

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. Бельтюков¹, 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 $\text{Al}_{86}\text{Ni}_{8}\text{La}_6$, $\text{Al}_{86}\text{Ni}_{8}\text{Ce}_6$, $\text{Al}_{87}\text{Ni}_{8}\text{Y}_5$, $\text{Al}_{86}\text{Ni}_6\text{Co}_2\text{Gd}_4\text{Tb}_2$, $\text{Al}_{86}\text{Ni}_6\text{Co}_2\text{Gd}_4\text{Y}_2^*$.
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



Схема подвесной системы
вискозиметра

➤ Метод затухающих крутильных колебаний цилиндрического тигля с расплавом

➤ Температурный интервал: от t_L до 1200°C

➤ Эксперименты выполнены в основном в тиглях Al_2O_3

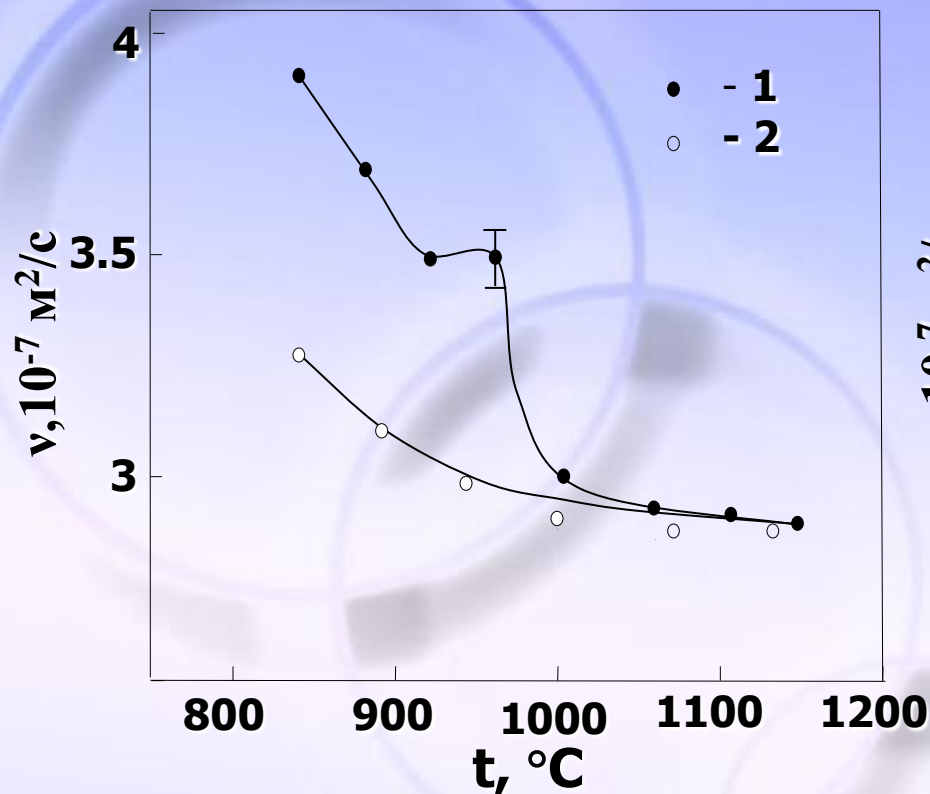
➤ 3,5 %

2. Метод дифференциального термического анализа

3. Метод рентгеноструктурного анализа

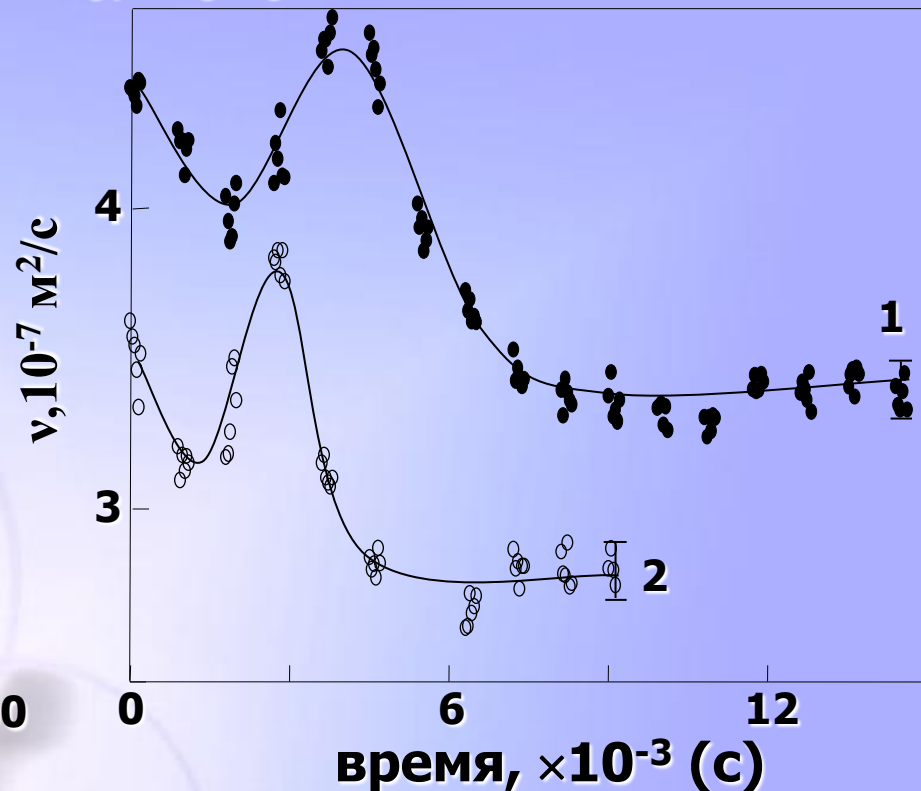
4. Метод металлографического анализа

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



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

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

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

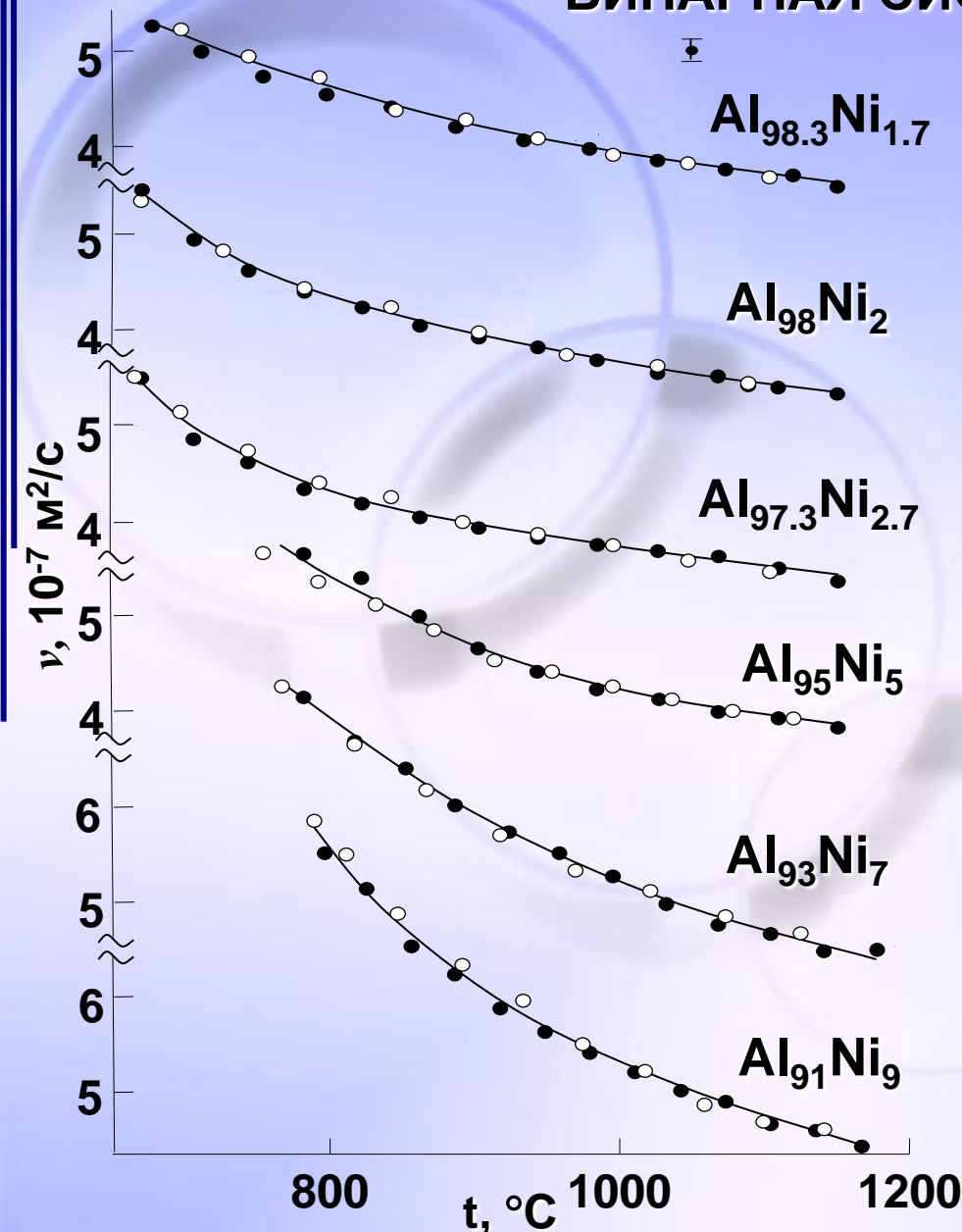
СПЛАВ
 $\text{Al}_{87}\text{Ni}_8\text{Y}_5$

Al-Ni
(до 10 ат.% Ni)

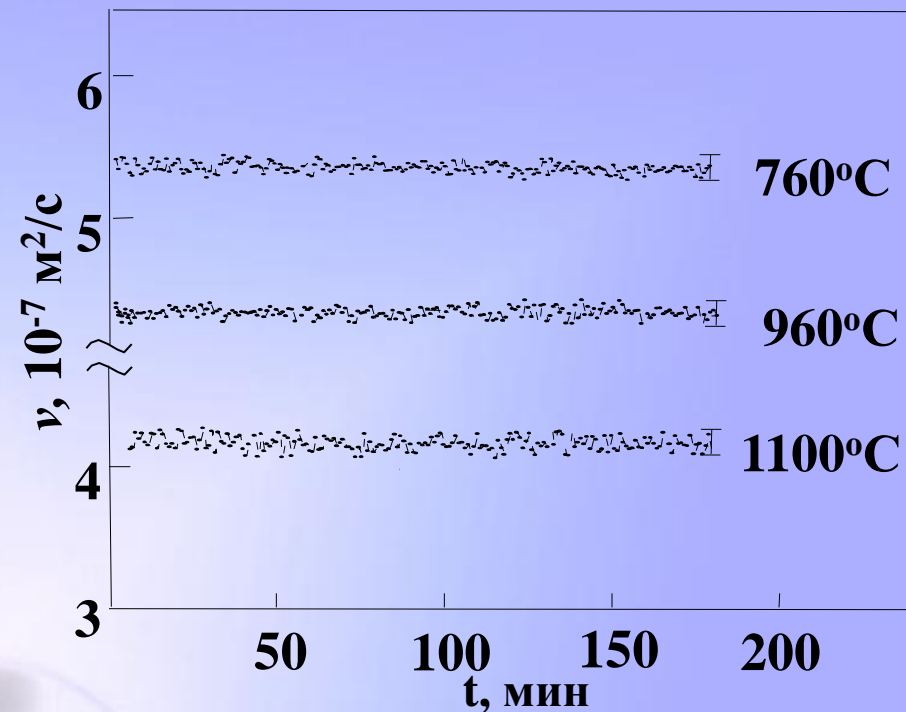
The diagram illustrates the decomposition of the alloy $\text{Al}_{87}\text{Ni}_8\text{Y}_5$ into two binary systems. Two arrows originate from the central alloy formula: one points down and to the left towards the **Al-Ni** system, and the other points down and to the right towards the **Al-Y** system. The background features faint, overlapping circles.

Al-Y
(до 10 ат.% Y)

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



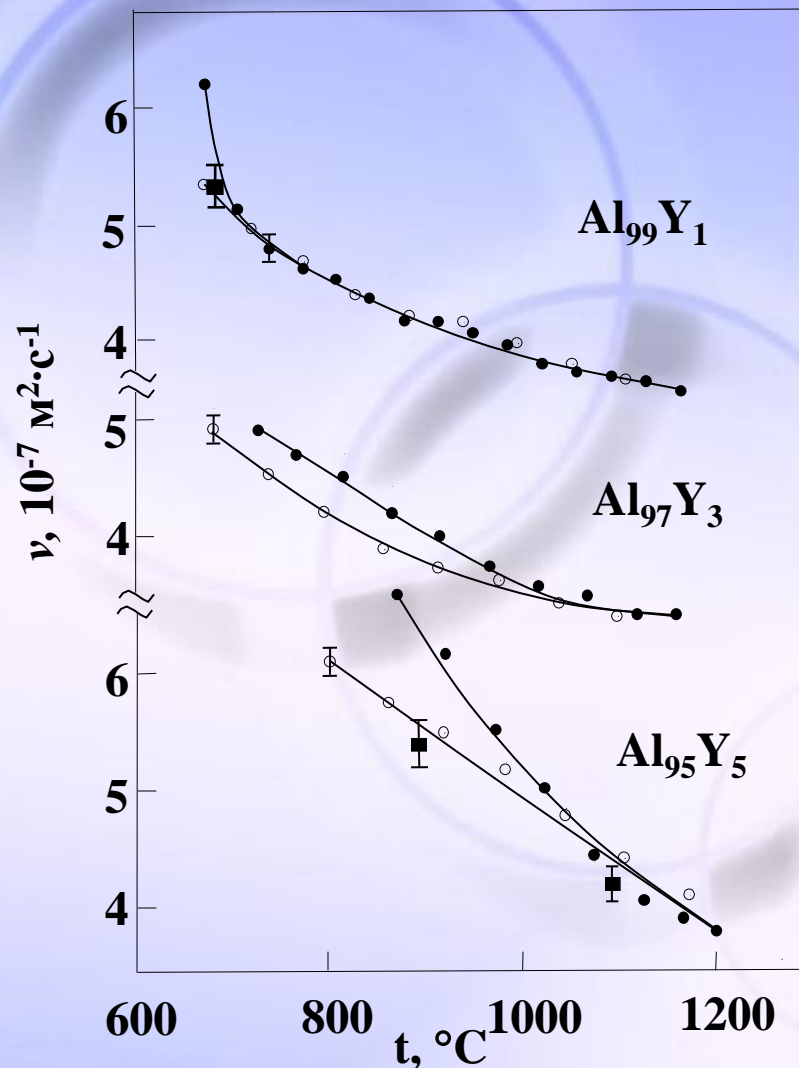
Типичные политермы кинематической вязкости
 исследованных расплавов Al-Ni в координатах $\nu(t)$



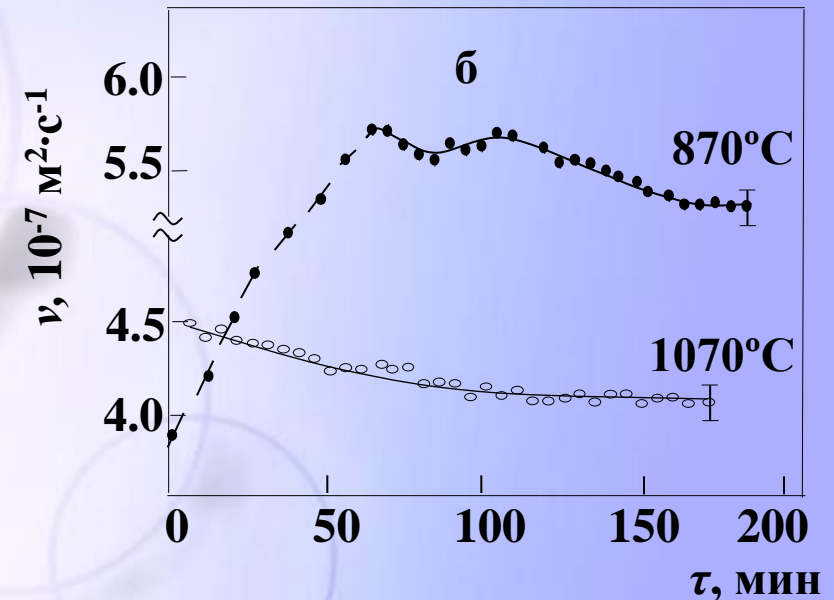
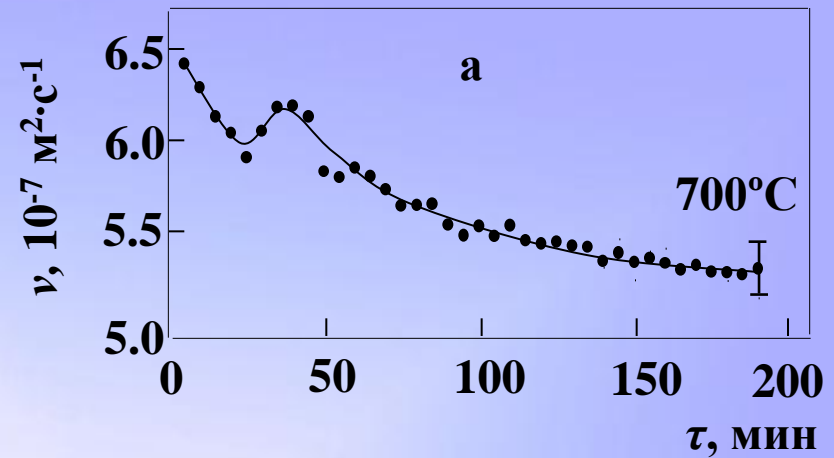
Временные зависимости вязкости
 жидкого сплава $\text{Al}_{95.5}\text{Ni}_{4.5}$

[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)

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

МЕХАНИЗМ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

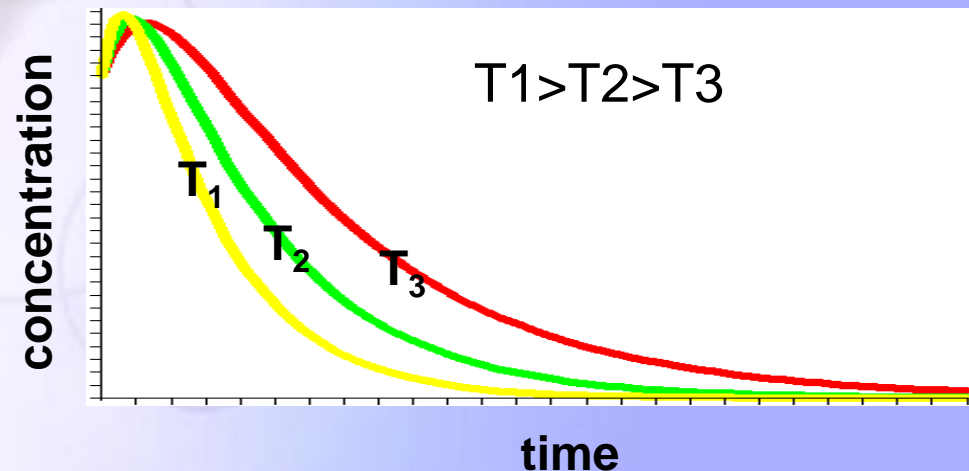
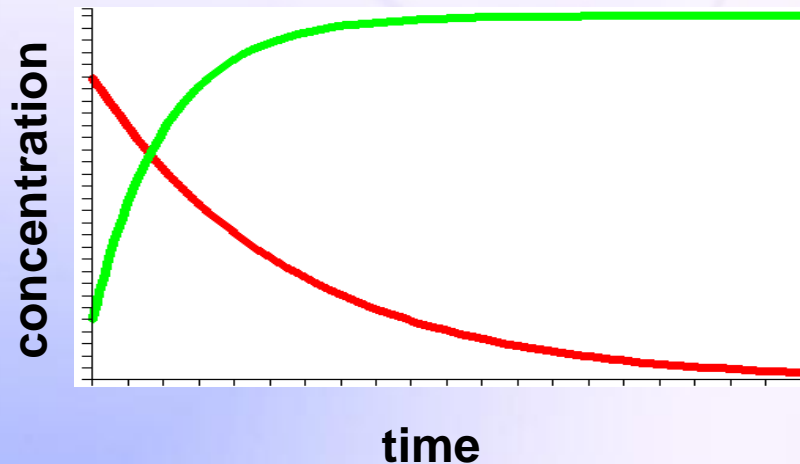
$$c(t, T) = e^{-t/\tau_{\text{cut}}} \left(c^* - (c^* - c_0) e^{-t/\tau_{\text{dis}}} \right)$$

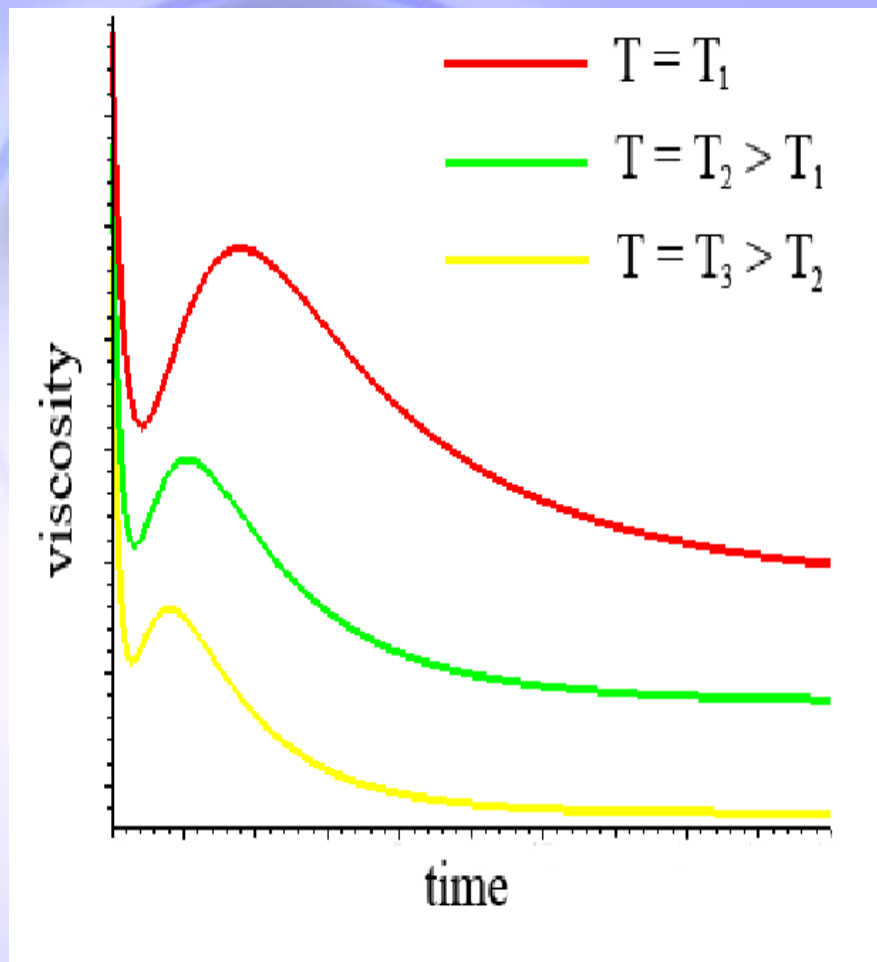
где $\tau_{\text{dis}} = \tau_0 e^{E_{\text{dis}}/kT}$ – время диспергирования,

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

c_0 - начальная концентрация,

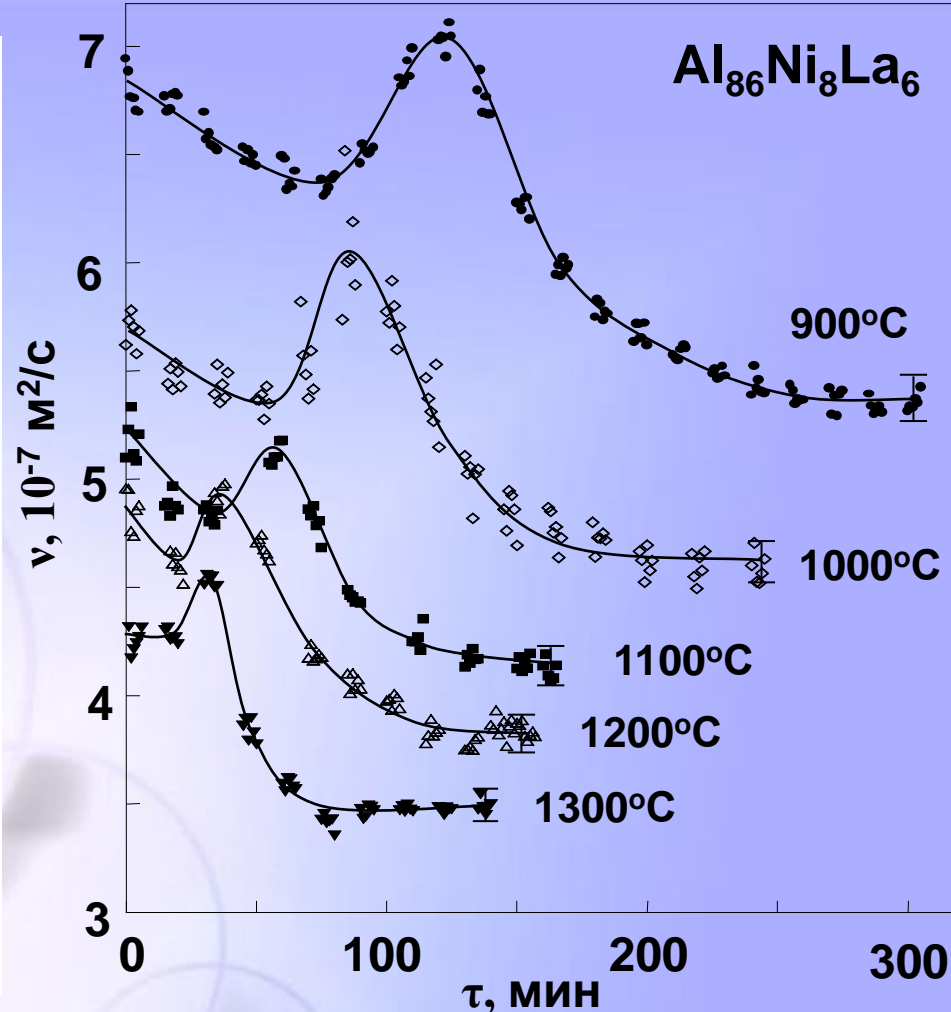
c^* - максимальная концентрация





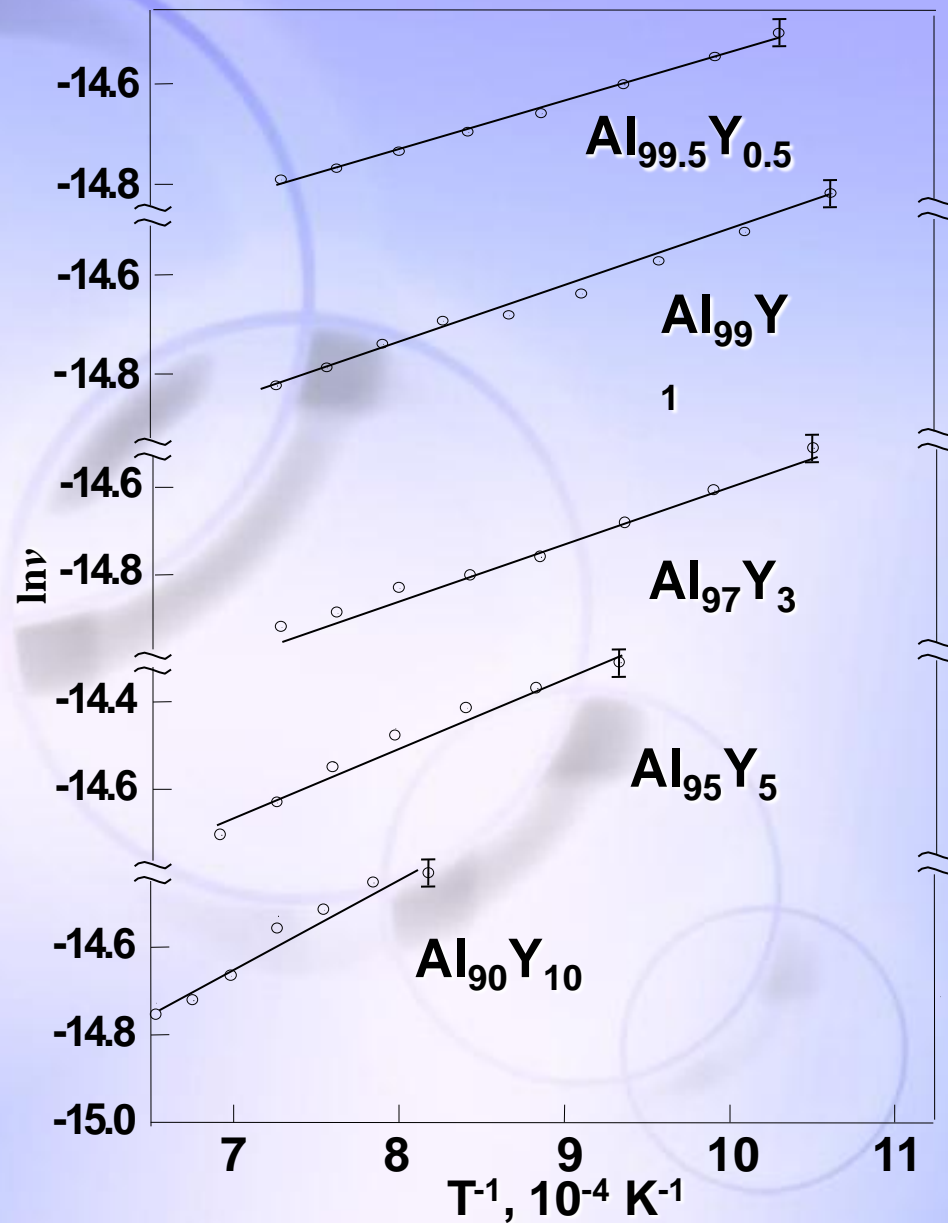
ТЕОРИЯ

[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

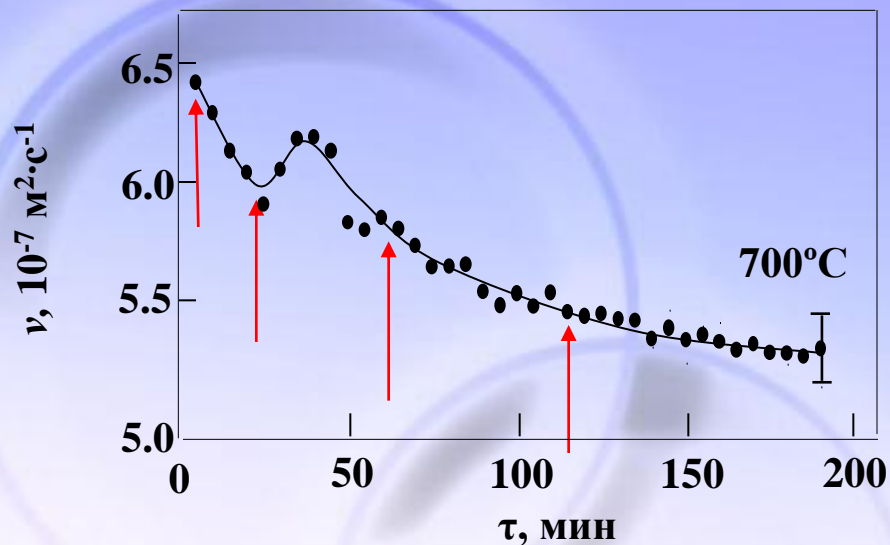
[5. Ладьянов В.И., Бельтюков А.Л., Меньшикова С.Г., Волков В.А. Об особенностях вязкости и процессов затвердевания аморфизирующихся расплавов Al-Ni-РЗМ // Митом. - №5. – 2007. - с. 26-29]



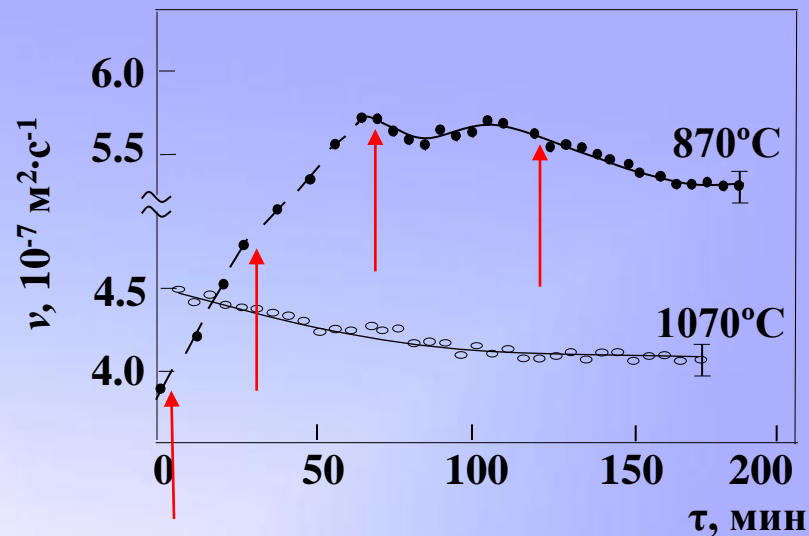
$$\nu = A \cdot \exp\left(\frac{E}{RT}\right)$$

соотношение
Аррениуса

Политермы кинематической вязкости
расплавов Al-Y в режиме охлаждения

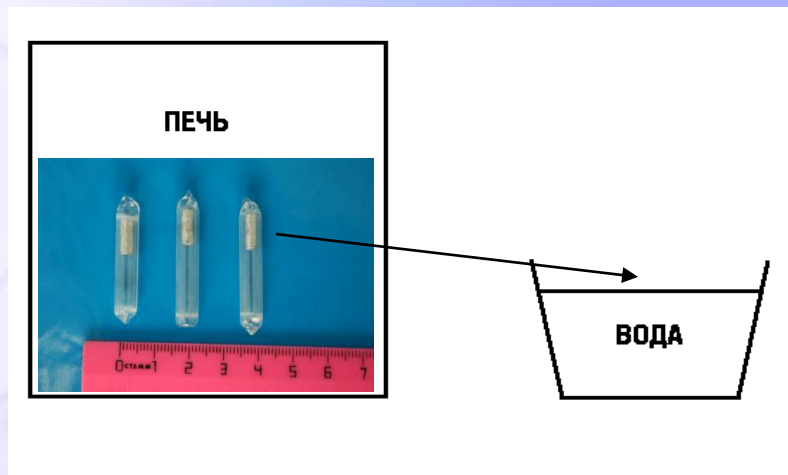


Временные зависимости вязкости
расплавов Al99Y1

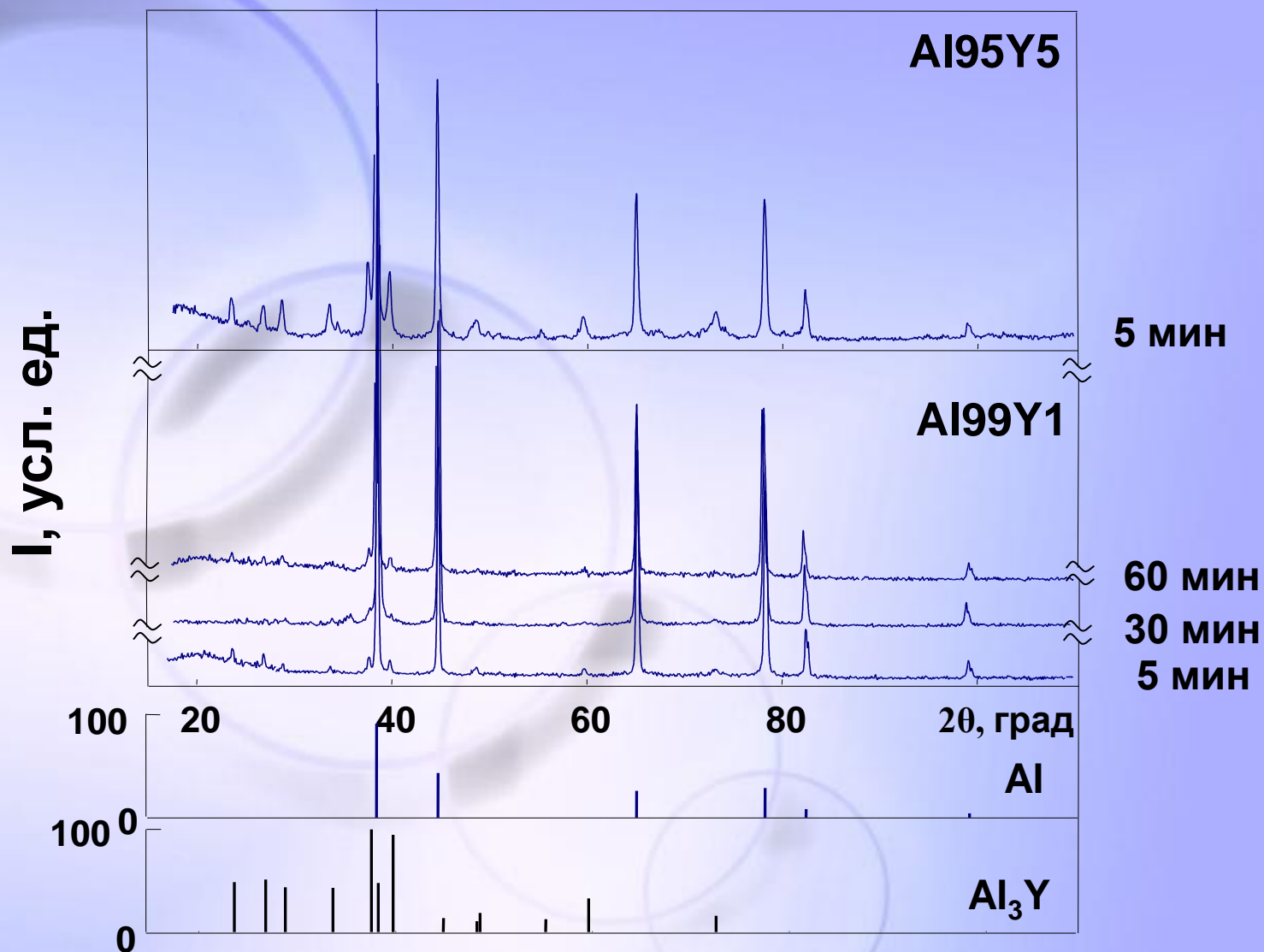


Временные зависимости вязкости
расплавов Al95Y5

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	

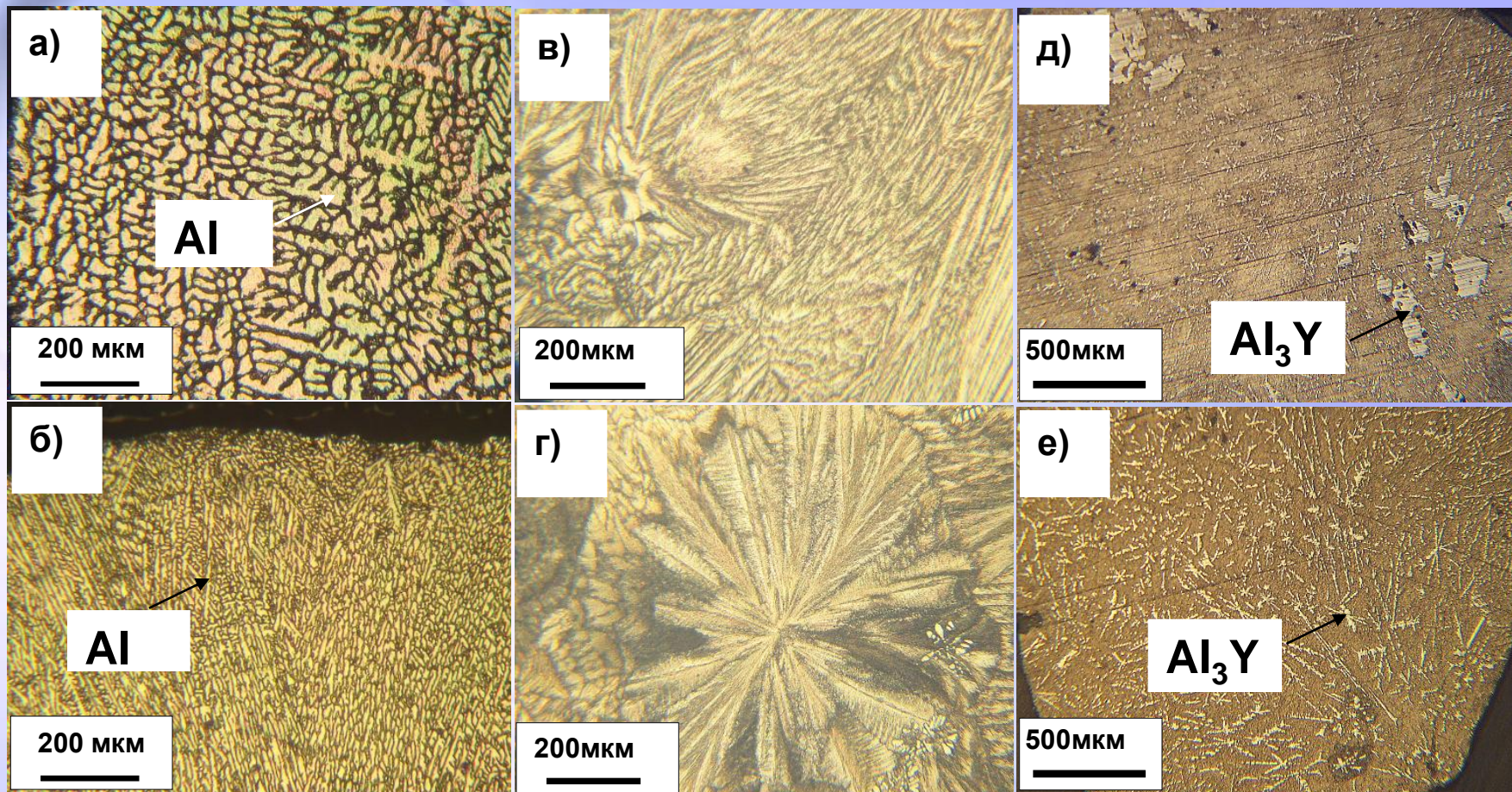


вакуумированные кварцевые
ампулы с остаточным давлением
10⁻² мм.рт.ст.



Рентгеновские дифрактограммы слитков, полученных от 700°C закалкой в воду после 5, 30 и 60 минут для Al_{99}Y_1 и от 870°C после 5 - и минут для Al_{95}Y_5

ЗАКАЛКА В ВОДУ



Микроструктуры сплавов

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

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Исследованы температурные и временные зависимости вязкости жидких 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 жидком состоянии.
4. Получены теоретические временные зависимости вязкости неравновесных расплавов Al-Ni-PЗМ, которые качественно хорошо согласуются с экспериментальными.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ Al-Y

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

