

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФРАГИЛЬНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТЕКОЛ

¹Макаров А.С., ²Qiao J.C., ^{1,3}Аронин А.С.,
³Кобелев Н.П., ¹Хоник В.А.

¹Воронежский государственный педагогический университет, Воронеж, Россия

²Northwestern Polytechnical University, Xi'an, China

³Институт физики твердого тела РАН, Черноголовка, Россия

a.s.makarov.vrn@gmail.com

Общепринято, что сдвиговая вязкость η является важным кинетическим параметром переохлажденных жидкостей и стекол. Особый интерес представляет температурная зависимость η вблизи температуры стеклования T_g . Этот интерес исходно проистекает из технологического опыта производства стекол в начале 20 века в виде их деления на «короткие» и «длинные». Эти термины связаны с температурным интервалом существования расплава низкой вязкости и отражают скорость роста вязкости при охлаждении. В 80-х годах прошлого века это свойство было охарактеризовано путем введения величины фрагильности (англ. fragility), определяемой как

$$m = \left[\frac{d \log \eta}{d \left(\frac{T_g}{T} \right)} \right]_{T=T_g}, \quad (1)$$

где T_g – температура, при которой вязкость переохлажденной жидкости достигает 10^{12} Па·с. Материалы с высокой m (до 100-120) имеют относительно узкий интервал существования переохлажденной жидкости («короткие» жидкости), а для материалов с $16 \leq m < 50$ этот интервал является большим («длинные жидкости»). Считается, что чем выше фрагильность, тем в большей степени меняется структура переохлажденной жидкости изменяется с температурой.

В случае металлических стекол (МС) фрагильность коррелирует с критической скоростью охлаждения, стеклообразующей способностью, модулем сдвига, избыточной энтропией, скоростной зависимостью T_g , низкотемпературным бозонным пиком теплоемкости, напряжением течения, твердостью и другими свойствами. Природа этих корреляций, однако, остается невыясненной. Нами был выполнен расчет фрагильности МС в рамках межузельной теории и показано, что величина m определяется производной нерелаксированного модуля сдвига по температуре в состоянии переохлажденной жидкости, которая определяет генерацию дефектов типа межузельных гантелей в этом состоянии [1].

Для верификации проведенного расчета были выполнены независимые измерения сдвиговой вязкости семи МС и рассчитана их фрагильность по формуле (1). Показано, что величины фрагильности, определенные на основе проведенного расчета с использованием экспериментальных данных по релаксации модуля сдвига хорошо согласуются со значениями m , рассчитанными с помощью соотношения (1) на основе измерений сдвиговой вязкости. Это свидетельствует о правильности выполненного расчета фрагильности и выводах о физической природе этой величины.

Работа поддержана грантом Российского научного фонда №20-62-46003.

1. A.S. Makarov, J.C. Qiao, N.P. Kobelev, A.S. Aronin, V.A. Khonik, J. Phys.: Cond. Matter. **33**, 435701 (2021).