



ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В РАСПЛАВАХ AL-Ni, Al-Y, Al-Ni- РЗМ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

С.Г. Меньшикова^{1,2}, А.Л. Бельтиков¹, М.Г. Васин¹, В.В. Маслов³

¹Физико-Технический Институт УрО РАН, г. Ижевск

²УдГУ, НИИ Термофизики новых материалов, г. Ижевск

³Институт металлофизики им. Г.В.Курдюмова НАН Украины, г. Киев

ЦЕЛЬ:

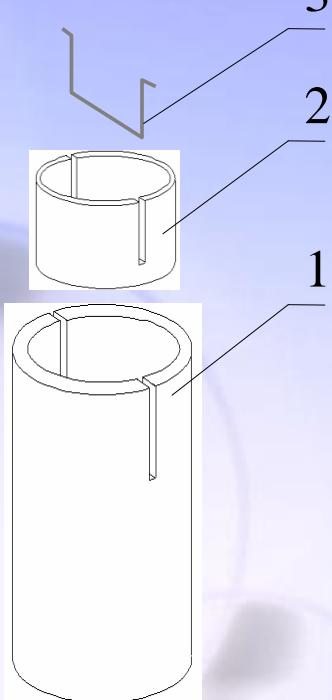
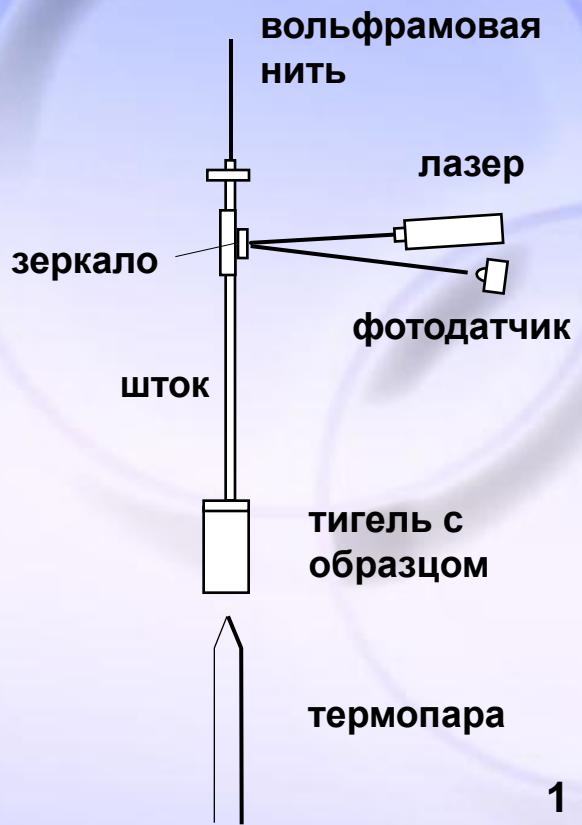
исследование температурно-временного поведения вязкости расплавов Al-Ni, Al-Y, многокомпонентных Al-(Ni/Co)-РЗМ с содержанием алюминия более 90 ат.% и выяснение природы и механизма наблюдаемых в неравновесных расплавах Al-ПМ-РЗМ релаксационных процессов

ЗАДАЧИ:

1. Исследование температурных и временных зависимостей вязкости расплавов Al-(Ni/Y) (до 10 ат.% Ni/Y).
2. Исследование температурных и временных зависимостей вязкости стеклообразующих расплавов Al₈₆Ni₈La₆, Al₈₆Ni₈Ce₆, Al₈₇Ni₈Y₅, Al₈₆Ni₆Co₂Gd₄Tb₂, Al₈₆Ni₆Co₂Gd₄Y₂*
3. Исследование влияния термовременной обработки расплавов бинарной системы Al-Ni на процессы их кристаллизации при различных скоростях охлаждения расплавов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

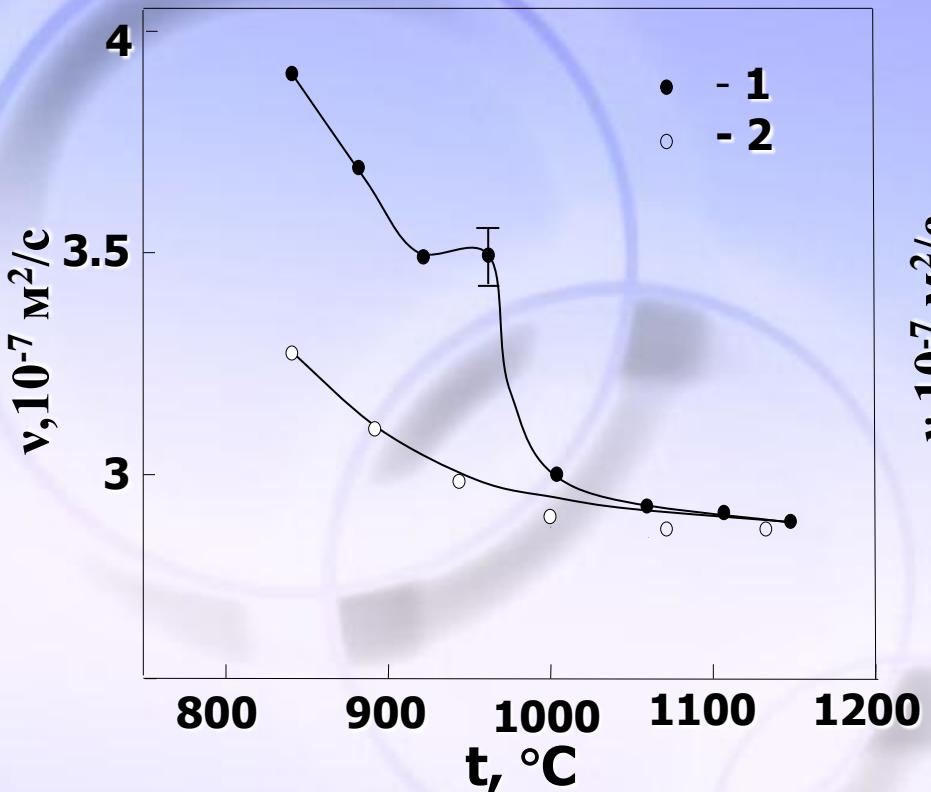
1. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ВЯЗКОСТИ



- Метод затухающих колебаний тигля с расплавом
- Температурный интервал: от t_L до 1200°C
- Эксперименты выполнены в основном в тиглях Al_2O_3
- 3,5 %

2. Метод дифференциального термического анализа
3. Метод рентгеноструктурного анализа
4. Метод металлографического анализа

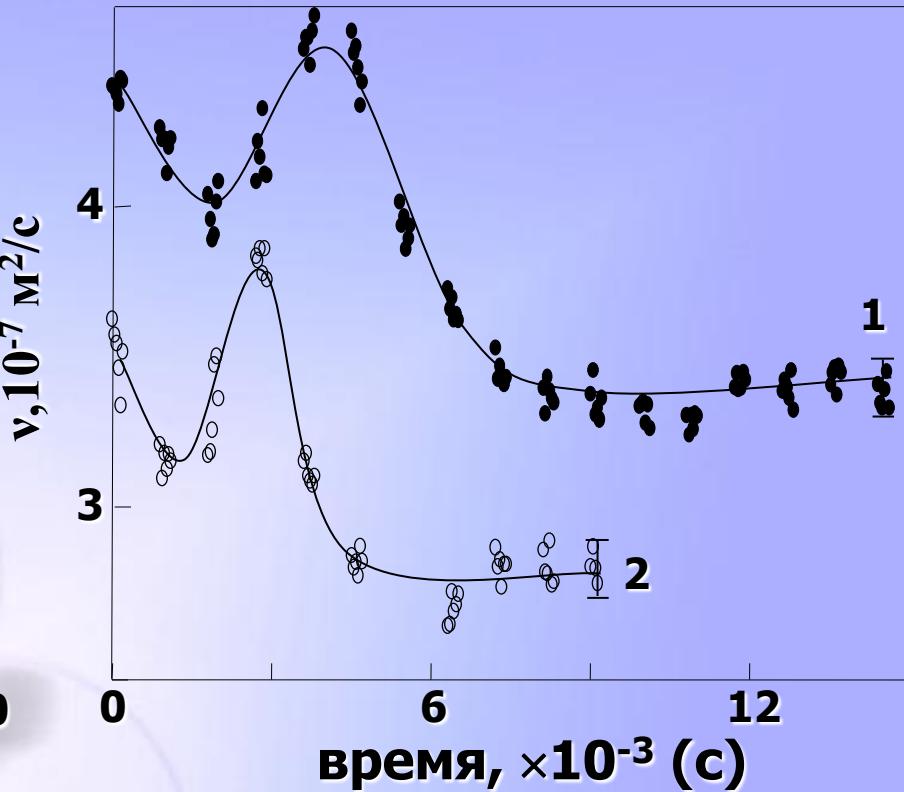
СПЛАВ $\text{Al}_{87}\text{Ni}_8\text{Y}_5$



Температурные зависимости вязкости расплава $\text{Al}_{87}\text{Ni}_8\text{Y}_5$, полученные в режиме изотермических выдержек на каждой температуре в течение 20 мин:
 1 – нагрев; 2 – охлаждение

[1.Ладьянов В.И., Бельтюков А.Л., Меньшикова С.Г., Волков В.А. Об особенностях вязкости и процессов затвердевания аморфизующихся расплавов Al-Ni-РЗМ // МиТОМ. - №5. – 2007. - с. 26-29]

$\text{Al}_{86}\text{Ni}_8(\text{La/Ce})_6$, $\text{Al}_{86}\text{Ni}_6\text{Co}_2\text{Gd}_4(\text{Tb/Y})_2$



Временные зависимости вязкости расплава $\text{Al}_{87}\text{Ni}_8\text{Y}_5$ (а) при температурах 1050°C (1) и 1200°C (2), полученные от комнатной температуры

СПЛАВ

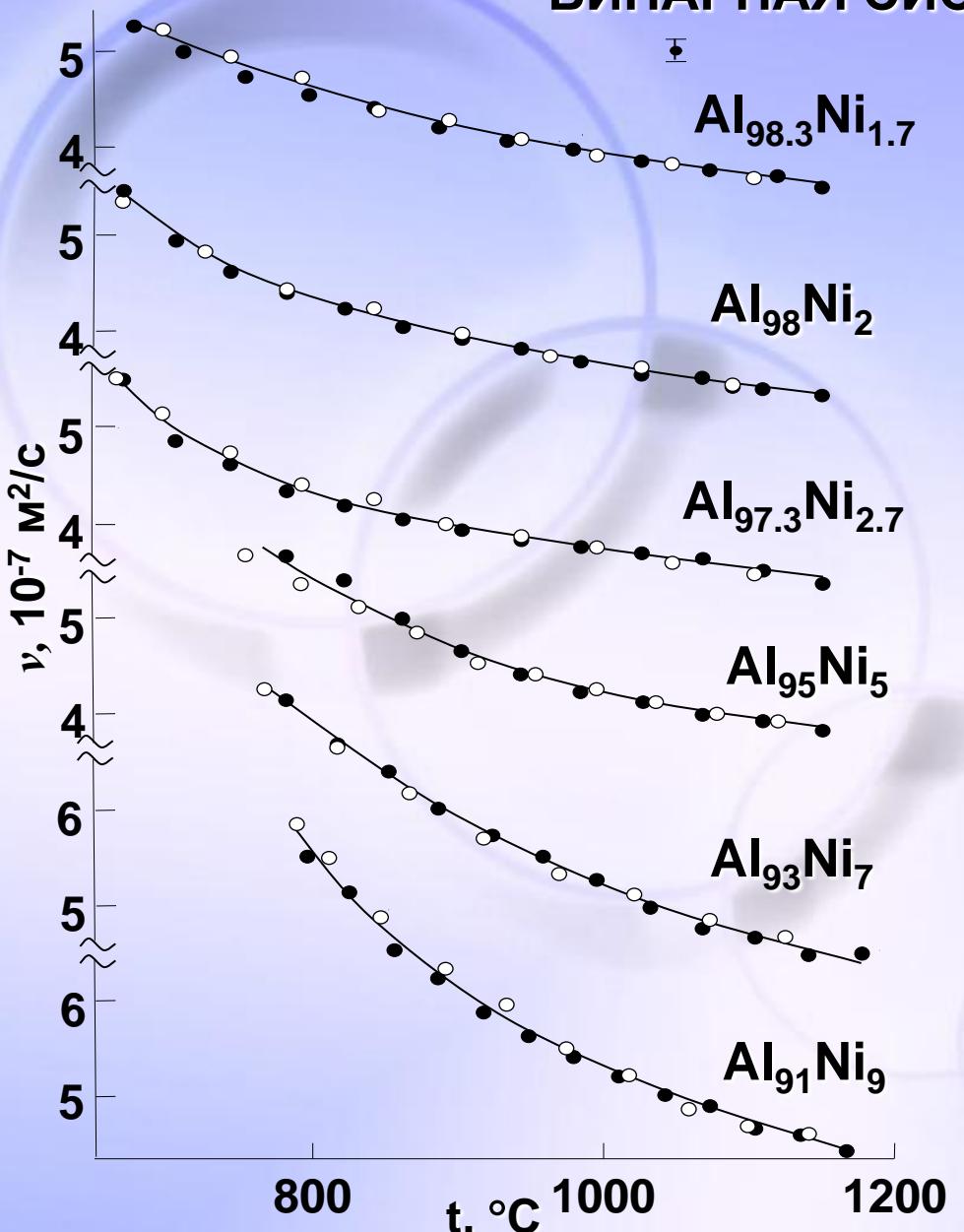
$Al_{87}Ni_8Y_5$



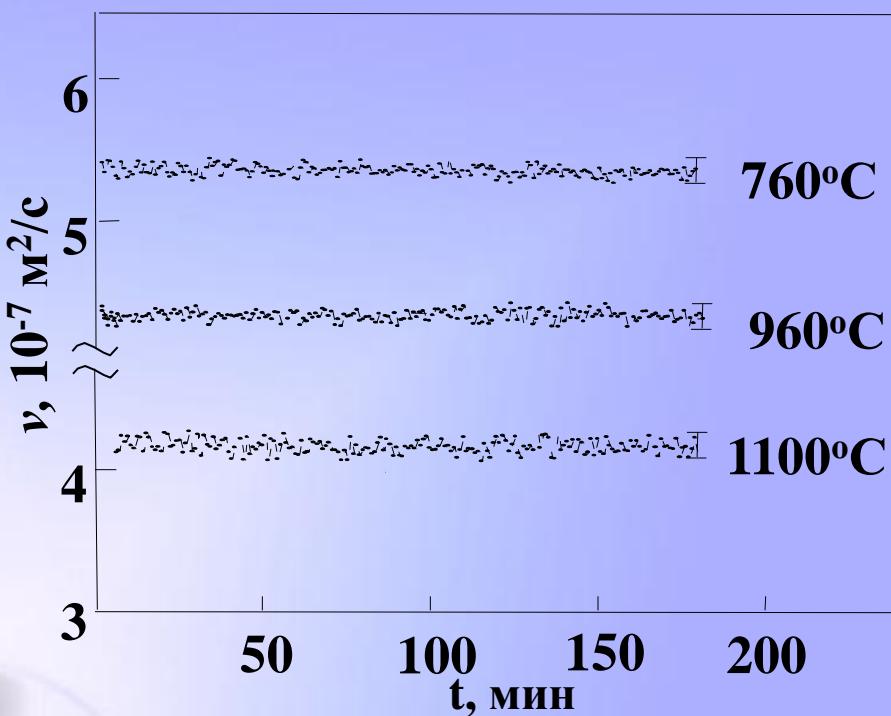
Al-Ni
(до 10 ат. % Ni)

Al-Y
(до 10 ат. % Y)

БИНАРНАЯ СИСТЕМА Al-Ni (до 10 ат.-% Ni)



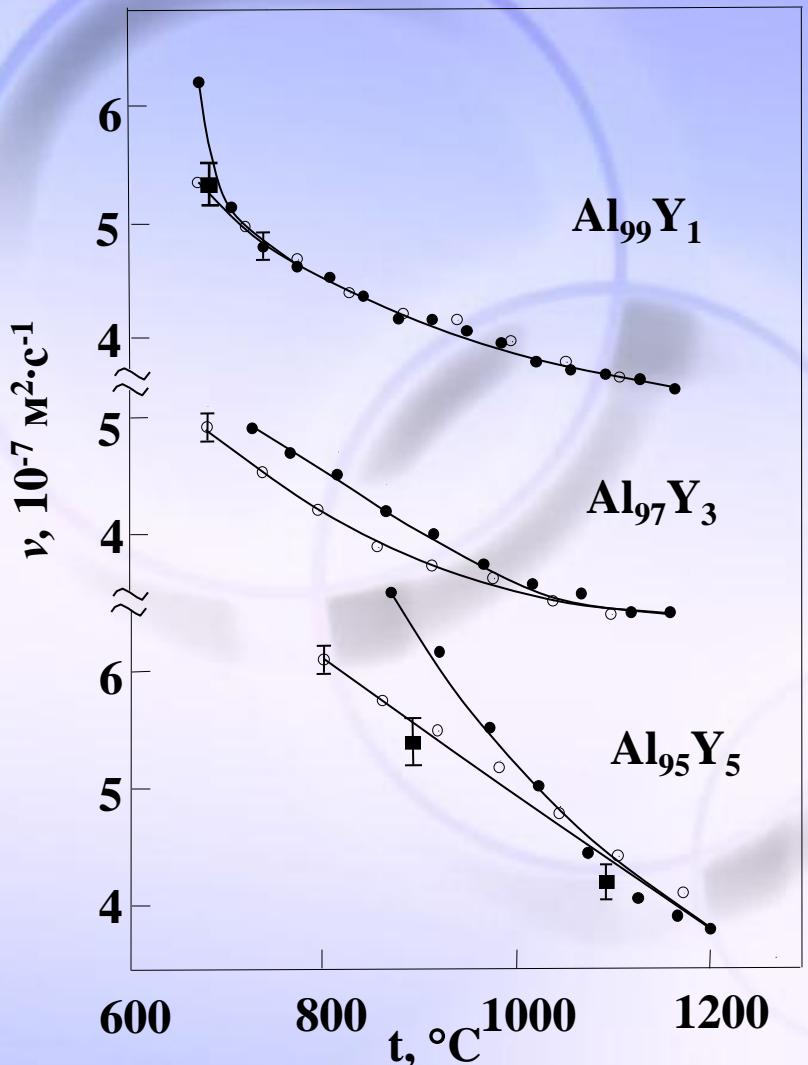
Типичные политетрмы кинематической вязкости исследованных расплавов Al-Ni в координатах $\nu(t)$



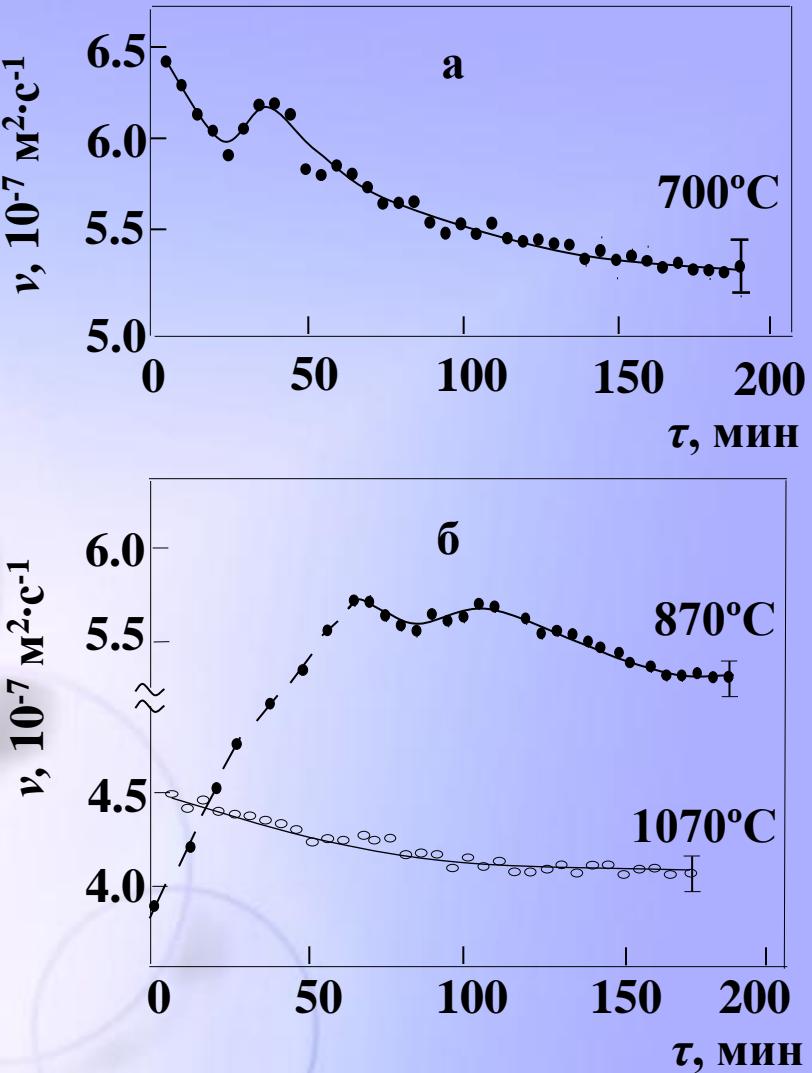
Временные зависимости вязкости жидкого сплава Al_{95.5}Ni_{4.5}

[2.Ладьянов В.И., Бельтюков А.Л., Меньшикова С.Г., Маслов В.В. Об особенностях вязкости расплавов Al-Ni-Y. В сборнике Труды XII Российской конференции "Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов." - Т.2. Екатеринбург: УрО РАН, 2008, с.447.]

ВЯЗКОСТЬ РАСПЛАВОВ Al-Y (до 10 ат.-% Y)



Типичные температурные зависимости вязкости расплавов Al-Y. ● - нагрев, - охлаждение, ■ - значения ν , установившиеся при изотермической выдержке



Временные зависимости вязкости расплавов Al99Y1 (а) и Al95Y5 (б)

[3. Ладьянов В.И. Меньшикова С.Г. и др. // Известия РАН. Серия физическая т.74(8) – 2010 (принята к печати).]

МЕХАНИЗМ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

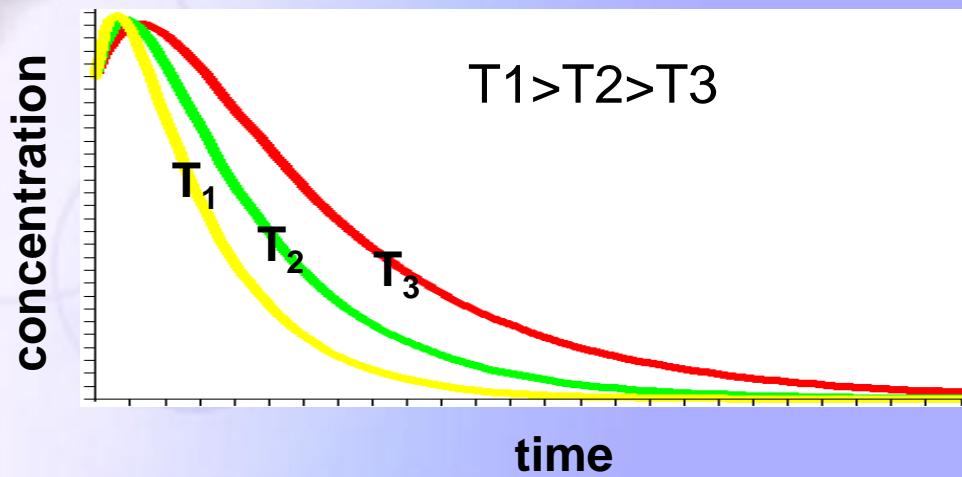
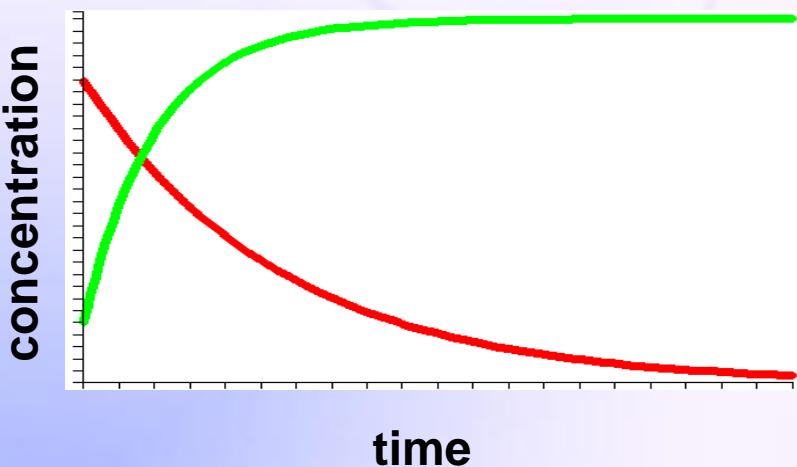
$$c(t, T) = e^{-t/\tau_{\text{cut}}} (c^* - (c^* - c_0) e^{-t/\tau_{\text{dis}}})$$

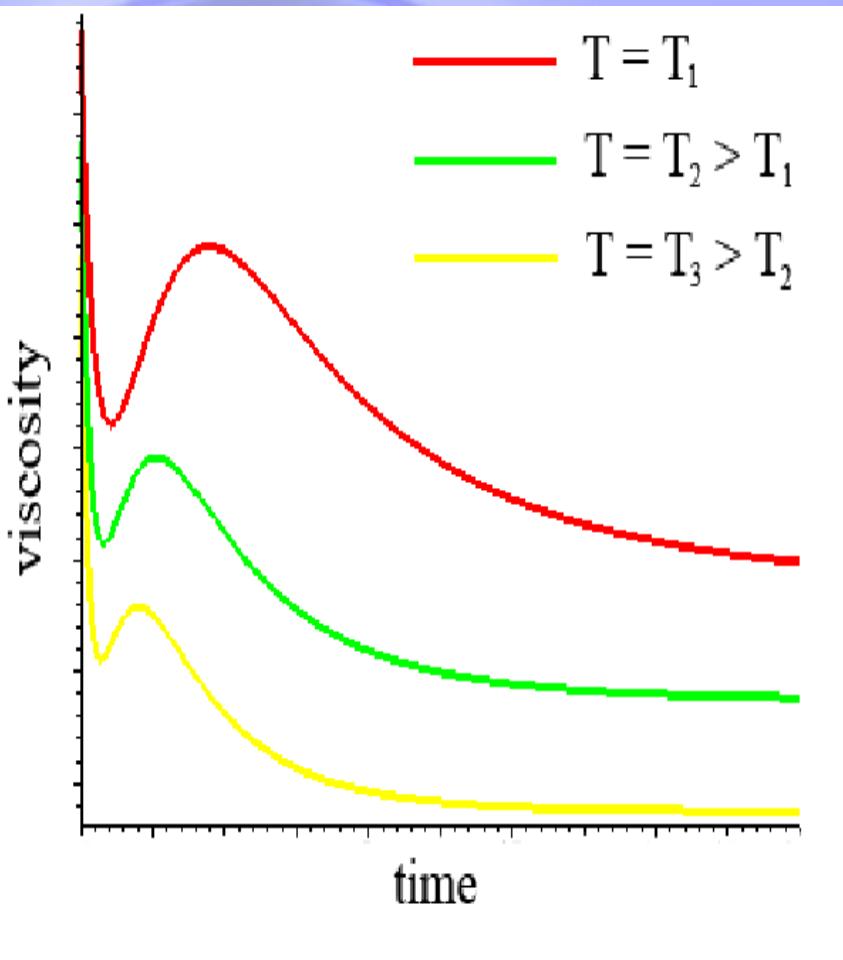
где $\tau_{\text{dis}} = \tau_0 e^{E_{\text{dis}}/kT}$ – время диспергирования,

$\tau_{\text{cut}} = \tau_0 e^{E_{\text{cut}}/kT}$ – время растворения,

c_0 - начальная концентрация,

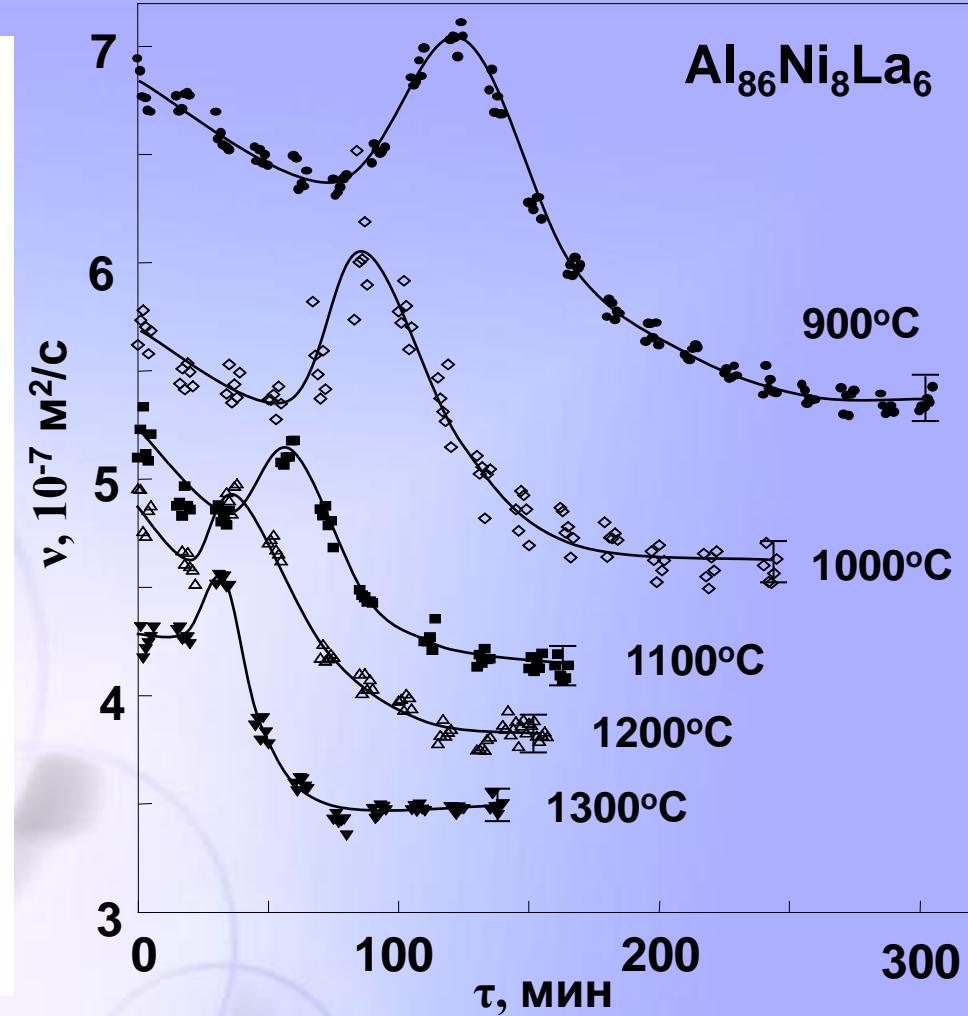
c^* - максимальная концентрация





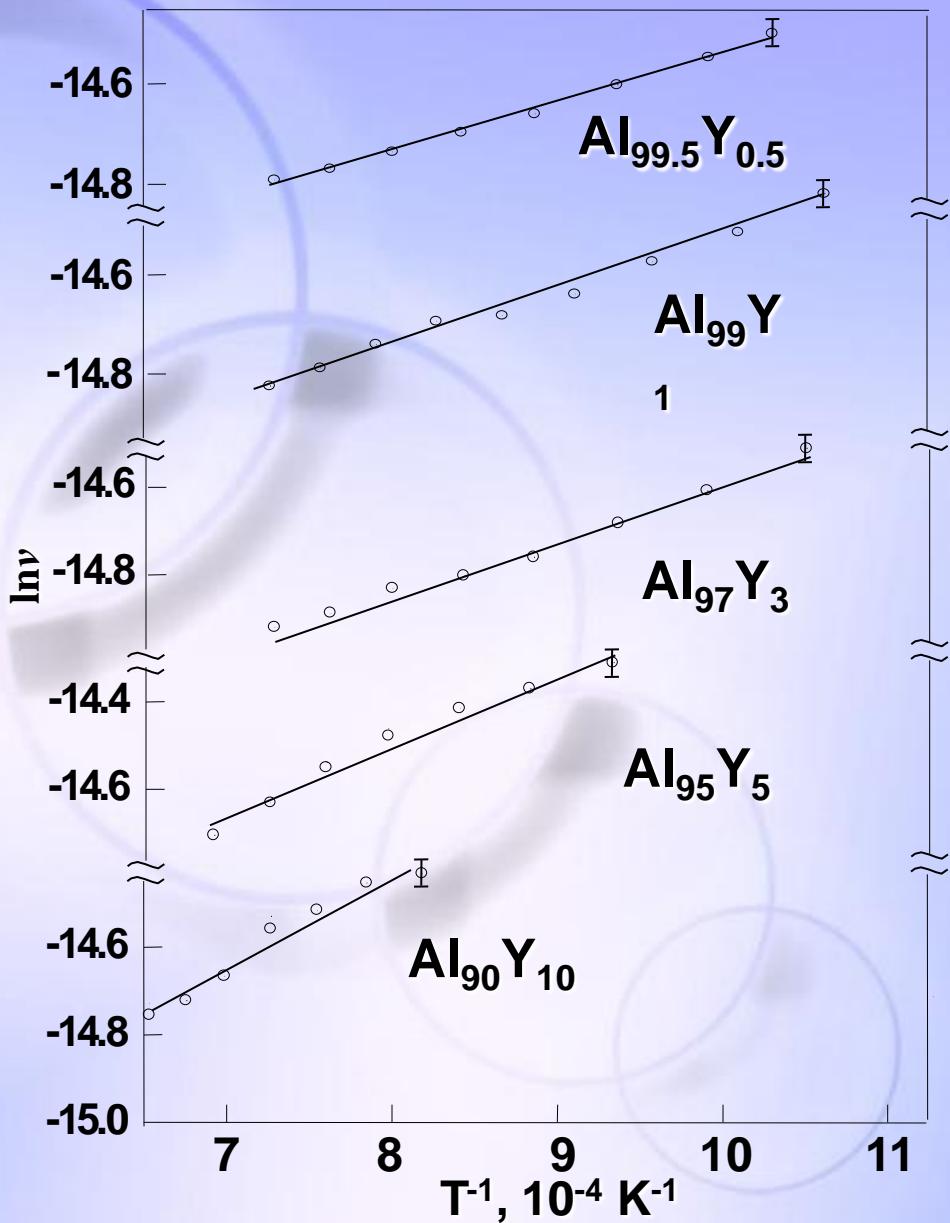
ТЕОРИЯ

[4. Vasin M.G., Ladyanov V.I. Description of anomalous features in viscosity polytherms of melts as «sol-weak gel» - like transition in terms of ultrametric dynamic theory of molecular field // Thirteenth International Conference on Liquid and Amorphous Metal. Book of Abstracts. – Ekaterinburg, 2007. – P.147]



ЭКСПЕРИМЕНТ

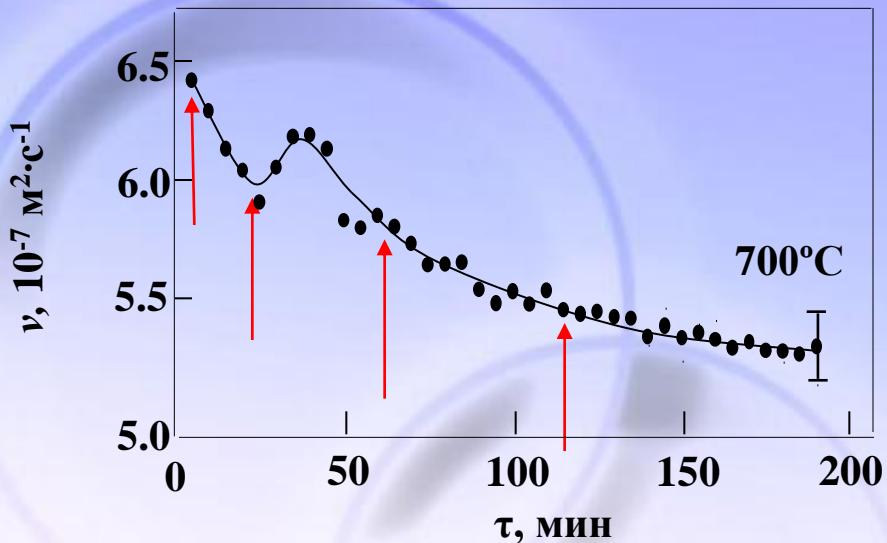
[5. Ладьянов В.И., Бельтюков А.Л., Меньшикова С.Г., Волков В.А. Об особенностях вязкости и процессов затвердевания аморфизующихся расплавов Al-Ni-РЗМ // МиТОМ. - №5. – 2007. - с. 26-29]



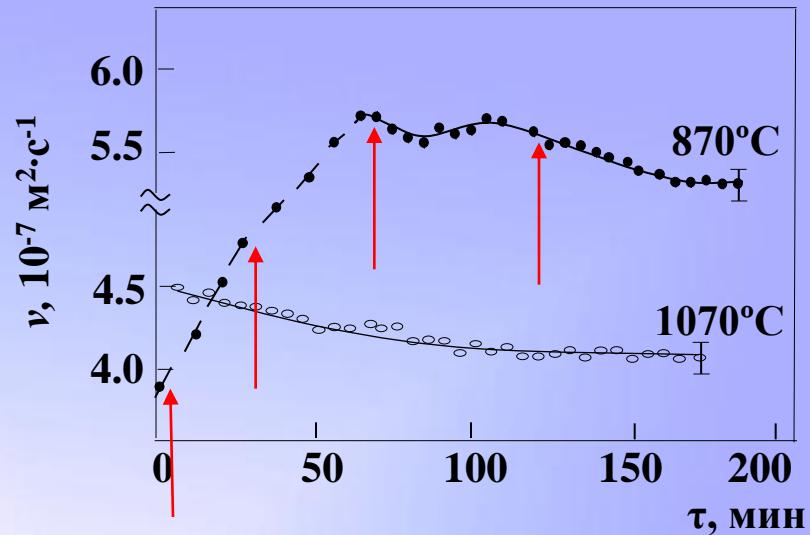
$$\nu = A \cdot \exp\left(\frac{E}{RT}\right)$$

соотношение
Аррениуса

Политермы кинематической вязкости
расплавов Al-Y в режиме охлаждения

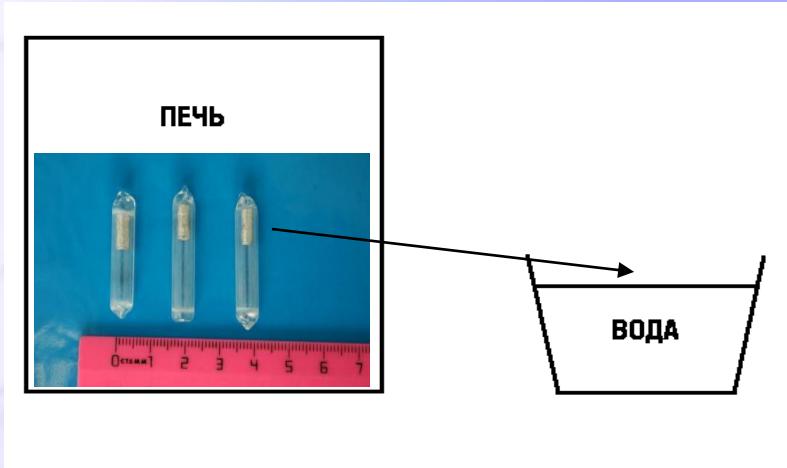


Временные зависимости вязкости
расплавов Al99Y1

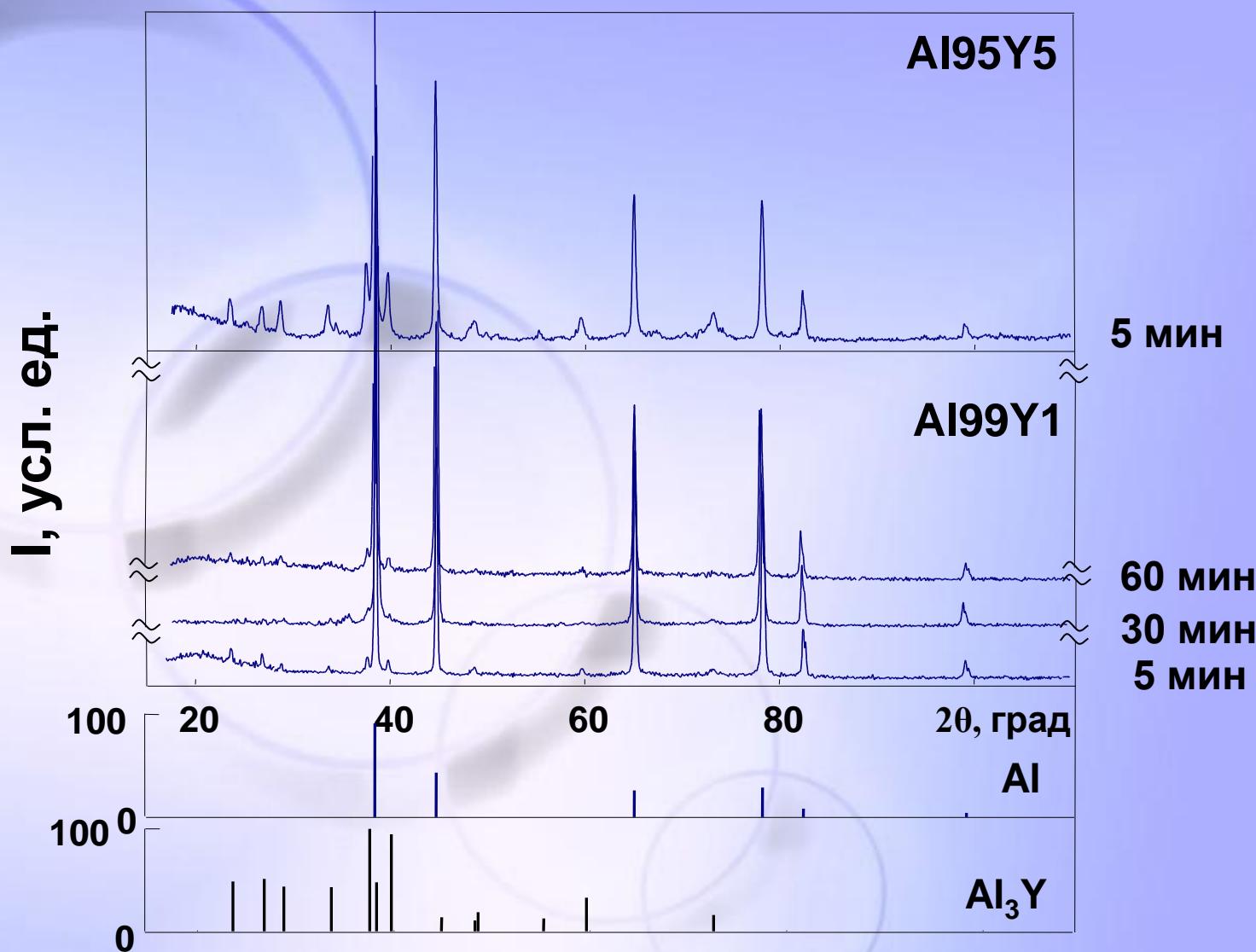


Временные зависимости вязкости
расплавов Al95Y5

сплав	100 град/с (закалка в воду)
Al ₉₉ Y ₁ (доэвт-й)	5, 30, 60, 120 минут при 730°C
Al ₉₇ Y ₃ (эвт-й)	5, 30, 60, 120 при 730°C
Al ₉₅ Y ₅ (заэ-й)	5, 20, 120 при 800°C

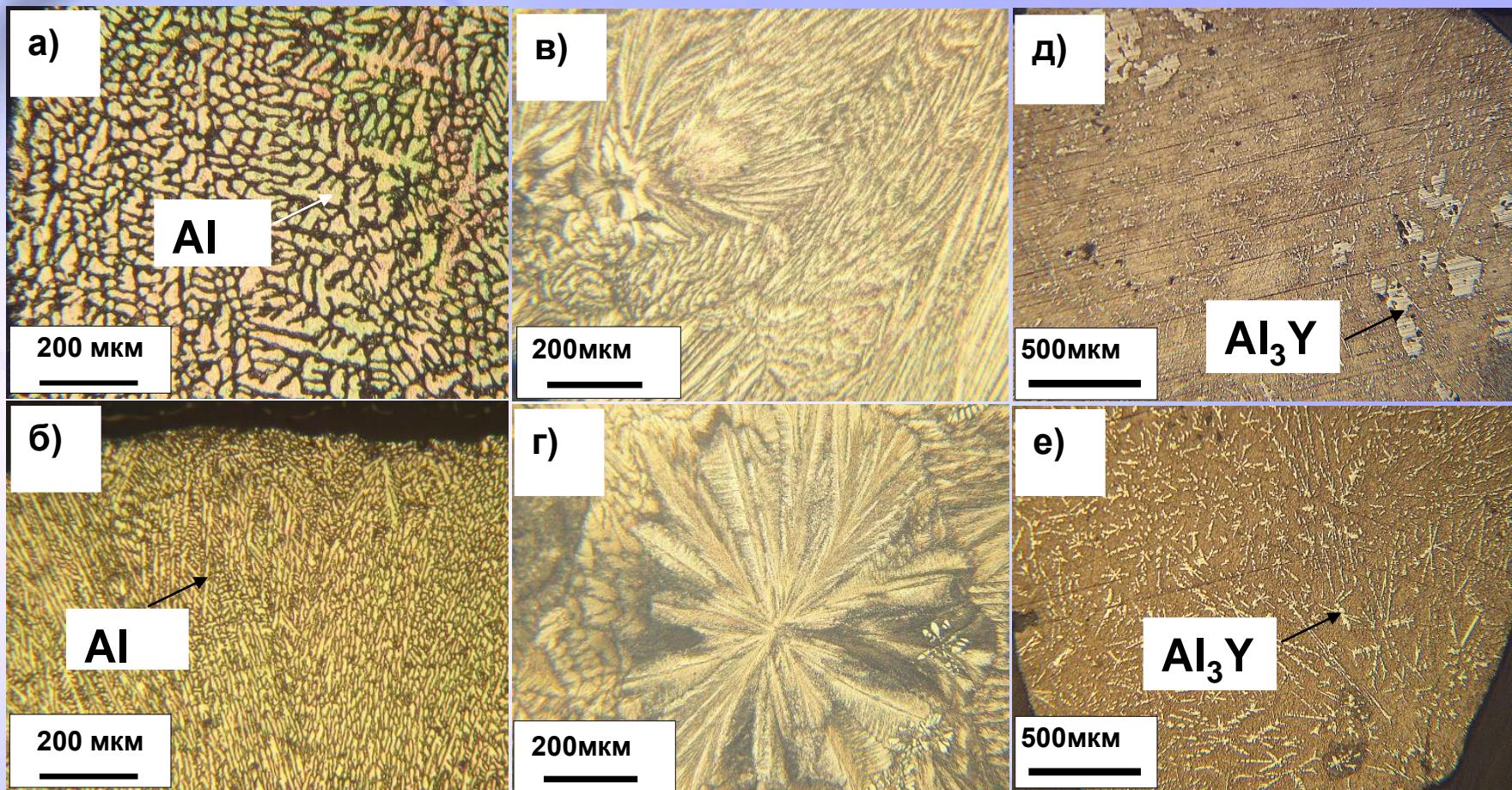


вакуумированные кварцевые
ампулы с остаточным давлением
 10^{-2} мм.рт.ст.



Рентгеновские дифрактограммы слитков, полученных от 700°C закалкой в воду
после 5, 30 и 60 минут для Al₉₉Y₁ и от 870°C
после 5 - и минут для Al₉₅Y₅

ЗАКАЛКА В ВОДУ



Микроструктуры сплавов

Al99Y1 (а-после 5 мин, б-после 60 мин от 730°С),
Al97Y3 (в-после 30 мин, г-после 60 мин от 730°С),
Al95Y5 (д-после 5 мин, е-после 120 мин при 800°С).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Исследованы температурные и временные зависимости вязкости жидкых сплавов Al-Y (до 10 ат.-% Y), Al86Ni8(La/Ce)6, Al87Ni8Y5, Al86Ni6Co2Gd4(Y/Tb)2. Обнаружены немонотонные релаксационные процессы в них после плавления. Вблизи ликвидуса время релаксации расплавов к состоянию равновесия составляет ~ 300 минут. С увеличением температуры расплава время релаксации уменьшается. В бинарной системе Al-Y время релаксации возрастает при увеличении содержания иттрия в сплаве.
2. Исследованы температурные и временные зависимости вязкости расплавов Al-Ni (до 10 ат.-% Ni). Политермы в режиме нагрева и охлаждения совпадают. Длительные релаксационные процессы отсутствуют.
3. Исследовано влияние термовременной обработки расплавов бинарной системы Al-Y (до 5 ат.-% Y) на структуру сплавов после их кристаллизации при различных скоростях охлаждения. Показано, при неизменном фазовом составе сплавов Al-Y морфология формирующихся эвтектических структур зависит от времени изотермической выдержки сплава в жидким состоянии.
4. Получены теоретические временные зависимости вязкости неравновесных расплавов Al-Ni-P3M, которые качественно хорошо согласуются с экспериментальными.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ AI-Y

[Диаграммы состояния двойных металлических систем: Справочник: В 3 т.: Т.1 / Под общей ред. Н.П. Лякишева. - М.: Машиностроение, 1996.- 992с.: ил.]

