



ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ДИНАМИЧЕСКИЙ ПРЕДЕЛ УПРУГОСТИ И ОТКОЛЬНУЮ ПРОЧНОСТЬ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Ti-Al-Mo-V

Гаркушин Г. В., Черепанов И. А., Савиных А. С., Брейкина В. Е., Разоренов С. В.

ФИЦ проблем химической физики и медицинской химии РАН, Черногловка, Россия

Современные конструкции военной, авиационно-космической, энергетической и других видов техники, как в процессе эксплуатации, так и в результате техногенных катастроф, террористических актов могут испытывать интенсивные кратковременные воздействия взрывного, ударного или иного характера. Для создания моделей поведения и критериев разрушения с необходимыми параметрами и константами требуется база по динамическим свойствам материалов, в частности титановых сплавов в широком температурном диапазоне. В основном имеются литературные данные, как российских, так и зарубежных авторов для титана VT1-0 малой прочности и титана VT6 средней прочности при одномерном ударном нагружении. Полностью отсутствуют экспериментальные данные об упругопластических и прочностных характеристиках высокопрочных титановых сплавов системы Ti-Al-Mo-V при скоростях деформации более 10^4 с^{-1} в условиях одноосного нагружения при температурах от 20 до 600°C.

Цель работы: Исследование влияния температуры на динамический предел упругости и откольную прочность сплавов VT16 и VT22.

Экспериментальная методика: Пневматическая установка, лазерный интерферометрический измеритель скорости поверхности VISAR.

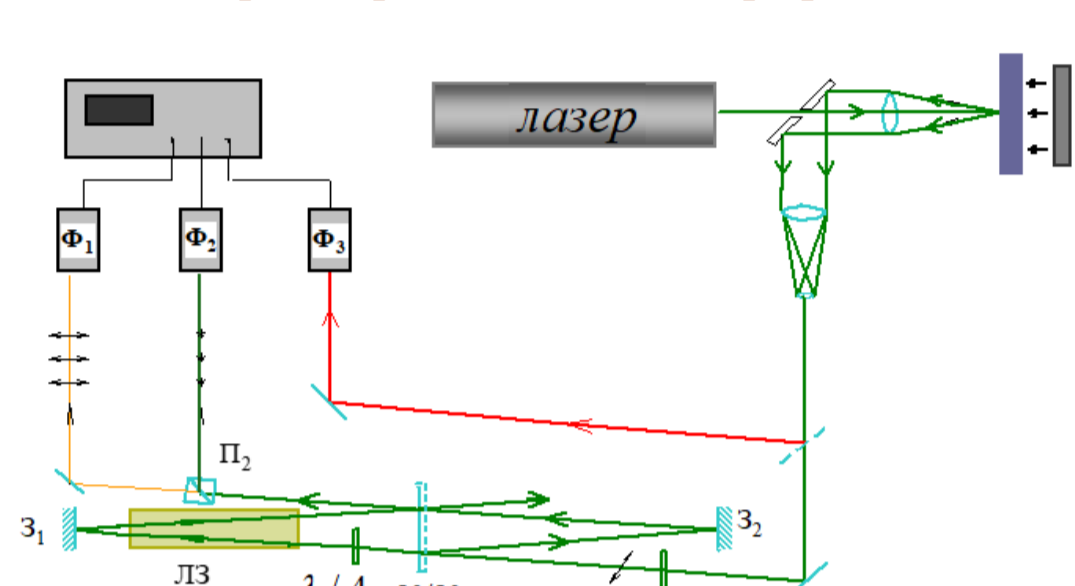
Условия экспериментов: Одномерное ударно-волновое нагружение; разрушение в условиях откола; диапазон скоростей деформирования $10^4 \div 10^7 \text{ с}^{-1}$

Метод исследования: Непрерывная регистрация и анализ волновых профилей скорости свободной поверхности исследуемых образцов.

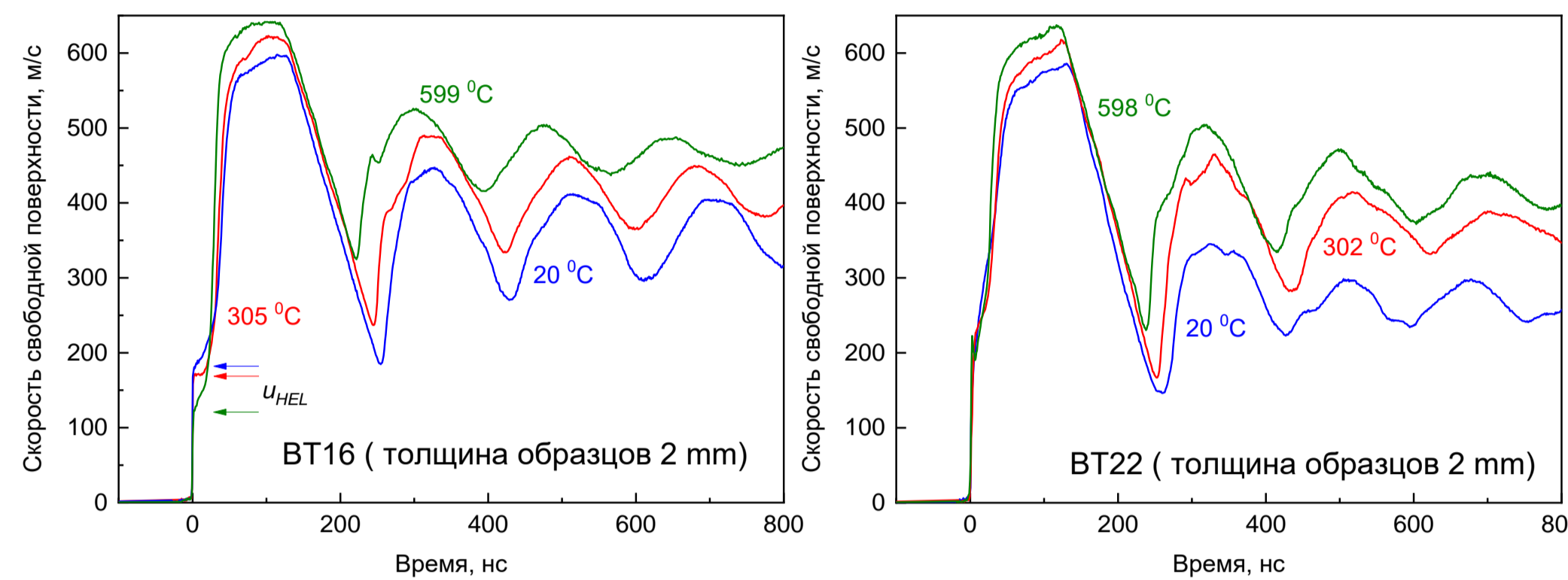
Пневматическая пушка 50 мм



Схема регистрации волновых профилей



Экспериментальные профили скорости свободной поверхности образцов титана



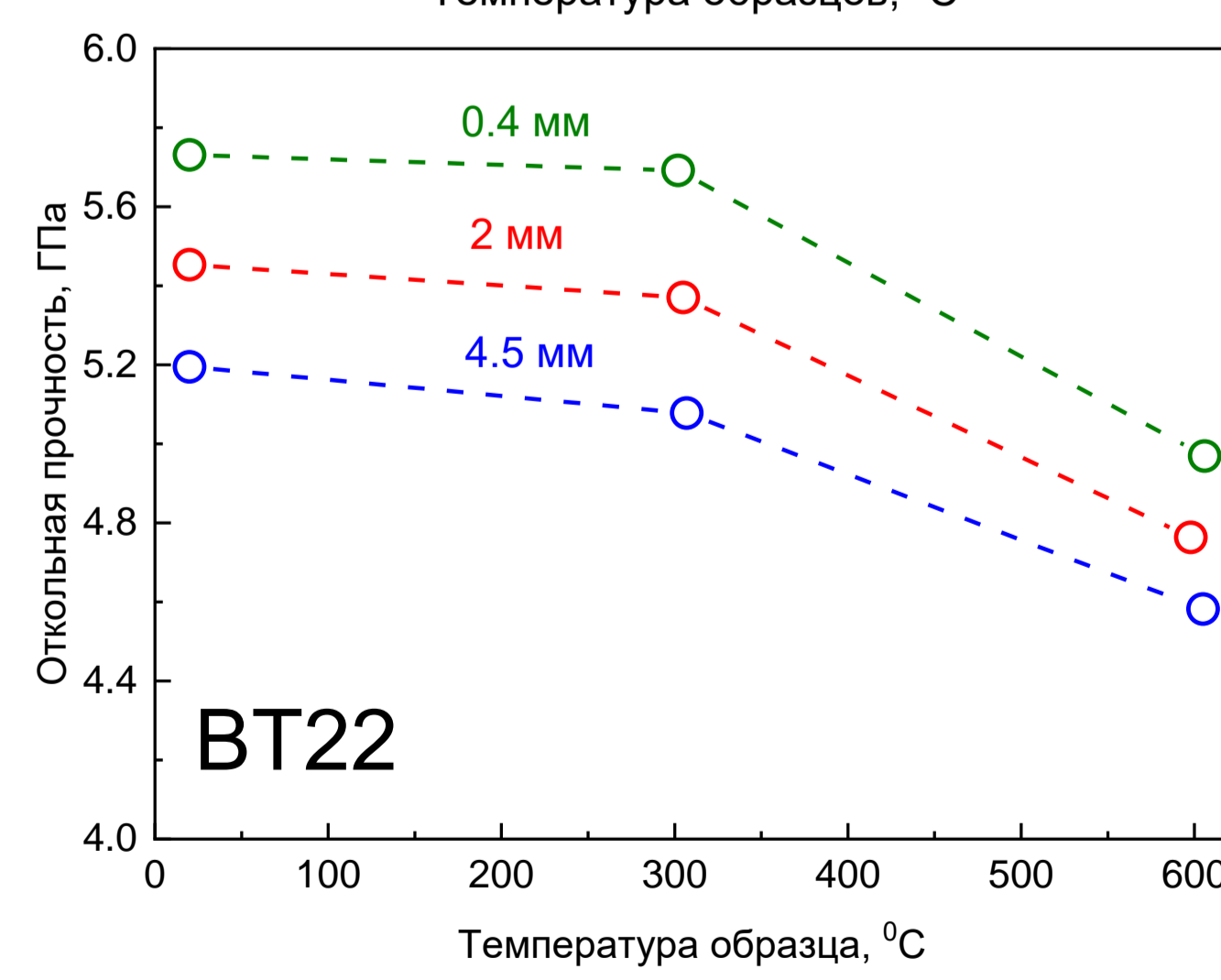
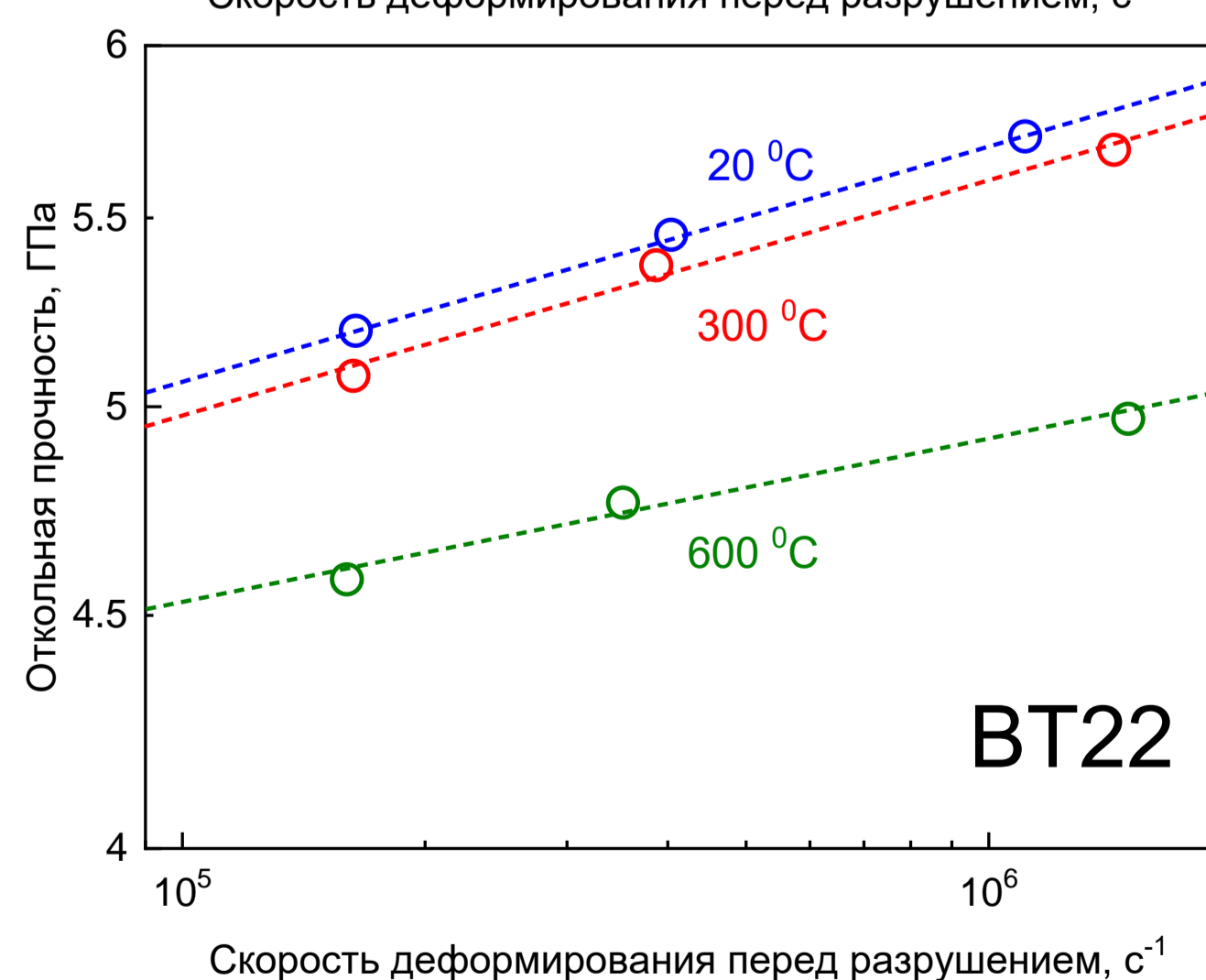
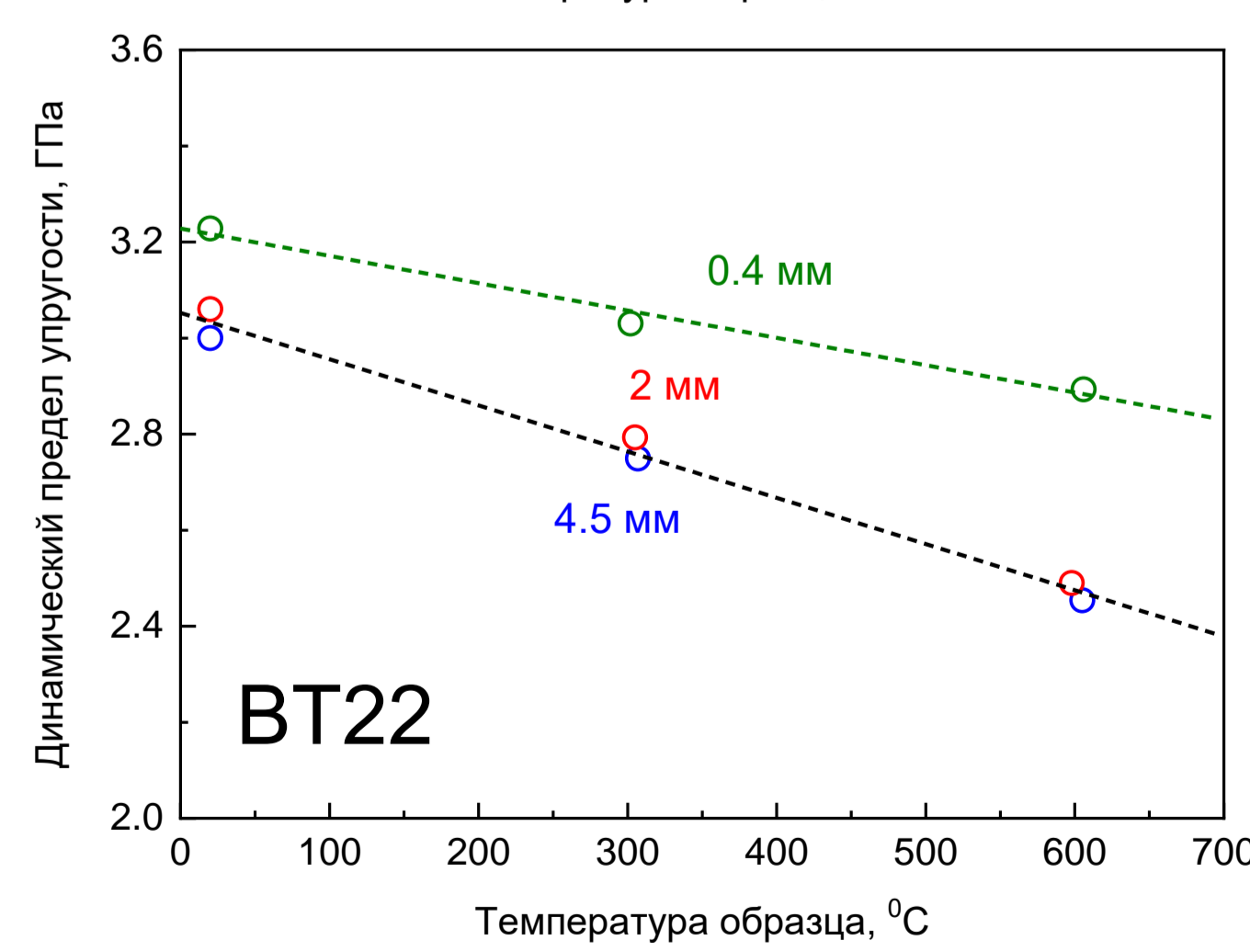
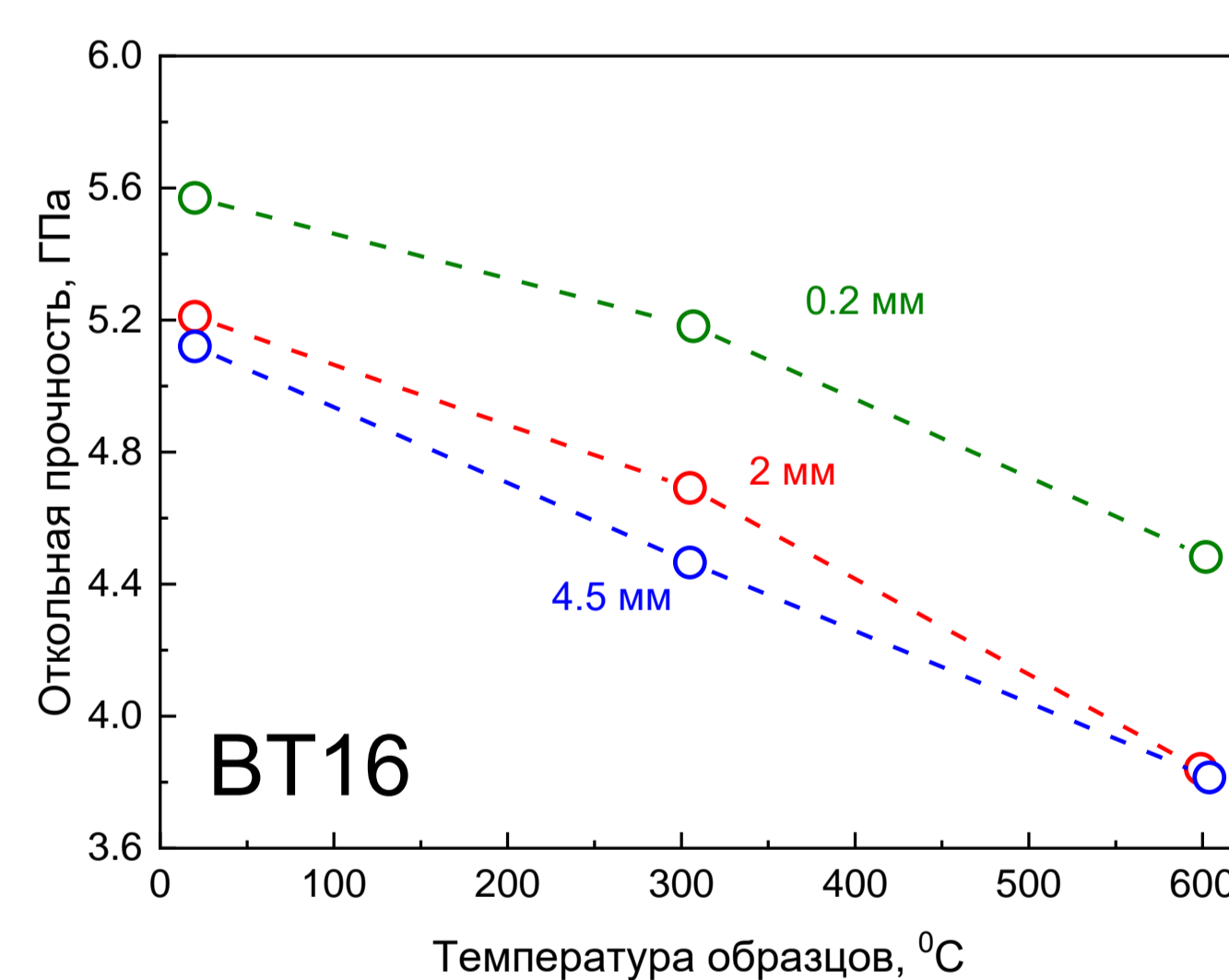
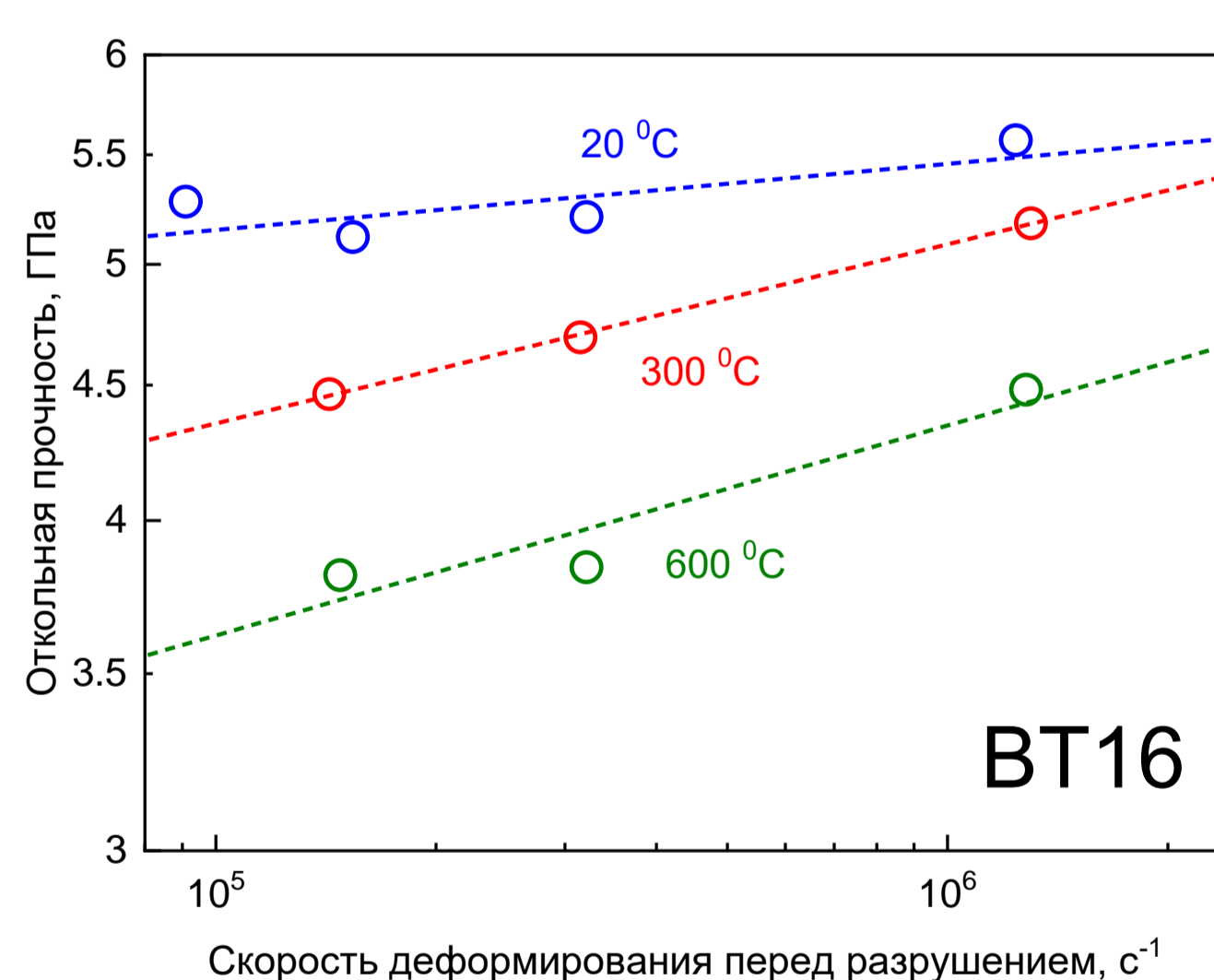
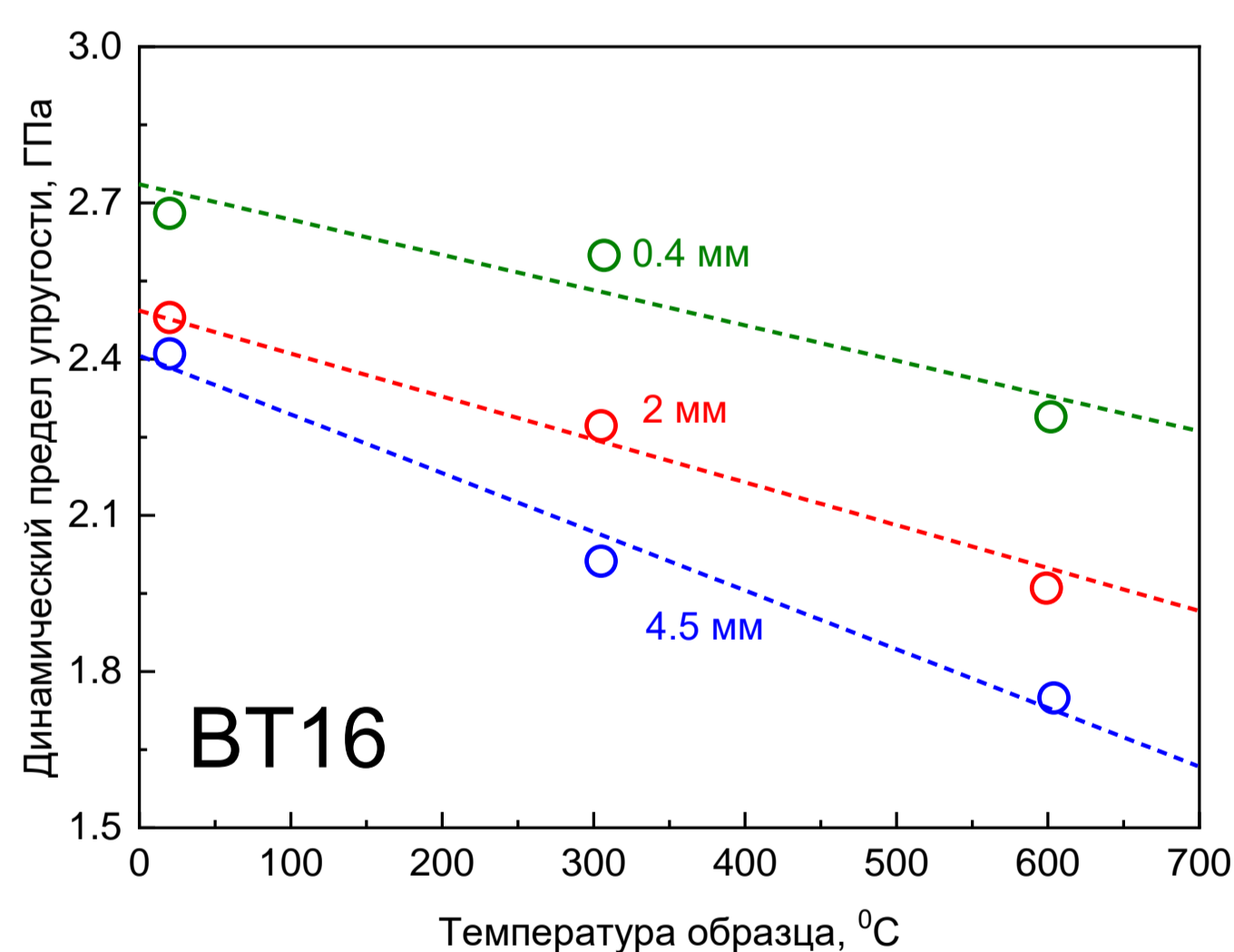
Материал для исследования:

Проведены эксперименты с двухфазными титановыми сплавами в состоянии поставки VT16 и VT22. Фазовый анализ изучен на дифрактометре ДРОН. Измерены продольные скорости звука. Плоскопараллельные образцы вырезались из прутков 28 мм с помощью электроэрозионного станка. Нагружение осуществлялось в направлении прокатки. Амплитуда ударного сжатия не более 8 ГПа. Скорость Ti ударников $600 \pm 10 \text{ м/с}$. Температура испытаний: 20, 300 и 600°C.

	Параметры исследуемых сплавов								
	Состав, (wt. %)			доля фаз, %		HRC	c_L , м/с	c_b , м/с	ρ , г/см ³
	Al	Mo	V	α	β				
VT22	5.3	4.5	4.75	52	48	55	5962	4772	4.61
VT16	3.3	5.2	4.4	62	38	44	5972	4831	4.63

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Для сравнения показаны экспериментальные полные волновые профили для образцов сплава VT16 и VT22 толщиной 2 мм в зависимости от температуры. На профилях фиксируется последовательно выход на поверхность упругого предвестника, пластической ударной волны, следующей за ней область постоянства параметров и затем части волны разрежения. Амплитуда упругого предвестника соответствует динамическому пределу упругости σ_{HEL} , рассчитывается: $\sigma_{HEL} = \rho c_L u_{HEL} / 2$, где ρ – плотность, c_L – продольная скорость звука, u_{HEL} – амплитуда скорости на профиле. Зависимости динамического предела упругости от температуры демонстрирует тенденцию к снижению σ_{HEL} в обоих титанах. Величина динамической (откольной) прочности определяется как $\sigma_{sp} = 0.5 \rho c_b \Delta u_{fs}$, где c_b – объемная скорость звука, Δu_{fs} – спад скорости перед разрушением. Суммированные результаты измерений откольной прочности образцов титановых сплавов VT16 и VT22 в продемонстрированы в зависимости от температуры и скорости деформирования в волне разрежения перед разрушением.



Выводы:

1. На основе полученных экспериментальных профилей скорости свободной поверхности образцов двухфазных высокопрочных титановых сплавов VT16 и VT22 толщиной от 0.4 до 4.5 мм впервые получены новые данные динамического предела упругости в широком диапазоне температур. Показано, что увеличение температуры образцов от 20°C до 600°C приводит к снижению динамического предела упругости.
2. Получены новые данные об откольной прочности сплавов при нормальной и повышенной температурах. Динамическая прочность сплава VT22 незначительно изменяется в диапазоне температур от 20 до 300°C, по сравнению со сплавом VT16. Рост температуры образцов до 600°C приводит к наибольшему снижению, как для сплава VT16, так и для VT22.