

УДК 669.01

Труды XII Российской конференции «Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов». Т. 2. Экспериментальное изучение жидких и аморфных металлических систем и их взаимосвязь с кристаллическим состоянием. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – 310 с.
ISBN 5-7691-1988-8

Труды XII Российской конференции дают представление о работах в области физикохимии металлических, полупроводниковых и шлаковых расплавов, металлических систем, квазикристаллов, а также о новых способах обработки расплавов и материалов, выполненных в России и странах СНГ со времени последней Российской конференции по данной тематике (2004 г.).

Доклады сборника печатаются в соответствии с авторскими оригиналами.

Конференция проводится при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 08-03-06065.

ISBN 5-7691-1988-8

©ИМЕТ УрО РАН, 2008.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ВЯЗКОСТИ РАСПЛАВА $\text{Co}_{70}\text{V}_{30}$

Н.В. Олянина, А.Л. Бельтюков, В.И. Ладьянов

*Физико-технический институт УрО РАН,
г. Ижевск, E-mail: oljanina@mail.ru, las@pti.udm.ru*

На политермах свойств многих металлических расплавов наблюдаются аномалии разного вида: перегибы, скачки и гистерезис (несовпадение кривых нагрева и охлаждения) [1]. Причем, для сплавов одного и того же состава по данным разных авторов возможны аномалии разного вида или вообще их отсутствие. Отсутствует так же единое мнение о природе наблюдаемых явлений. В связи с этим в настоящей работе были исследованы возможные причины появления аномалий на политермах вязкости - одного из наиболее структурно-чувствительных и часто измеряемых свойств расплавов. В качестве объекта исследования был выбран аморфообразующий сплав $\text{Co}_{70}\text{V}_{30}$.

Кинематическую вязкость измеряли на автоматизированной установке методом затухающих крутильных колебаний в варианте Швидковского [2]. Эксперименты проводили в защитной атмосфере очищенного гелия в режиме изотермических выдержек (~20 мин) со ступенчатым изменением температуры. Исследования проводили в тиглях из Al_2O_3 и BeO с одной и двумя торцевыми поверхностями касания образца и тигля. Для создания второй торцевой поверхности в тигель поверх образца устанавливается крышка, изготовленная из цилиндрического стаканчика (из Al_2O_3 или BeO) с внешним диаметром на 1 мм меньшим внутреннего диаметра тигля. Конструкция крышки позволяет ей свободно перемещаться вдоль вертикальной оси тигля и двигаться вместе с ним при возникновении крутильных колебаний подвесной системы.

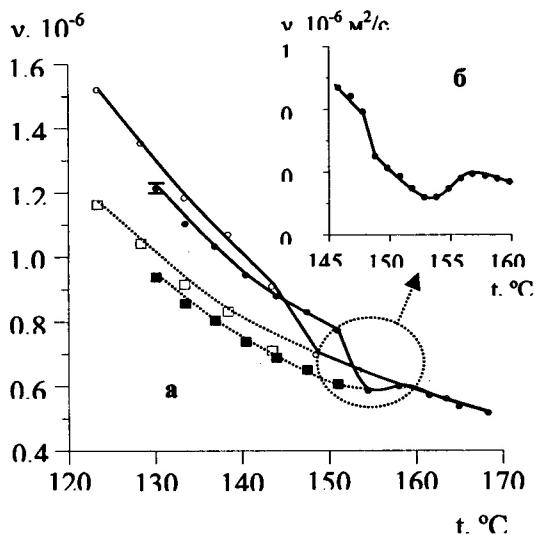


Рис.1. Температурные зависимости вязкости расплава в тигле из Al_2O_3 с одной торцевой поверхностью: ●-нагрев, ○-охлаждение; ■, □-расчет с учетом двух торцевых поверхностей.

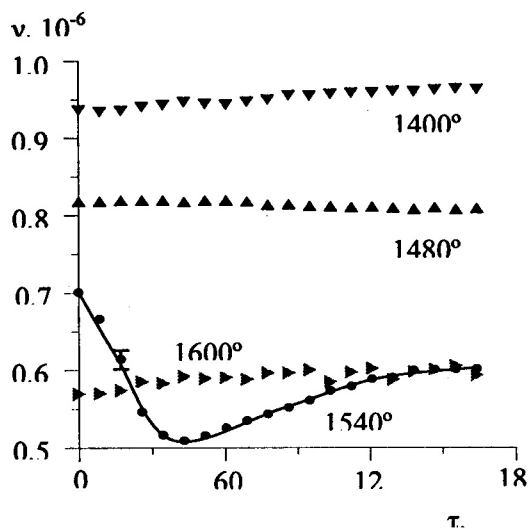


Рис.2. Временные зависимости вязкости расплава в тигле из Al_2O_3 с одной торцевой поверхностью.

На рис.1а представлена типичная температурная зависимость вязкости расплава в тигле из Al_2O_3 с одной торцевой поверхностью. На политерме обнаружены две особенности: резкое уменьшение вязкости вблизи $t_1^* = 1480^\circ\text{C}$ и рост ее значений в интервале температур 1530°C - 1560°C (рис.1б). При нагреве расплава до 1700°C и последующем охлаждении ниже температур аномалий наблюдается гистерезис вязкости. Причем, в режиме ох-

лаждения t_1^* меньше на 50-100°C, чем при нагреве. Характер политермы хорошо воспроизводится при повторных измерениях.

Полученные данные позволяют выделить на политермах вязкости в режиме нагрева четыре температурных интервала: $t_{пл}$ -1480°C-низкотемпературное состояние расплава; 1480°C-1530°C-резкое уменьшение вязкости (первая аномалия); 1530°C-1560°C-возрастание вязкости (вторая аномалия) и 1560°C-1700°C-высокотемпературное состояние расплава. Для каждой из этих областей были проведены исследования временных зависимостей вязкости при длительных изотермических выдержках (рис.2). Значения вязкости, полученные при 1400°C, 1480°C и 1600°C, с течением времени не изменяются. Однако временная зависимость при 1540°C имеет немонотонный характер: вначале изотермической выдержки значения вязкости падают, затем возрастают и выходят на постоянное значение. Подобное изменение вязкости с течением времени позволяет предположить, что при температуре 1540°C расплав находится в неравновесном состоянии и в процессе изотермической выдержки приходит к равновесию. При этом время установления равновесия составляет более 3 часов.

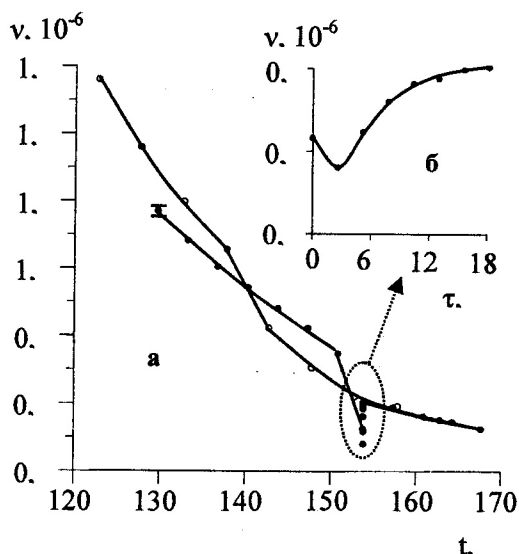


Рис.3. Политерма вязкости расплава с одной торцевой поверхностью в тигле из Al_2O_3 с измерением вязкости при 1540°C в течение 3 часов: ●-нагрев, ○-охлаждение.

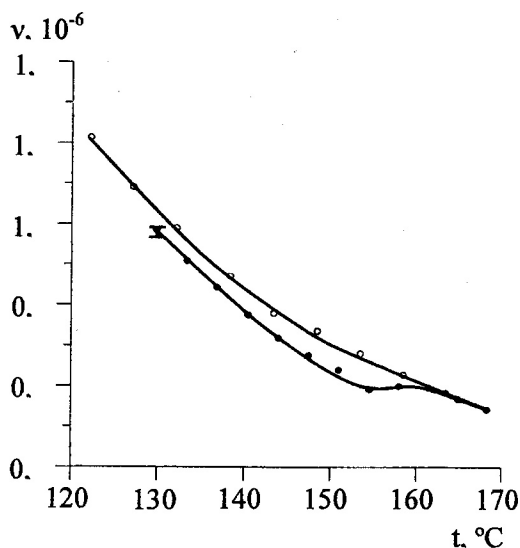


Рис.4. Политерма вязкости расплава с двумя торцевыми поверхностями в тигле из Al_2O_3 : ●-нагрев, ○-охлаждение.

Для подтверждения этого предположения была измерена температурная зависимость вязкости следующим образом (рис.3): при нагреве до температуры 1540°C измерения проводили в режиме ступенчатого изменения температуры после изотермических выдержек в течение 20 мин (режим I), при 1540°C измерения проводили в течение 3 часов (режим II) и далее опять в режиме I. Полученные данные представлены на рис.3б, причем после 3 часов выдержки значения вязкости равны их величине на политерме при 1540°C.

На рис.4 представлена типичная политерма вязкости расплава в тигле из Al_2O_3 с двумя торцевыми поверхностями касания (с крышкой), на которой в режиме нагрева сохраняется только одна аномалия в интервале температур 1540°C-1580°C и положительный гистерезис при последующем охлаждении. Отсутствие эффектов в виде резкого уменьшения вязкости вблизи 1480°C и резкого ее возрастания при охлаждении, которое наблюдается в эксперименте с одной торцевой поверхностью (без крышки), позволяет предположить, что последние связаны с изменением состояния поверхности расплава. В опыте, проведенный без крышки, на свободной поверхности расплава образуется пленка, которая имеет значительно большую вязкость по сравнению с расплавом и играет роль второй

торцевой поверхности. При нагреве расплава пленка растворяется, то есть вторая торцевая поверхность трения исчезает, что и приводит к резкому снижению получаемых значений вязкости. В режиме охлаждения пленка на поверхности расплава восстанавливается и, соответственно, значения вязкости резко возрастают. Это подтверждается также совпадением политерма вязкости, полученных при измерениях с крышкой (рис.4) и без крышки, но рассчитанной с учетом второй торцевой поверхности (рис.1).

Аналогичные результаты были получены при исследовании температурной зави-

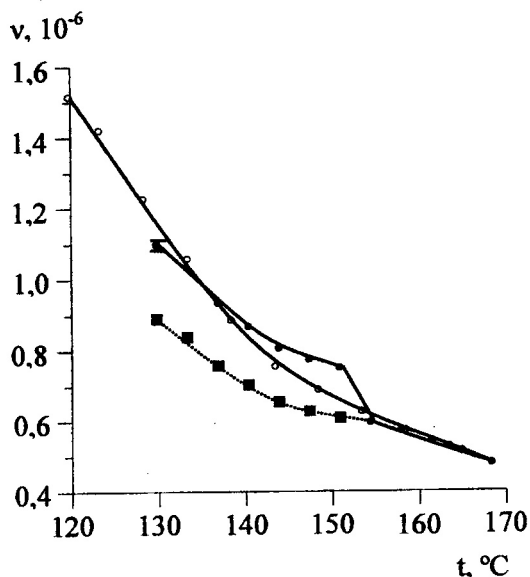


Рис.5. Температурная зависимость вязкости расплава с одной торцевой поверхностью в тигле из BeO: ●-нагрев, ○-охлаждение; ■, □-расчет с учетом двух торцевых поверхностей.

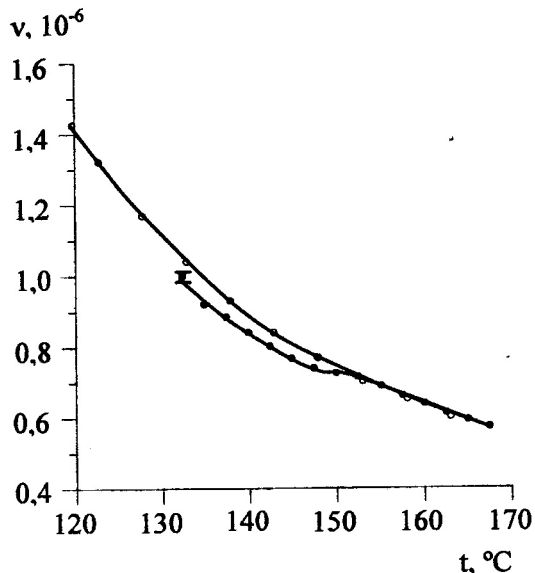


Рис.6. Температурная зависимость вязкости расплава с двумя торцевыми поверхностями в тигле из BeO: ●-нагрев, ○-охлаждение.

симости вязкости расплава в тигле из BeO (рис.5 и рис.6). При измерении с одной торцевой поверхностью в режиме нагрева наблюдается резкое уменьшение вязкости в узком температурном интервале (1500°C-1540°C), обусловленное, растворением оксидной пленки, как и при использовании тигля из Al_2O_3 . В эксперименте с двумя торцевыми поверхностями (рис.6) в режиме нагрева проявляется только аномалия в виде перегиба (1470°C-1520°C) и положительный гистерезис. Политерма вязкости (рис.5), рассчитанная с учетом двух торцевых поверхностей, аналогична температурной зависимости вязкости расплава с крышкой (рис.6).

Однако для объяснения аномалий на политерме вязкости исследованного расплава не достаточно только изменения состояния поверхности. Возрастание вязкости, которое наблюдается на политермах, полученных с двумя торцевыми поверхностями, по-видимому, связано со структурным превращением в расплаве. Природа превращения такого типа не ясна и требует дополнительные исследования.

1. Баум Б.А., Клименков Е.А., Тягунов Г.В., Базин Ю.А. Взаимовлияние жидкого и твердого состояний сплавов.//Металлы.-1986.-№3.-С.19-24.
2. Бельтюков А.Л., Ладьянов В.И. Автоматизированная установка для определения кинематической вязкости металлических расплавов// ПТЭ.-2008.-№2.-С.155-161.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке программы Президиума РАН и тематических отделений РАН и РФФИ (грант №08-03000609-А).