

**IX Всероссийская школа-конференция молодых ученых  
“КоМУ-2011”**

**СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ**

---

7-10 ноября 2011 года

Ижевск

**Сборник тезисов докладов:**

IX Всероссийская школа-конференция молодых ученых "КоМУ-2010" – Ижевск  
ФТИ УрО РАН ИжГТУ 2011 – 125 с

Сборник содержит тезисы устных докладов молодых ученых и аспирантов представленных на IX Всероссийской школе-конференции молодых ученых "КоМУ-2010" (г. Ижевск, 7-10 ноября 2011 г.)

Опубликованные работы отражают результаты научных исследований по направлениям нанотехнология, физика и химия поверхности материалов электронная и атомная структура поверхностных слоев и наноразмерных систем, природа и свойства неравновесных метастабильных состояний, процессы разрушения и деформации материалов, магнитные явления, сканирующая зондовая микроскопия и т.д. Тезисы докладов посвящены теоретическим и экспериментальным исследованиям, конструкторским разработкам, разработкам методик изучения свойств материалов, а также методам физико-технических измерений

Все работы публикуются в авторском издании. Редакторами была проведена только техническая корректура без изменения содержания и смысла тезисов докладов

Ответственный редактор – к т н А В Жихарев

# ВЯЗКОСТЬ ЖИДКИХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА С БОРОМ И КРЕМНИЕМ

А.И. Шишмарин, А.П. Бельтюков

E-mail: las@pti.udm.ru

Физико-технический институт УрО РАН, г. Ижевск, Россия

Сплавы на основе железа с бором и кремнием являются основой промышленного производства аморфных и нанокристаллических сплавов. Вязкость расплава является важным технологическим параметром, определяющим гидродинамические особенности процесса сверхбыстрой закалки. Кроме этого вязкость, как структурно-чувствительное свойство, часто используется при изучении микронеоднородного строения жидких сплавов.

Вязкость расплавов бинарной системы Fe-B ранее подробно изучена в работе [1] На концентрационной зависимости вязкости обнаружены максимумы вблизи 20 и 32 ат. %B, связанные с реализацией в этих областях концентраций ближнего порядка с химическим упорядочением по типу  $Fe_4B$  и  $Fe_2B$  соответственно.

В настоящей работе исследованы температурные и концентрационные зависимости кинематической вязкости расплавов бинарной системы Fe-Si с содержанием кремния от 3 до 45 ат. % и тройной системы  $Fe_{80}B_xSi_{(20-x)}$  ( $x=0+20$ ).

Вязкость расплавов определяли методом затухающих крутильных колебаний цилиндрического тигля с расплавом. Измерения проводили в атмосфере очищенного гелия. С целью исключения влияния на процесс измерения образующейся на поверхности сплава оксидной пленки в тигель поверх образца помещали крышку, выполняющую роль второй торцевой поверхности. Крышка свободно перемещается вдоль вертикальной оси тигля и движется вместе с ним при совершении крутильных колебаний.

Температурные зависимости вязкости жидких сплавов Fe-Si имеют монотонный характер и хорошо описываются уравнением Аррениуса. Значения вязкости, полученные в режимах нагрева и последующего охлаждения, совпадают во всем исследованном интервале температур в пределах погрешности определения значений вязкости, т. е. гистерезис отсутствует.

На концентрационных зависимостях вязкости в интервале от 5 до 20 ат. %Si наблюдается возрастание значений вязкости, а в интервале от 30 до 45 ат. %Si – их убывание. В интервале от 20 до 30 ат. %Si вязкость расплава максимальна. Энергия активации вязкого течения  $E_v$ , рассчитанная по уравнению Аррениуса, также максимальна в области 20-30 ат. %Si. Кроме того, при малых концентрациях кремния

(до 5 ат.%) наблюдается уменьшение значений вязкости и энергии активации вязкого течения расплава, связанное, по-видимому, с ослаблением связей между атомами железа в результате внедрения (растворения) атомов кремния, что согласуется с результатами работ [2,3]. Наличие максимума на концентрационных зависимостях вязкости и  $E_v$  указывает на реализацию в жидких сплавах Fe-Si с содержанием кремния от 20 до 30 ат.% ближнего упорядочения по типу  $Fe_3Si$ , что подтверждается прямыми дифракционными методами исследования структуры расплавов [4].

При исследовании вязкости расплавов  $Fe_{80}B_xSi_{(20-x)}$  было установлено, что политермы вязкости исследованных жидких сплавов, полученные в режимах нагрева и последующего охлаждения, совпадают и имеют монотонный характер. При этом для жидких трехкомпонентных сплавов наблюдается отклонение политерм вязкости от уравнения Аррениуса вблизи температуры ликвидуса и особенно в переохлажденной области.

Вязкость расплава  $Fe_{80}(Si,B)_{20}$  при замене атомов кремния атомами бора немонотонно возрастает. Относительно быстрый рост значений вязкости наблюдается в интервале составов от  $Fe_{80}Si_{20}$  до  $Fe_{80}Si_{15}B_5$ . В области от  $Fe_{80}Si_{15}B_5$  до  $Fe_{80}Si_{10}B_{10}$  вязкость расплава практически не меняется. Дальнейшее увеличение содержания бора и уменьшение содержания кремния в сплаве приводит к небольшому росту значений вязкости расплава.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы Президиума РАН  
(проект № 09-П-2-1024).

[1] В.И. Ладьянов, А.Л. Бельтюков, А.И. Шишмарин Расплавы. // 2005, №4, с.34-40.

[2] А.А. Романов, В.Г. Кочегаров. // ФММ, 1964, т.17, с.300-303.

[3] А.Б Каплун, М.Ф. Крутько. // Металлы, 1979, №3, с. 78-80.

[4] A. Il'inski, S. Slyusarenko et al. // Journal of Non-Crystalline Solids, 306, 2002, p. 90-98.