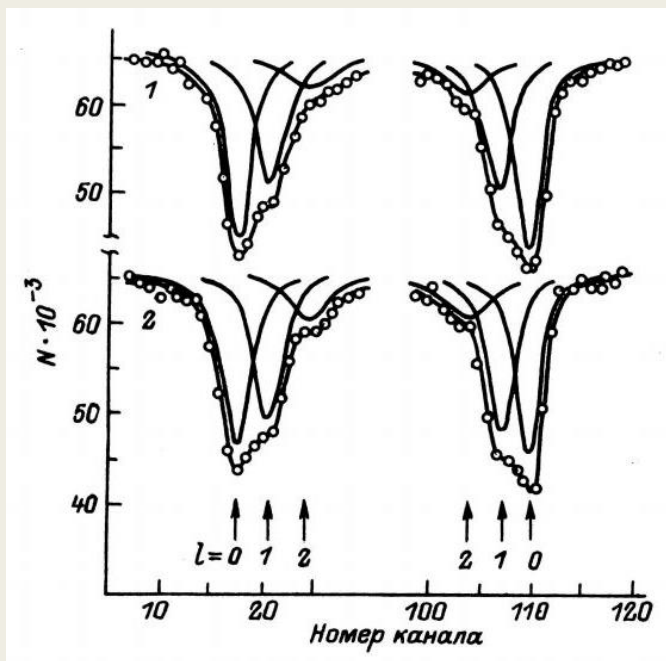


АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В
ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННОМ СПЛАВЕ
Fe-6,25 ат. % Si В ХОДЕ ИПД, ИОННОГО И
ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ, С ПОМОЩЬЮ
МЕТОДА ЯГР И ИХ ОПИСАНИЕ МОДЕЛЬЮ
ДАЛЬНЕГО ПОРЯДКА
ГОРСКОГО-БРЕГГА-ВИЛЬЯМСА

Макаров Е.В., Овчинников В.В.

Fe - 6,25 ат. % Si

Результаты Мессбауэровской спектроскопии

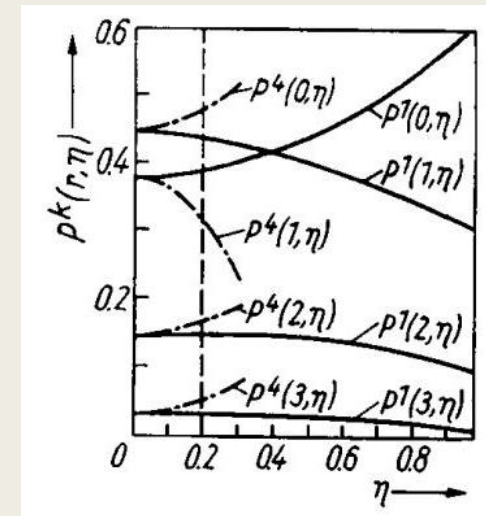


Экспериментальные и расчетные внешние пики $+1/2 \rightarrow +3/2$ и $-1/2 \rightarrow -3/2$ Мессбауэровских спектров сплава Fe-6,25 ат. % Si: 1 - ступенчатый отжиг, 2 - $F = 10^{18} \text{ см}^{-2}$

[Borodin S. N., Kreindel Yu. E., Mesyats G. A., Ovchinnikov V. V. Effect of ordering upon bombardment by accelerated ions, Technical Physics Letters, 1989, vol. 15, no. 13, pp. 87-90.]

Fe - 8 ат. % Si

Расчетные вероятности нахождения атомов S в первой координационной сфере Fe



The probabilities $P^k(r, \eta)$ of r Si atoms ($r = 0, 1, 2, 3$) in the first coordination sphere of Fe are the relative intensities of the sextets in the Mössbauer spectra. The intensities are calculated for Fe_{15}Si ($k = 1$) and Fe_3Si ($k = 4$)

[Bogachev I. N., Karakishev S. D., Litvinov V. S., Ovchinnikov V. V. Determination of Type and Degree of Long-Range Order in Fe-Si Steel by the Mössbauer Effect, Physica status solidi (a), 1974, vol. 24, no. 2, pp. 661-665.]

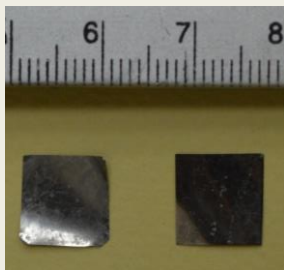
Цель:

Изучение эффекта упорядочения сплава Fe - 6,25 ат. % Si методом Мессбауэровской спектроскопии в состоянии после холодной деформации, ИПД, ионного облучения и печного нагрева при низких $T_{max} \ll T_{плав}$ температурах.

Задачи:

1. Моделирование формы мессбауэровских спектров с использованием модели дальнего порядка Горского-Брегга-Вильямса η.
2. Определение степени упорядоченности сплава Fe - 6,25 ат. % Si после холодной деформации, ИПД, облучения ионами Ar⁺ и печного нагрева.
3. Сравнительный анализ полученных результатов.

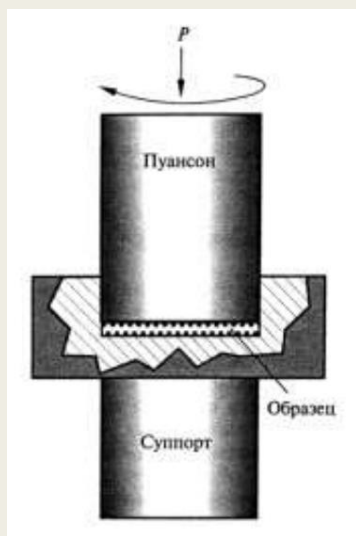
Материалы и методы



Холоднодеформированный сплав
Fe - 6,25 ат. % Si



Сплав Fe - 6,25 ат. % Si
после интенсивной
пластической
деформации

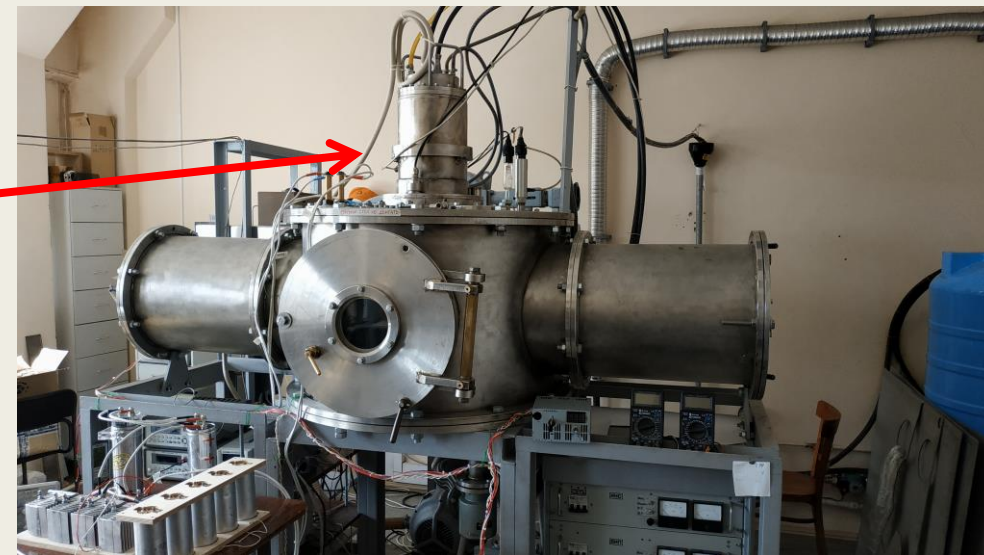


Наковальня
Бриджмена



Автоматический
мессбауэровский
спектрометр SM-2201
в режиме постоянного
ускорения.
Источник γ -квантов — ^{57}Co в
Rh

Ионный
имплантер
ИЛМ-1 с
источником
ионов
ПУЛЬСАР-1М
 $S = 100 \text{ см}^2$
 $j = 50 - 500$
 мкА/см^2
 $E = 5 - 50 \text{ кэВ}$



Муфельная печь

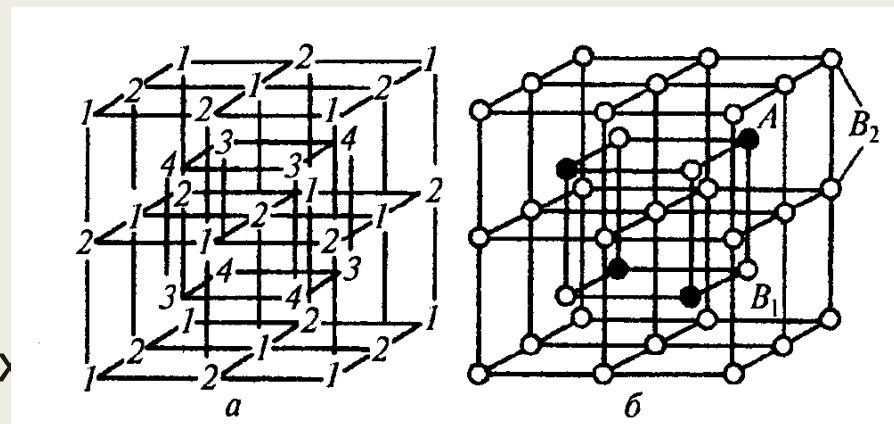


Параметр дальнего порядка Горского-Брегга-Вильямса η

α - доля атомов второго (примесного) компонента сплава, расположенных в узлах А.

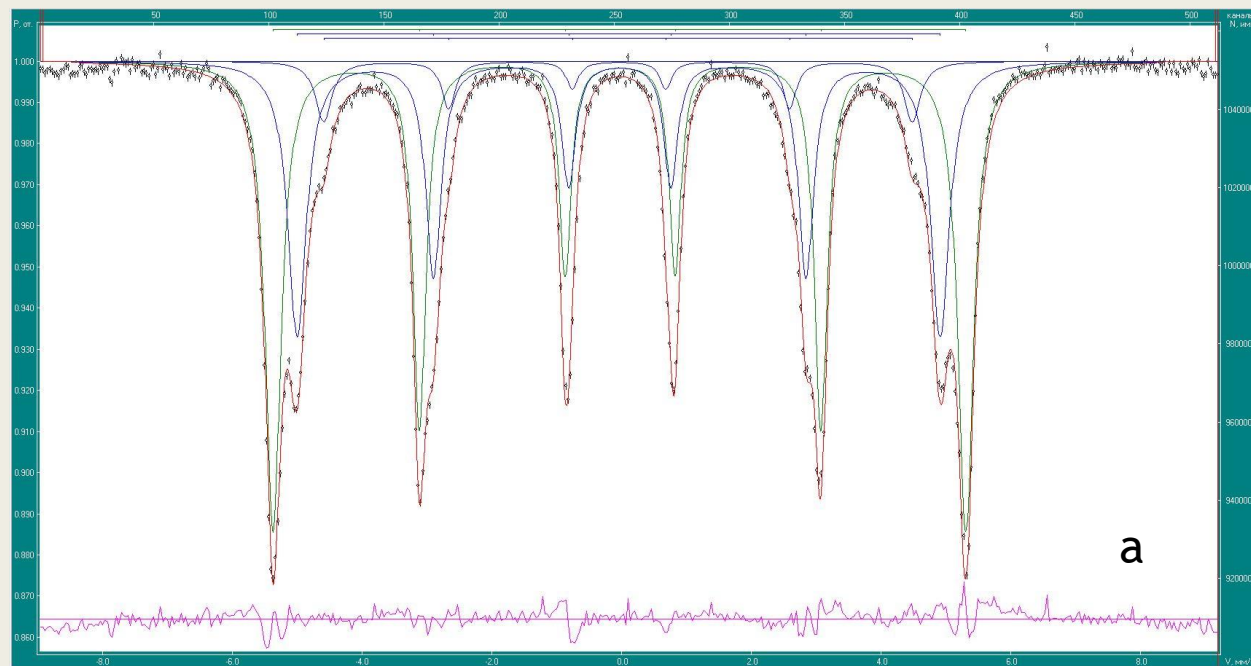
$$\eta = c(\alpha - n)/[n(1 - n)],$$

где c - концентрация второго компонента в атомных долях.



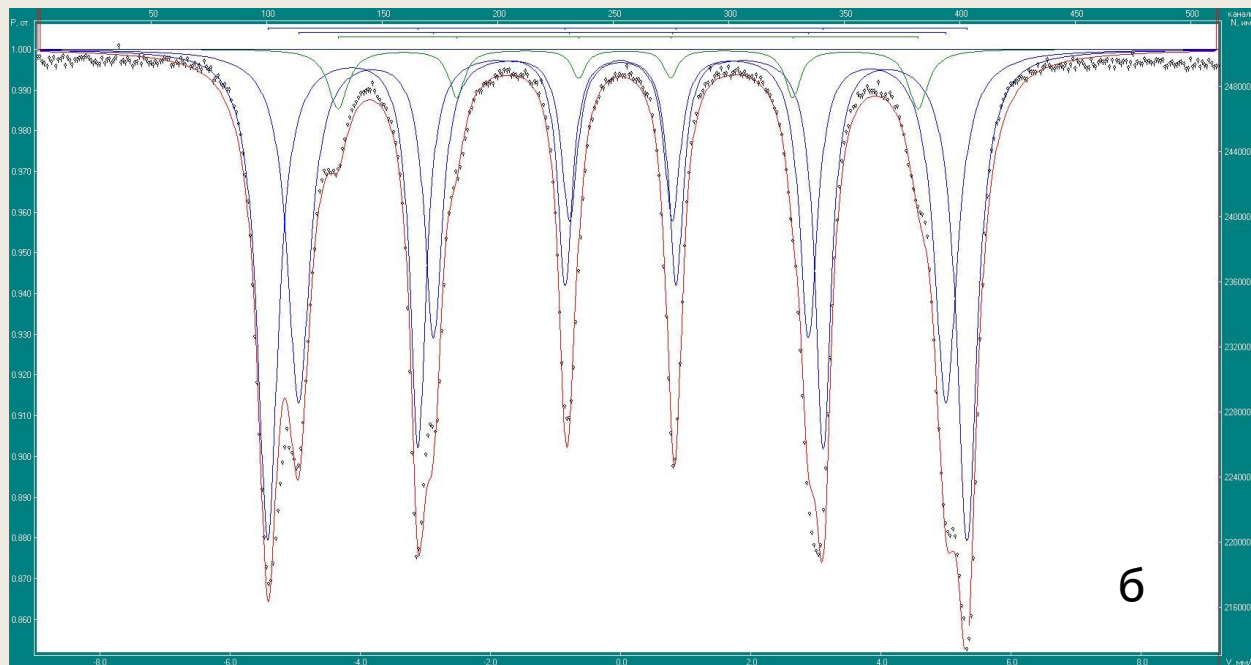
Четыре ГЦК подрешетки второго ранга (а) и введенные обозначения (б)

[Ovchinnikov V.V. Mössbauer Analysis of the Atomic and Magnetic Structure of Alloys. – Cambridge International Science Publishing. Cambridge. UK. – 2006. 248 p.]



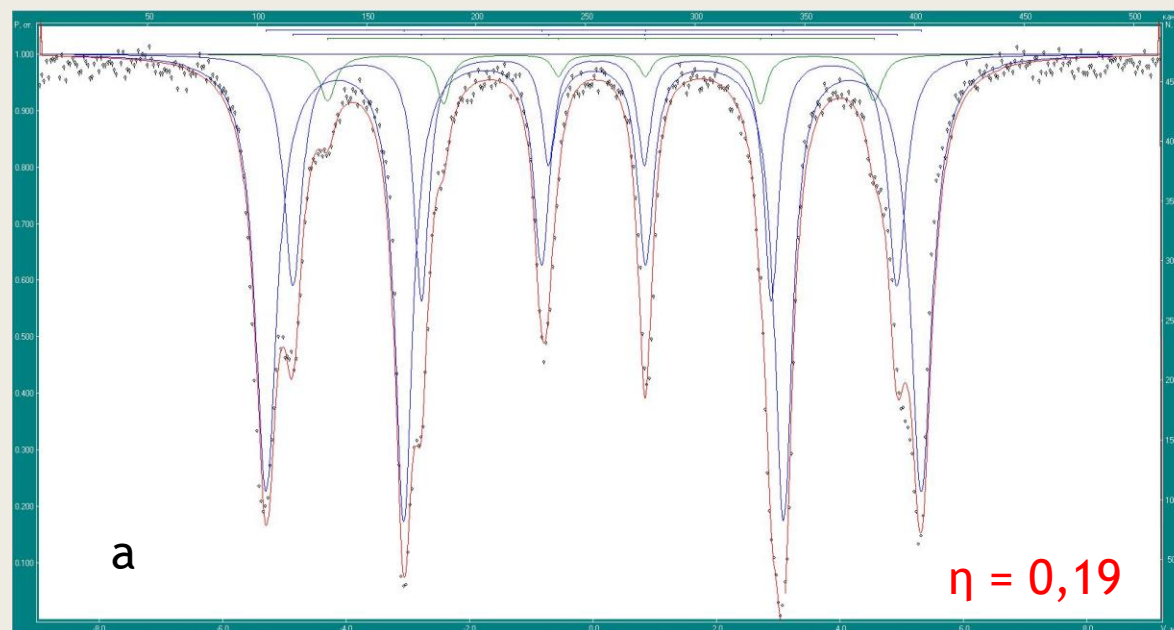
Исходный
холодnodeформированный

$$\eta = 0,40$$

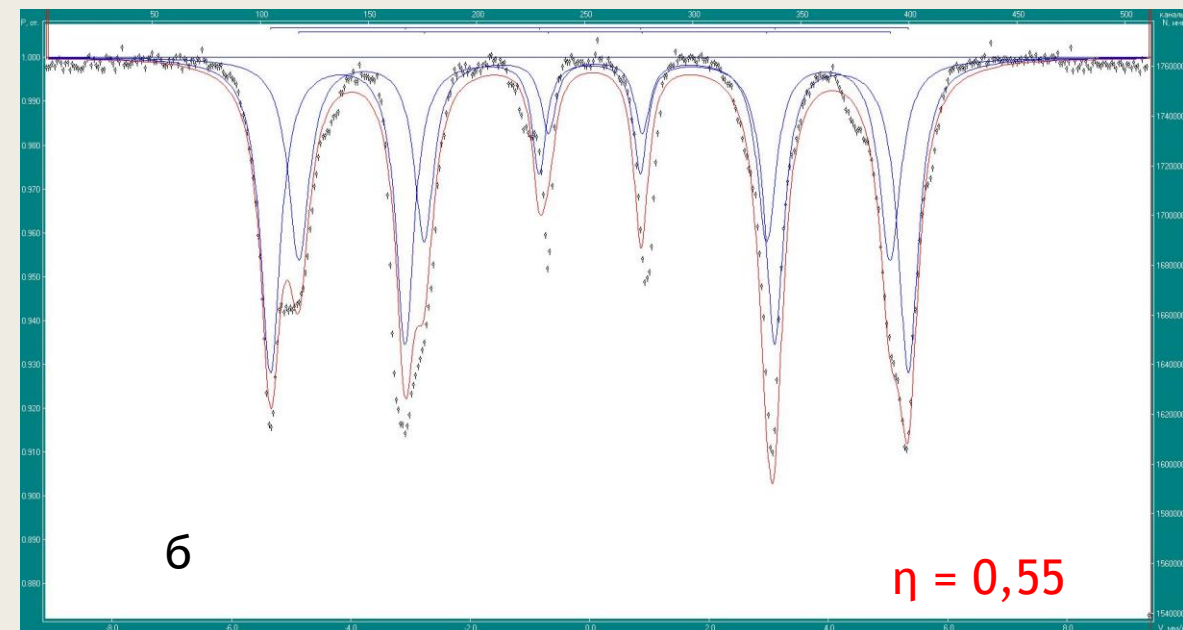


Нагрев в печи 331 °С в течение 31
минуты

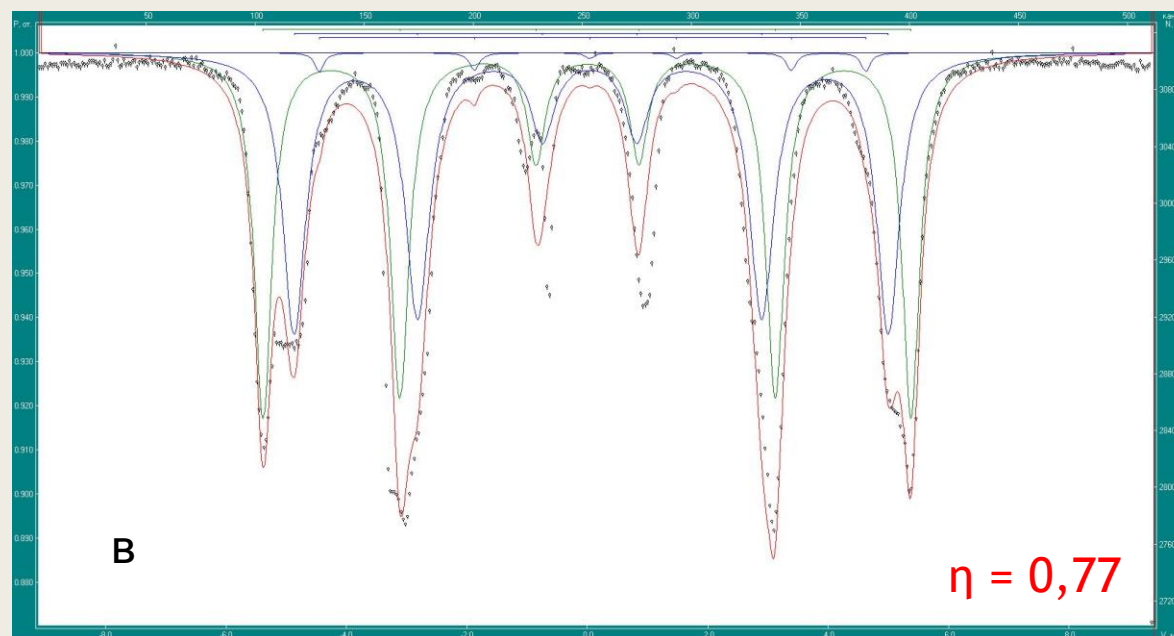
$$\eta = 0,56$$



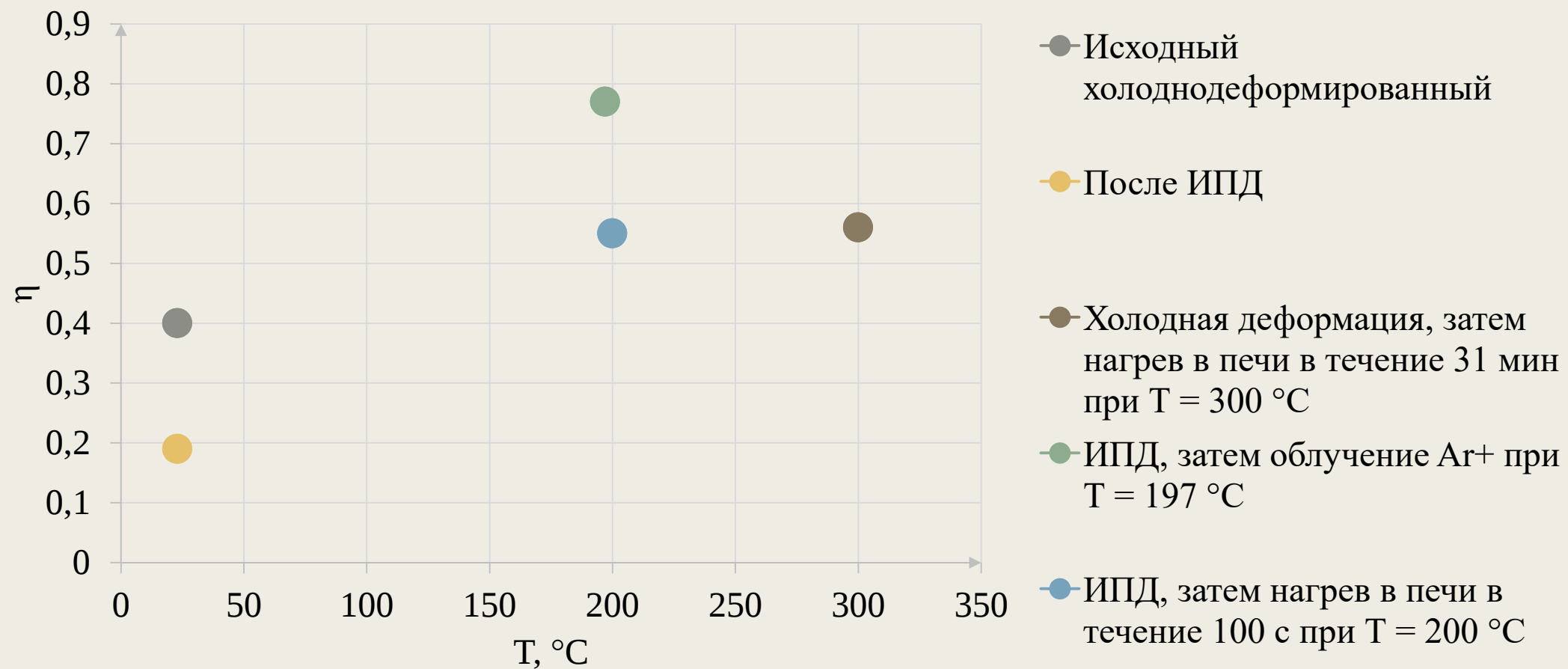
После ИПД



ИПД, затем нагрев в
печи $T = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 100 с



ИПД, затем облучение $T = 197\text{ }^{\circ}\text{C}$ 100 с (время под пучком 0,6 с)
с использованием специальной
затворной оптики
 $F = 9,75 \cdot 10^{-4}\text{ см}^2$



Выводы

1. Высокая степень упорядоченности сплава после плавления и гомогенизации не устраняется **холодной деформацией** ($\eta = 0,4$). Она возрастает при длительном **нагреве (31 мин) в печи** при низкой для диффузионных процессов температуре ($T = 331\text{ }^{\circ}\text{C}$) ($\eta = 0,56$).
2. В результате **ИПД He** произошло полного разупорядочения сплава Fe - 6,25 ат. % Si. Параметр дальнего порядка по расчетам $\eta = 0,19$.
3. После **облучения ИПД** образца **ионами Ar^+** в течение **100 с** при $T = 197\text{ }^{\circ}\text{C}$, $E = 20\text{ кэВ}$ параметр дальнего порядка существенно увеличился и составил $\eta = 0,77$, что выше параметра после воздействия на холоднодеформированный сплав ионами Ar^+ при более высокой температуре $T = 291\text{ }^{\circ}\text{C}$ на предыдущем этапе исследования ($\eta = 0,57$).
4. **Нагрев ИПД** образца **в печи** в течение **100 с** при $T = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ привел к увеличению η до **0,55**, что соответствует приведенному выше параметру η для нагретого в печи холоднодеформированного образца.

Выражаем благодарность за участие в планировании, проведении и обсуждении эксперимента: Семенкину В.А., Пилюгину В.П., Шаломову К.В., Гущиной Н.В.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-79-20173).