

АНАЛИЗ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ЦИРКОНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВЫСОКОХРОМИСТОЙ СТАЛИ ТИПА P911

Анна С. Луговская, Александра Э. Федосеева, Олег В. Стогней

АННОТАЦИЯ. Для модернизации угольных ТЭС России необходимо перейти на суперсверхкритические параметры пара (600-620°C, 25-30 МПа), что позволит поднять КПД до ~45%. Однако для этого нужны стали, выдерживающие экстремальные нагрузки без потери прочности, коррозионной и усталостной стойкости. Перспективные высокохромистые стали мартенситного класса (9-12%Cr), но при температурах выше 620 °С их свойства ухудшаются из-за эволюции вторичных фаз и отслоения оксидных окалин. Решением является нанесение жаропрочных покрытий на критически важные детали. Это защитит поверхности от окисления и повысит рабочий ресурс элементов тепловых энергоблоков в экстремальных условиях.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

МАТЕРИАЛ. В качестве подложки была выбрана высокохромистая сталь P911 с химическим составом указанным в таблице:

| | Fe | C | Cr | Mo | W | V | Nb | Si | Mn | Ni | N | B | Al |
|------|----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|-------|------|
| P911 | | 0.12 | 8.7 | 1.0 | 0.9 | 0.2 | 0.07 | 0.1 | 0.4 | 0.2 | 0.05 | 0.003 | 0.02 |

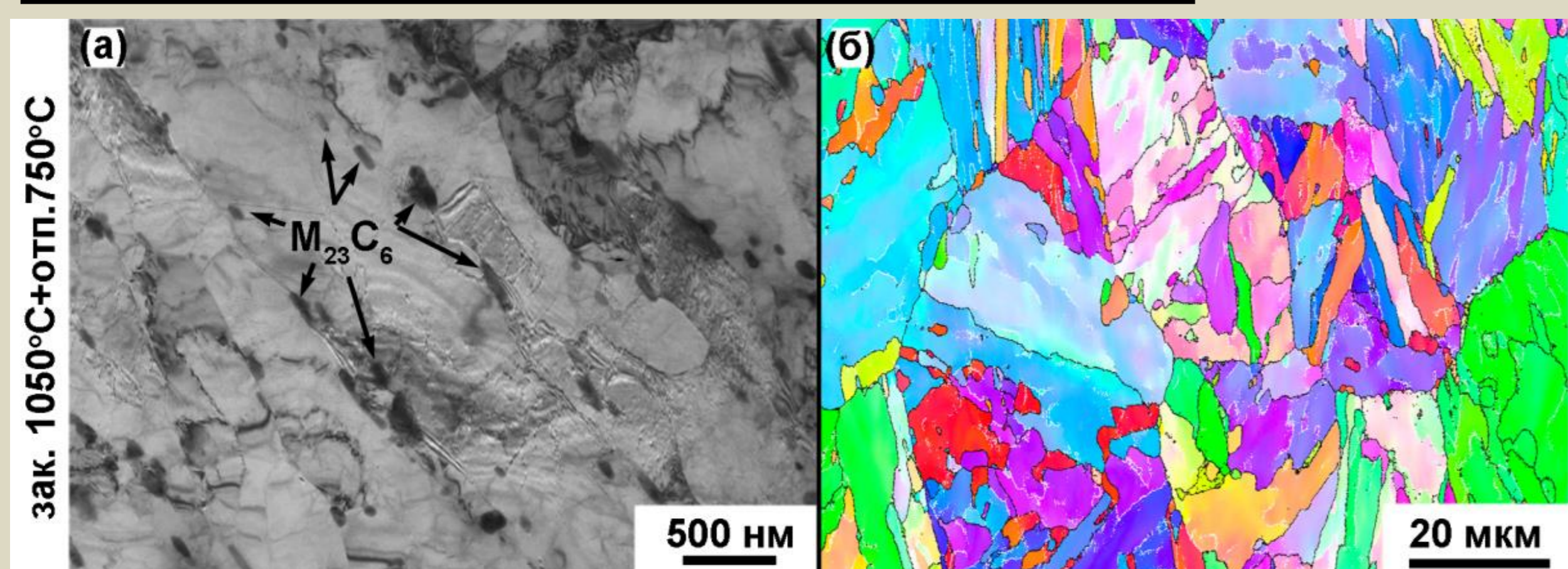
Материал покрытия - смесь Fe с ZrO₂, нанесенная методом магнетронного распыления.

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА. Закалка при температуре 1050°C в течении 1 часа и отпуск при температуре 750°C в течении 3 часов.

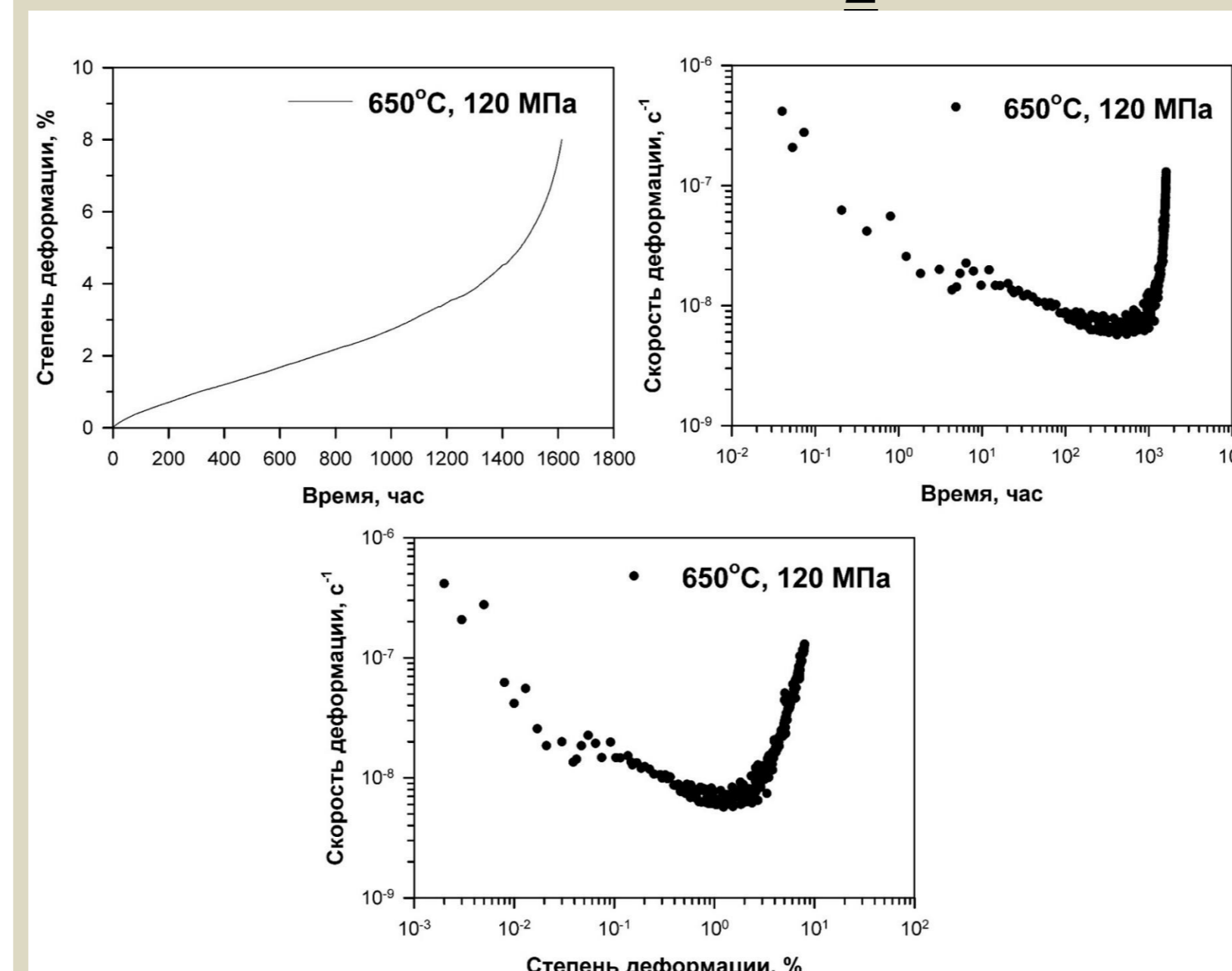
АНАЛИЗ ТОЛЩИНЫ. Толщина покрытий была изучена с помощью сканирующего электронного микроскопа (Quanta 600 3D).

РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ. Фазовый состав покрытия был изучен с помощью рентгеноструктурного дифрактометра Rigaku Ultima IV.

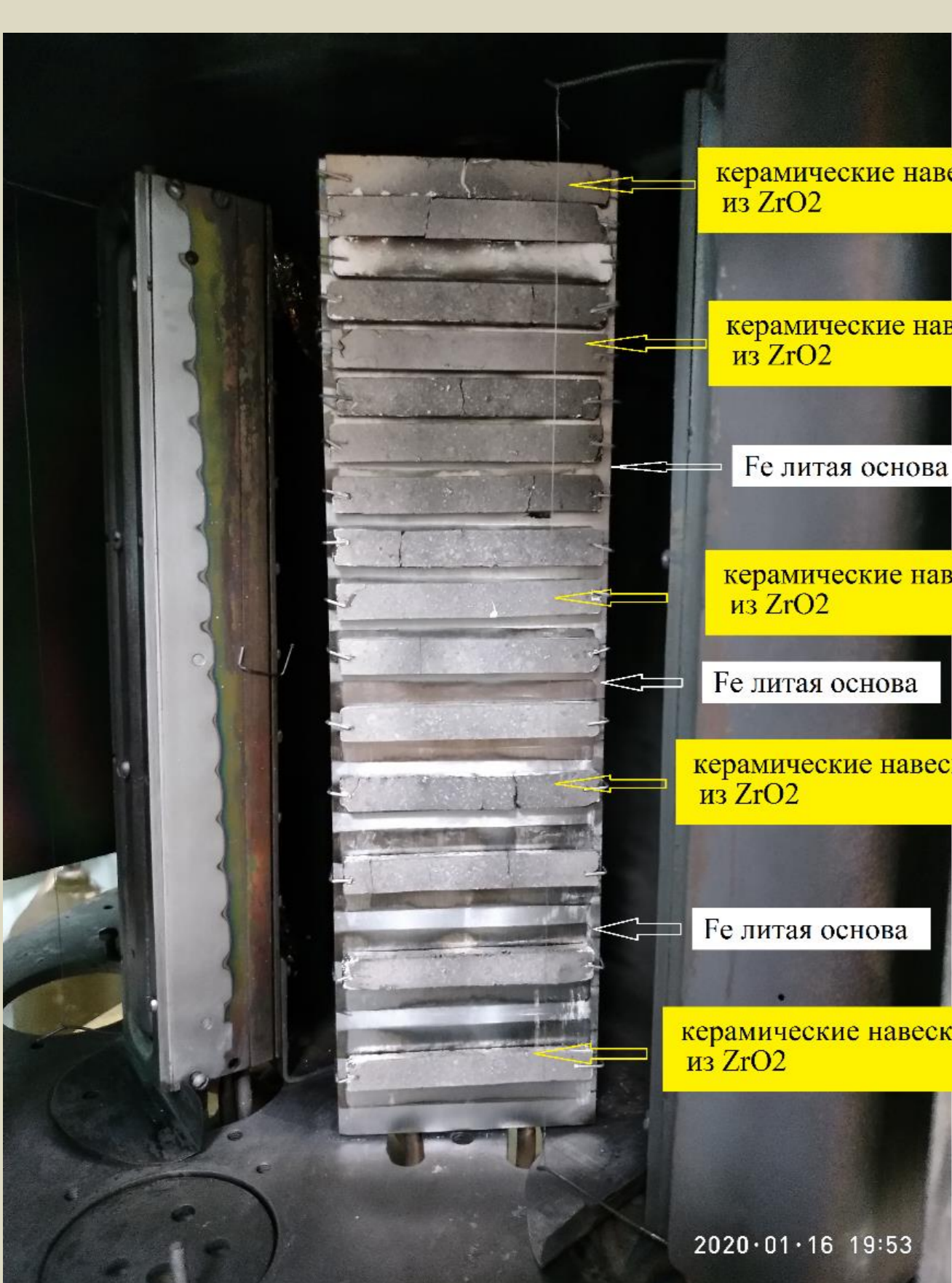
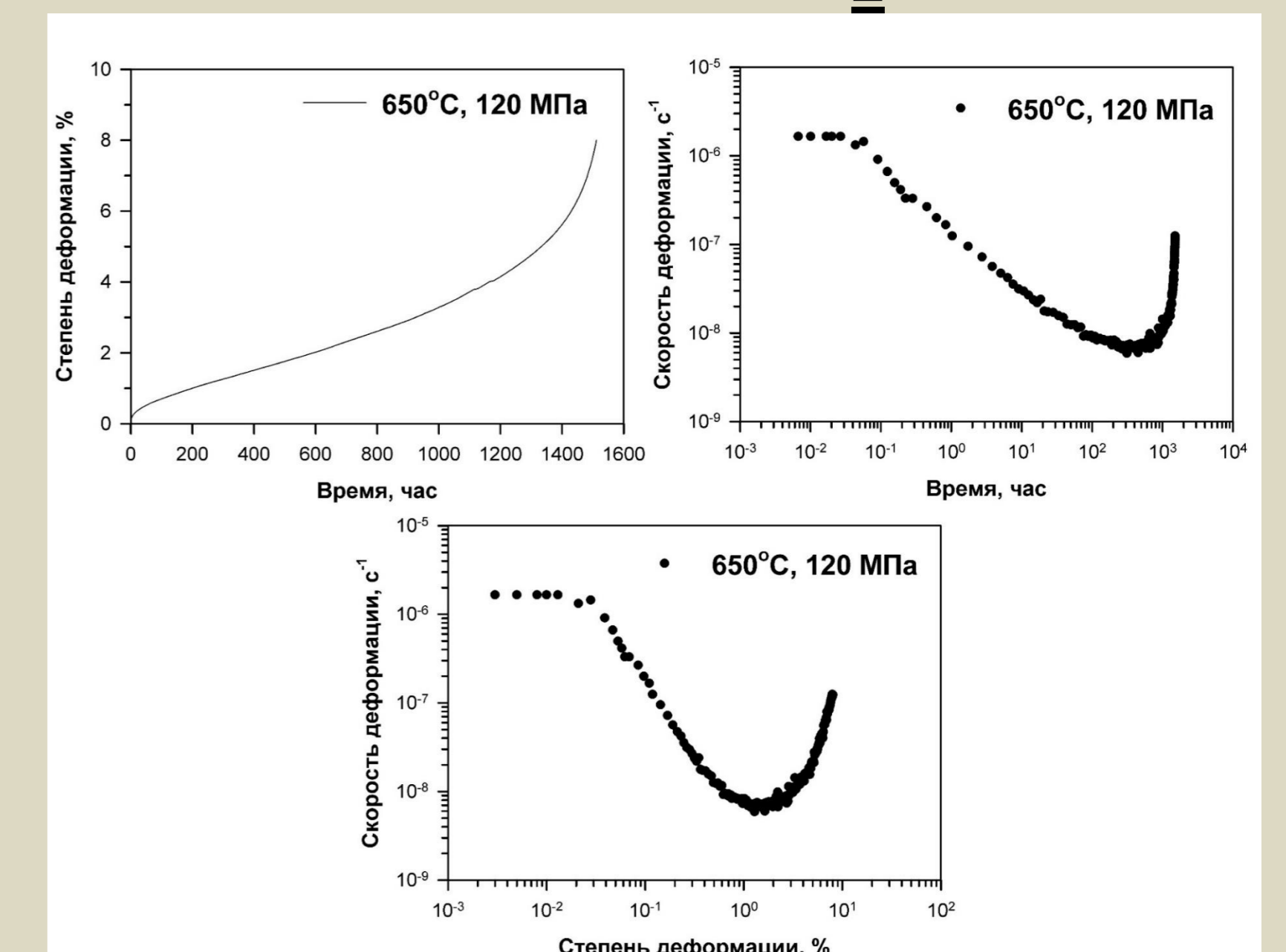
МИКРОСТРУКТУРА СТАЛИ P911



Покрытие №1 ZrO₂



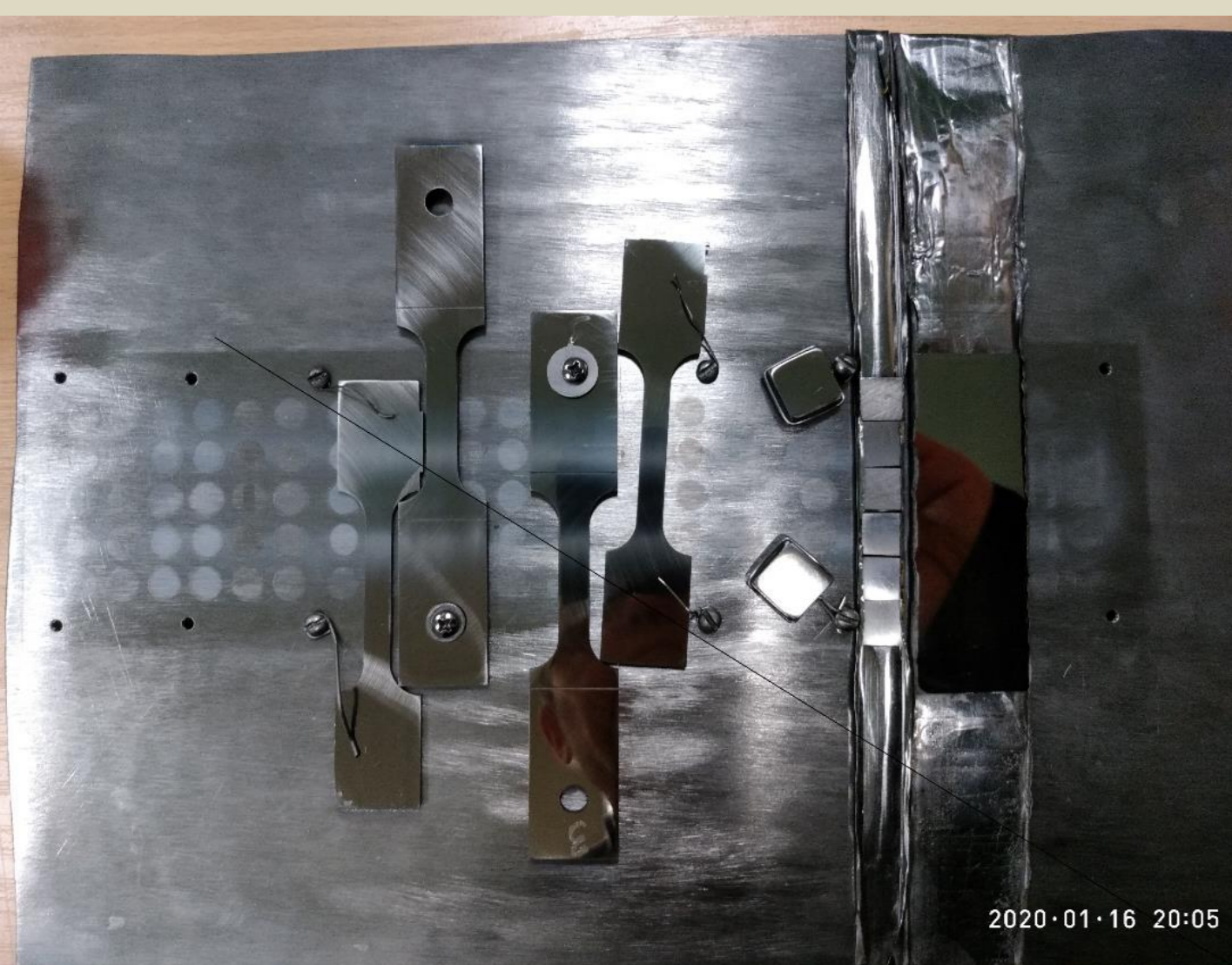
Покрытие №3 Fe-ZrO₂ 14 навесок



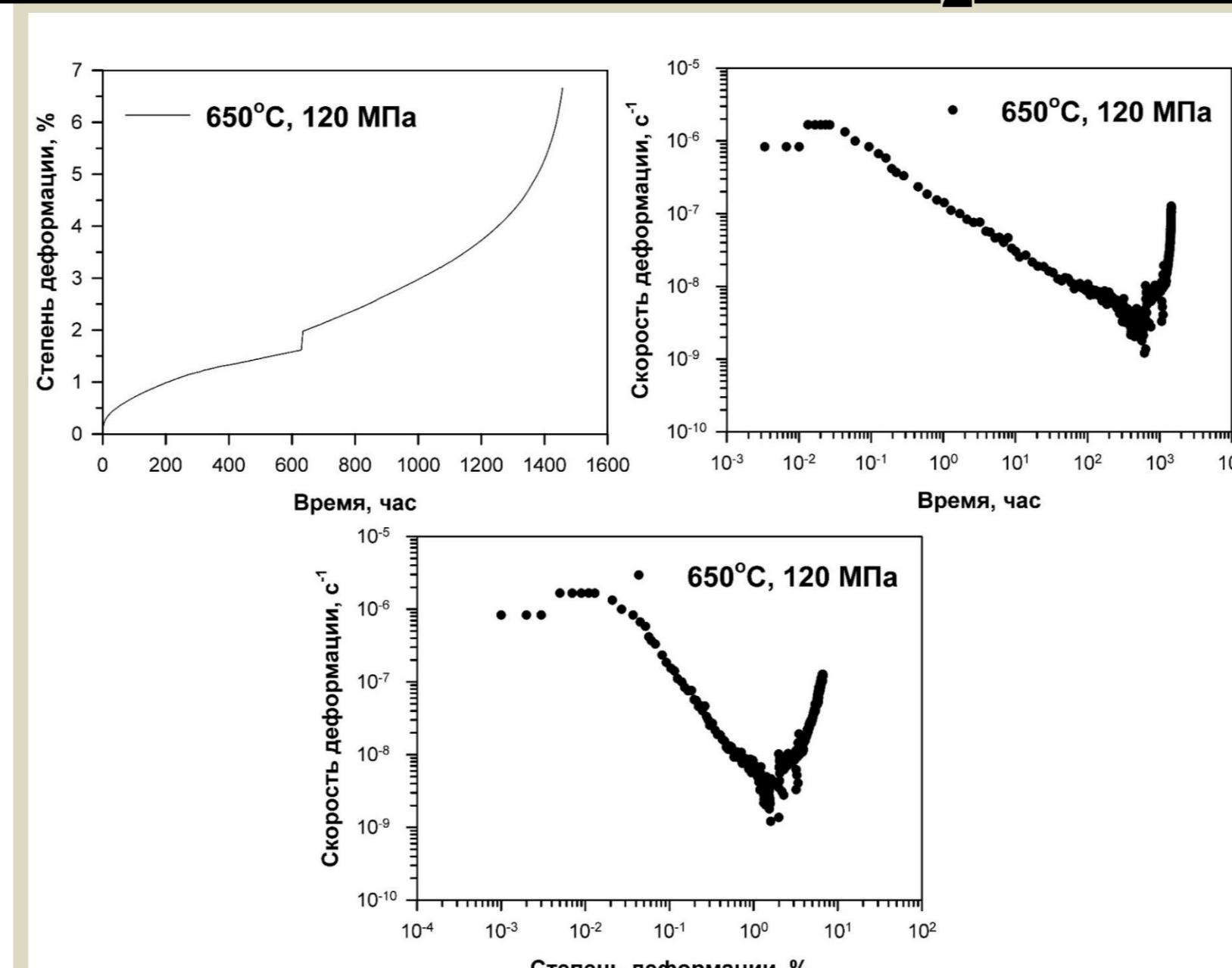
МЕТОД МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Метод заключался в ионно-лучевом распылении мишеней в аргоне. Навески располагались симметрично и с одинаковым расстоянием друг от друга

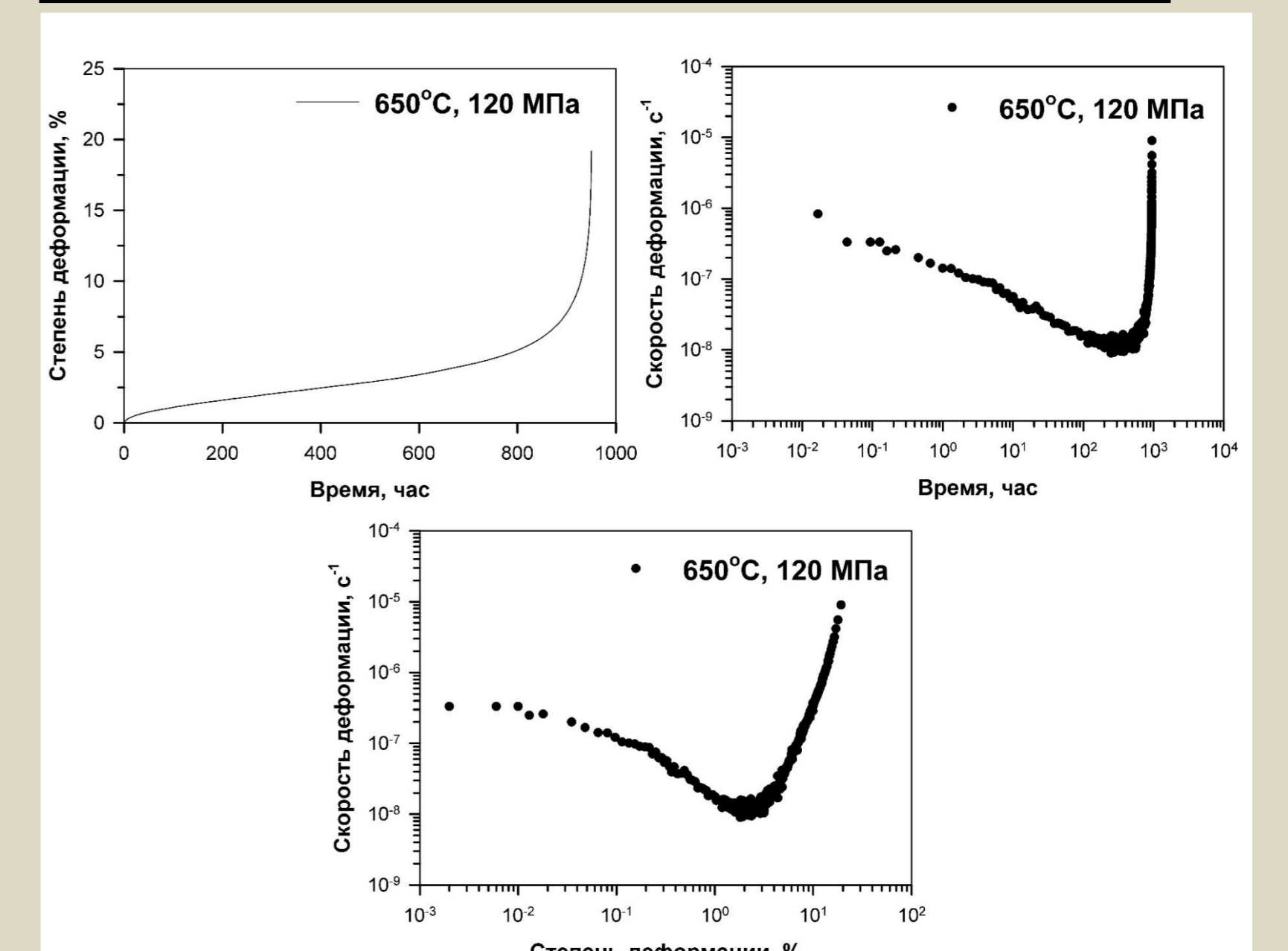
Подложки размещались на подложкодержателях следующим образом



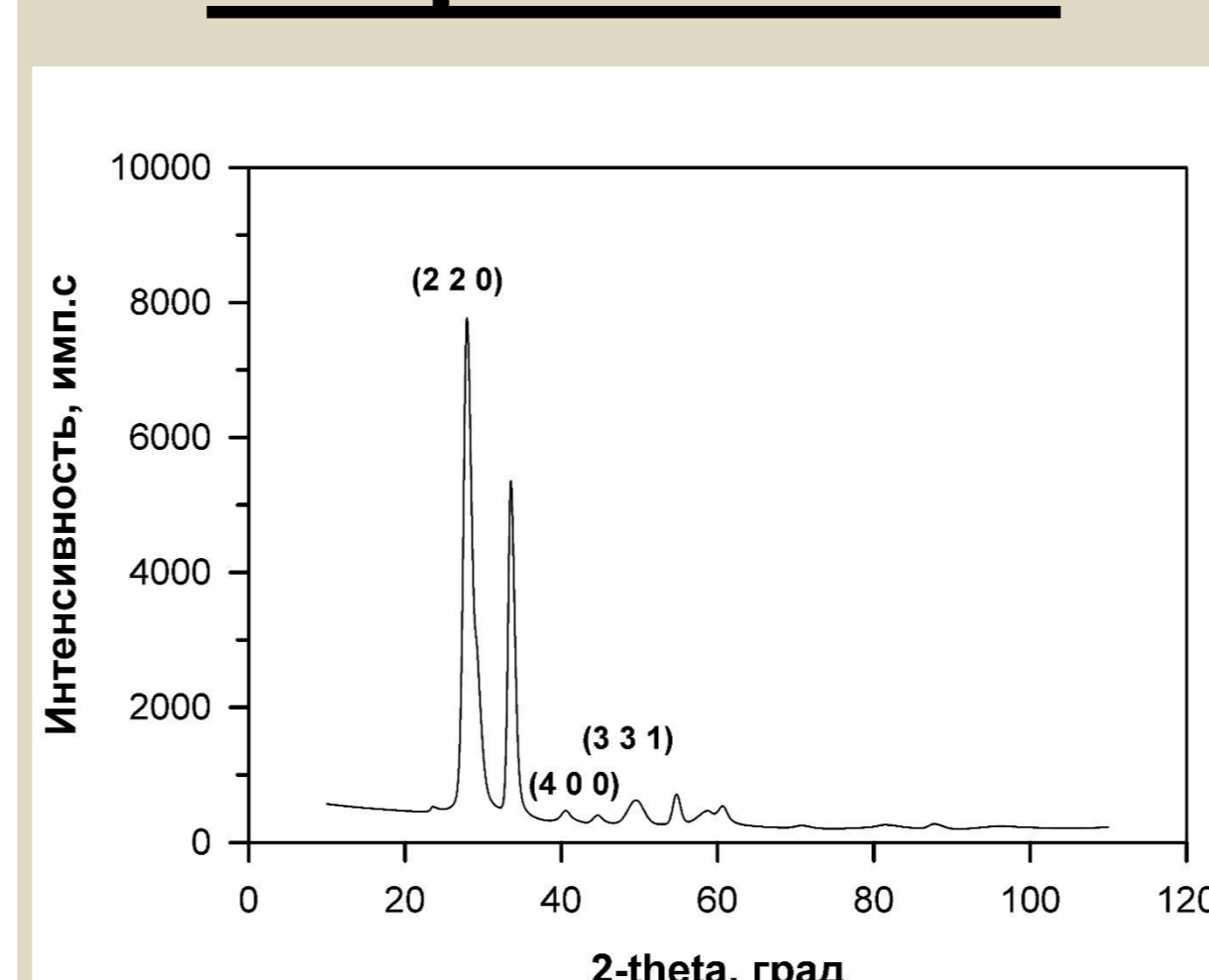
Покрытие №2 Fe-ZrO₂ 18 навесок



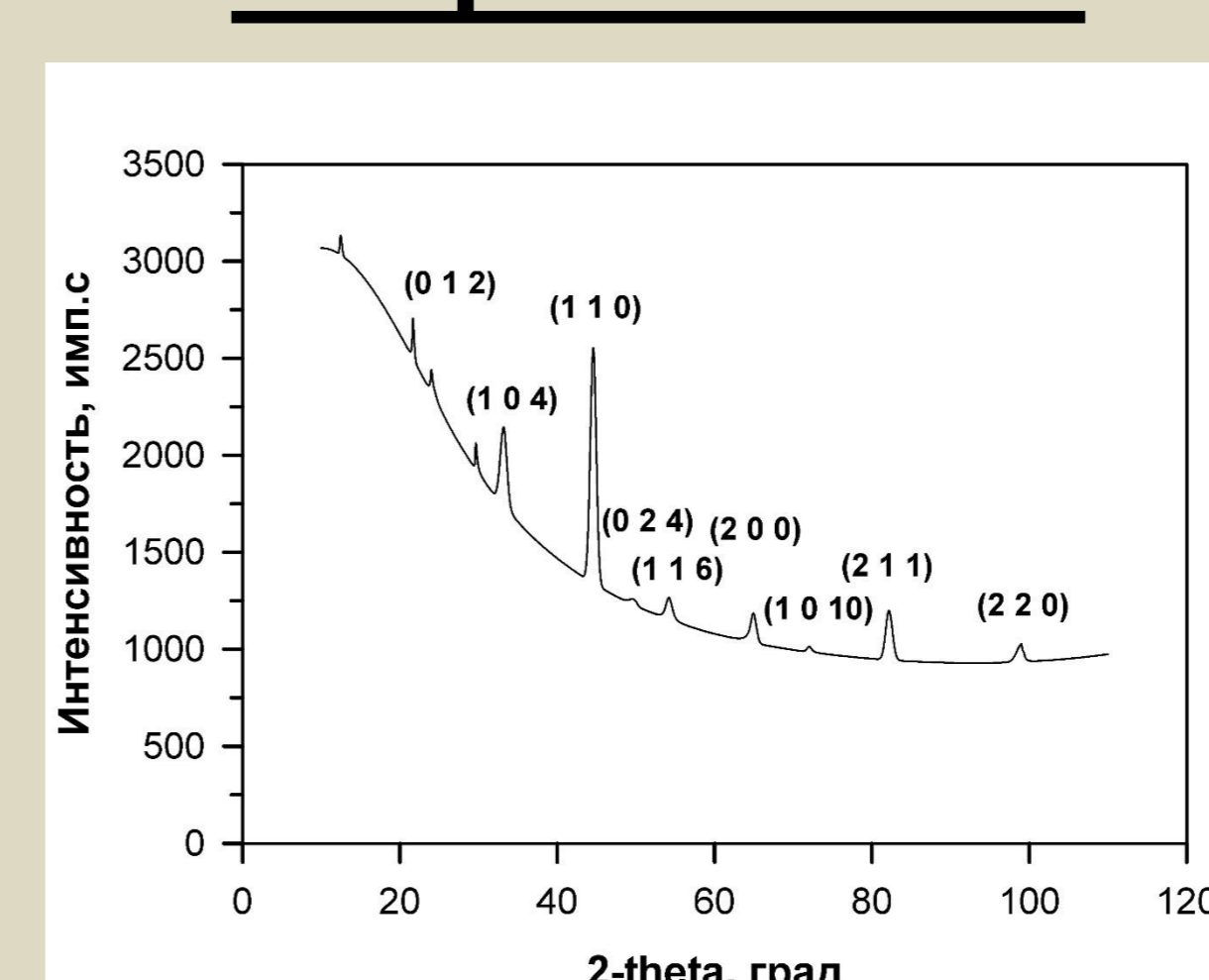
Сталь P911 без покрытия



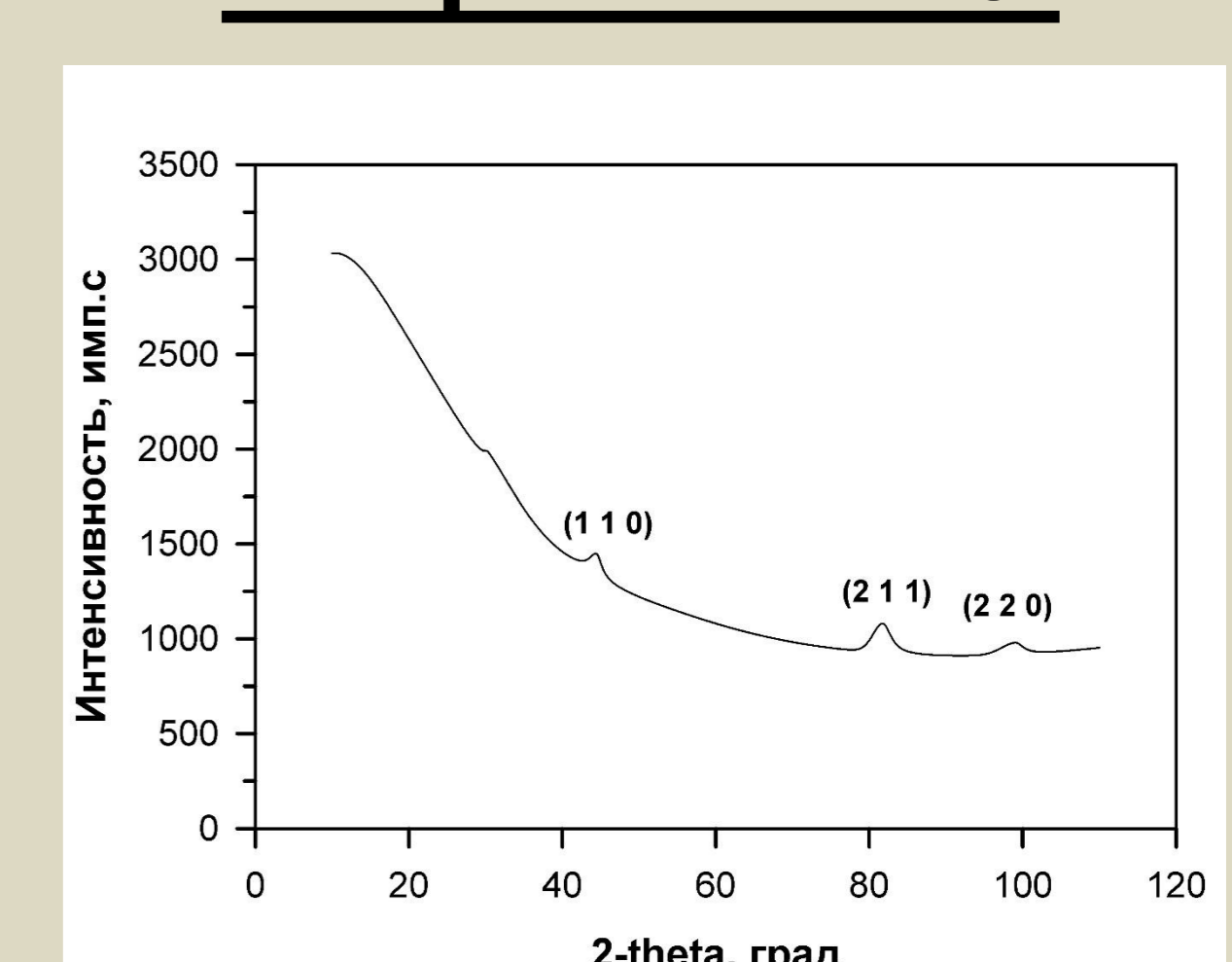
Покрытие №1



Покрытие №2



Покрытие №3



ВЫВОДЫ

- Успешно синтезированы несколько вариантов покрытий на основе оксида циркония и композиции Fe-ZrO₂, нанесенных на высокохромистую P911 сталь методом магнетронного распыления.
- Получение аморфного композитного покрытия Fe-ZrO₂ (№3). Аморфные структуры, как правило, обладают повышенной коррозионной стойкостью, отсутствием границ зёрен, что затрудняет диффузию кислорода и отслоение оксидных слоёв при высоких температурах.
- Дальнейшие исследования будут направлены на испытания термоциклической стойкости, жаропрочности в среде и анализу механических свойств (твёрдость, усталостная прочность) полученных покрытий, особенно аморфного композита.