуры материалов:
а) аморфная б) кристаллическая

Изготовленное в виде тонкой ленты металлическое стекло, на первый взгляд, кажется хрупким и ломким, не позволяет оставить заломы на поверхности и изменить форму металлической полоски (рис. 3).



Рис. 3. Металлическое стекло в виде тонкой ленты

За счет своих уникальных свойств она остается идеально ровной и прямой при любых механических воздействиях (сжимании, скручивании).

У аморфных материалов можно также выделить такие следующие физические и химические свойства.

1. Прочность аморфных материалов выше в 5–10 раз, чем у кристаллических материалов, при практически одинаковой плотности материалов.

2. Уменьшение магнитной анизотропии, которая приводит к резкому снижению коэрцитивного поля, а это уменьшает потери на перемагничивание.

3. Электрическое сопротивление металлических стекол в 3–5 раз выше, чем у кристаллических сплавов.

4. Аморфные сплавы, имеющие в своем составе никель и кобальт, являются ферромагнетиками.

5. Максимальное воздействие, которое металлическое стекло выдерживает без необратимой деформации, составляет 12 ГПа, у нержавеющей стали – 0,2 ГПа.

На сегодняшний момент металлические стекла получают двумя способами. Изделия получают в виде ленты, проволоки, гранул и порошка.

1) При проведении термической обработки – поверхностной закалки совместно с непрерывной выплавкой из расплава быстровращающимися дисками (рис. 4).

2) Расплющивание капли расплава между охлаждаемыми наковальнями.

Применение металлических стекол самое разнообразное. Данные материалы используются, с учетом их механических и технологических свойств в качестве упрочняющих нитей в композитных материалах, в качестве намотки для упрочнения кровеносных сосудов высокого давления, в некоторых видах пружин, ленты применяются также используют для армирования бетона, в виде сердечников индуктивных составляющих электронных схем, в силовых трансформаторах, где они заменяют простые сплавы Fe – Si вместе с ориентированными зернами и в качестве прецизионных резисторов.

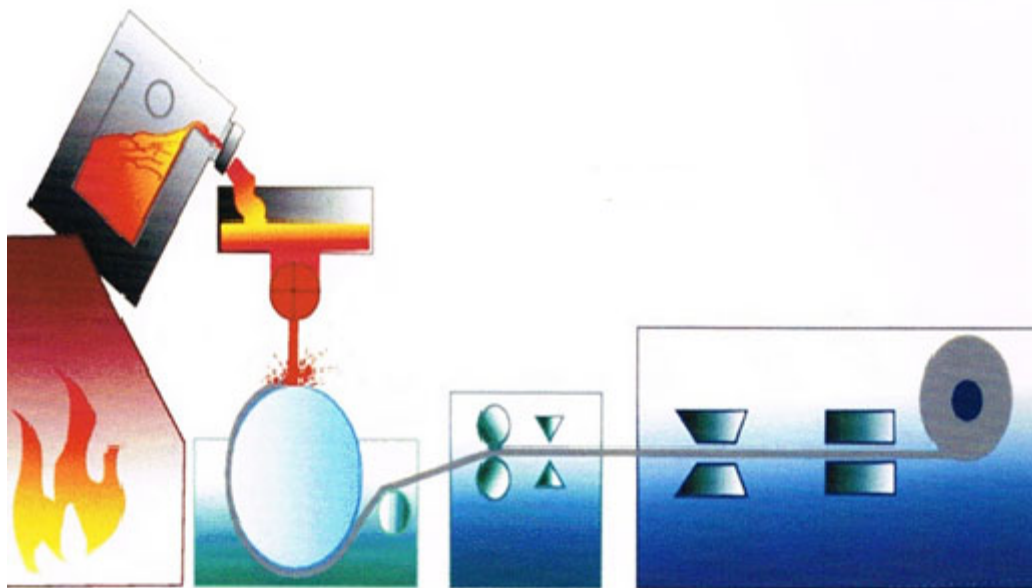


Рис.4. Способ получения металлических стекол – высокоскоростное ионно-плазменное распыление металлов и сплавов

Полосы из железного стекла стойки к радиационным повреждениям, следовательно, могут быть использованы в технике термоядерного синтеза. Хорошее сопротивление коррозии позволяет использовать данные материалы в химии, хирургии и биомедицине.

Рекомендуют использовать не лентообразную форму материала, а иную. Металлические стекла в качестве фольги используют в целях пайки твердым припоем, эмиссионных катодов плавких предохранителей, а также аккумуляторов водорода.

Нержавеющая сталь, которая внешне очень похожа на металлические стекла, имеет упорядоченную структуру молекул, следовательно, не может обладать особыми свойствами из-за дислокаций и вакансий. Поэтому вполне возможно применение металлических стекол вместо прочностных сталей.

Заключение

Металлические стекла представляют большой интерес для исследования их необычных свойств и структуры, а двухфазные материалы типа стекло-кристалл очень перспективны для практического применения в качестве высокопрочных конструкционных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богодухов, С. И. *Материаловедение : учебник* / С. И. Богодухов, Е. С. Козик. — 2-е изд., доп. — Москва : Машиностроение, 2020. — 504 с. — ISBN 978-5-907104-39-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/175262> (дата обращения: 28.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Материаловедение и технология конструкционных материалов : лаб. практикум / Т. В. Ларина ; СГУГиТ. - Новосибирск : СГУГиТ, 2015. - 149, [1] с. - ISBN Нов : ~Б. ц – Текст : непосредственный.
3. Материаловедение : практикум / Т. В. Ларина ; СГУГиТ. - Новосибирск : СГУГиТ, 2020. - 57, [1] с. - ISBN 978-5-907320-21-5 – Текст : непосредственный.
4. Материаловедение и технология конструкционных материалов : лаб. практикум / Т. В. Ларина. - Новосибирск : СГУГиТ, 2015. - 150 с. - URL: http://lib.sgugit.ru/irbisfulltext/УМК/2015/ЭБ_СГГА/15.10.15/2015/Учеб.пособия/Ларина_Т.В._2_Сборник/Об.документ.pdf. - ~Б. ц.
5. Материаловедение : практикум / Т. В. Ларина ; СГУГиТ. - Новосибирск : СГУГиТ, 2020. - 57, [1] с. - URL: http://lib.sgugit.ru/irbisfulltext/2020/16.10.20/Учебные_пособия/Ларина/Материаловед_практикум_и_обложка.pdf. - ~Б. ц.
- Сапунов, С. В. Материаловедение : учебное пособие / С. В. Сапунов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-1793-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168740> (дата обращения: 28.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Бондаренко, Г. Г. Материаловедение : учебник / Г. Г. Бондаренко, Т. А. Кабанова, В. В. Рыбалко ; ред. Г. Г. Бондаренко. - 2-е изд. - М. : Юрайт, 2016. - 358, [2] с. - ISBN 978-5-9916-2843-3 : 643.76 р. - Текст : непосредственный.
7. Земсков, Ю. П. Материаловедение : учебное пособие / Ю. П. Земсков. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 188 с. — ISBN 978-5-8114-3392-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/113910> (дата обращения: 28.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
8. Адашкин, А.М. Материаловедение и технология материалов : учеб. пособие / А.М. Адашкин, В.М. Зуев. – 2-е изд. – Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2021. – 336 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-91134-754-3. – Текст : электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1190685> (дата обращения: 22.06.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
9. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Обработка металлов давлением : метод. указания / Т.В. Ларина ; СГУГиТ. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – 45 с. – Текст : непосредственный.
10. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Обработка металлов давлением : метод. указания / Т.В. Ларина ; СГУГиТ. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – 45 с. – Текст : электронный. – URL: http://lib.sgugit.ru/irbisfulltext/2017/17.10.17/2017/Ларина_метод.указ/Об.документ.pdf (дата обращения: 22.06.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
11. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Литейное производство : лаб. практикум / Т.В. Ларина ; СГУГиТ. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – 55 с. – Текст : непосредственный.
12. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Литейное производство : лаб. практикум / Т.В. Ларина ; СГУГиТ. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – 55 с. – Текст : электронный. – URL: http://lib.sgugit.ru/irbisfulltext/2017/17.10.17/2017/Ларина_лаборат.раб/Об.документ.pdf (дата обращения: 22.06.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
13. Адашкин, А.М. Материаловедение и технология металлических, неметаллических и композиционных материалов : учебник : в 2 кн. Книга 1. Строение материалов и технология их производства / А.М. Адашкин, А.Н. Красновский, Т.В. Тарасова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 250 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – ISBN 978-5-16-016429-8. – Текст : электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1143245> (дата обращения: 22.06.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

14. Матюшкин, Б.А. Технология конструкционных материалов : учеб. пособие / Б.А. Матюшкин, В.И. Денисов. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 263 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – ISBN 978-5-16-014645-4. – Текст : электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/995590> (дата обращения: 22.06.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

© А. М. Бахтиярова, К. Н. Борко, Т. В. Ларина, 2023