

Иерархически-организованная структура металлокерамических композитов

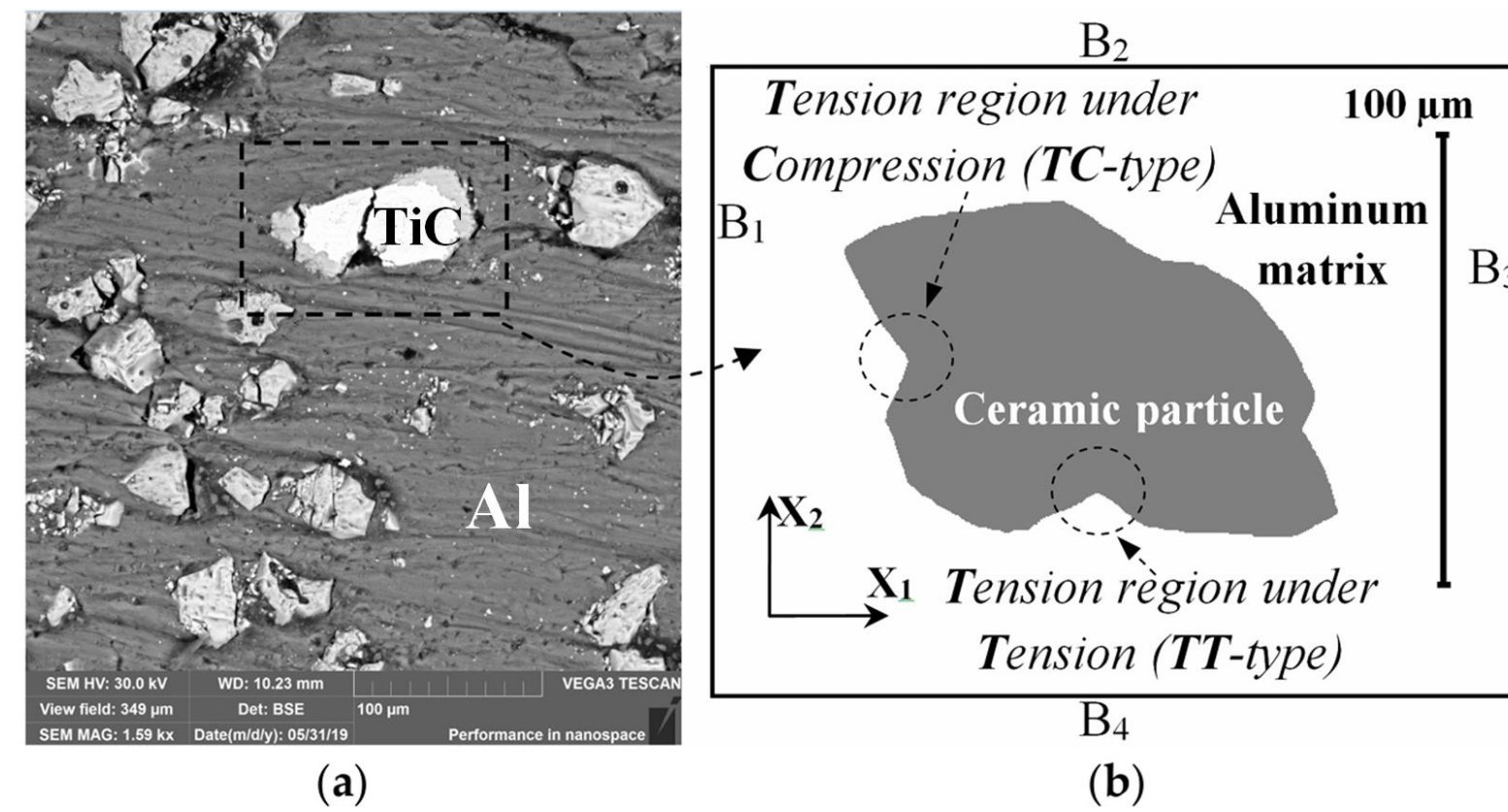


Рисунок 1 – Экспериментальная (а) и модельная структура металлокерамического композита (б)

Математическая постановка задачи о нагружении композитов

Уравнения движения: $\rho \ddot{u}_i = \sigma_{ij,j}$
Уравнение неразрывности: $\dot{V} - \dot{u}_{i,i} = 0$
Соотношения для скоростей деформации: $\dot{\epsilon}_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$
Определяющие соотношения Дюамеля-Неймана: $\dot{\sigma}_{ij} = K(\dot{\epsilon}_{kk} - \alpha \dot{T})\delta_{ij} + 2\mu(\dot{\epsilon}_{ij} - \frac{1}{3}\dot{\epsilon}_{kk}\delta_{ij} - \dot{\epsilon}_{ij}^p)$

Закон пластического течения: $\dot{\epsilon}_{ij}^p = \dot{\lambda} S_{ij}$
Условие текучести: $\sigma_{eq} - \varphi(\epsilon_{eq}^p) = 0$
Функция изотропного упрочнения: $\varphi(\epsilon_{eq}^p) = \sigma_s - (\sigma_s - \sigma_0) \exp(-\epsilon_{eq}^p / \epsilon_r^p)$
Критерий разрушения частиц типа Губера: $\sigma_{eq} = C_{ten}$, если $\epsilon_{kk} > 0$

Условия: $\dot{u}_x(x, y, t) = const = \pm V$; $\sigma_{xy}(x, y, t) \cdot n_j = 0$; $\sigma_{yy}(x, y, t) = 0$; $V = 5 \cdot 10^{-5} \text{ см / мкс}$

Определяющие соотношения Дюамеля-Неймана: $\sigma_{eq} = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\epsilon_{11}^p - \epsilon_{22}^p)^2 + (\epsilon_{22}^p - \epsilon_{33}^p)^2 + (\epsilon_{33}^p - \epsilon_{11}^p)^2 + 6(\epsilon_{12}^p + \epsilon_{23}^p + \epsilon_{31}^p)^2} dt$
 $\sigma_{eq} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(S_{11} - S_{22})^2 + (S_{22} - S_{33})^2 + (S_{33} - S_{11})^2 + 6(S_{11} + S_{22} + S_{33})^2}$

Экспериментальные исследования композитов

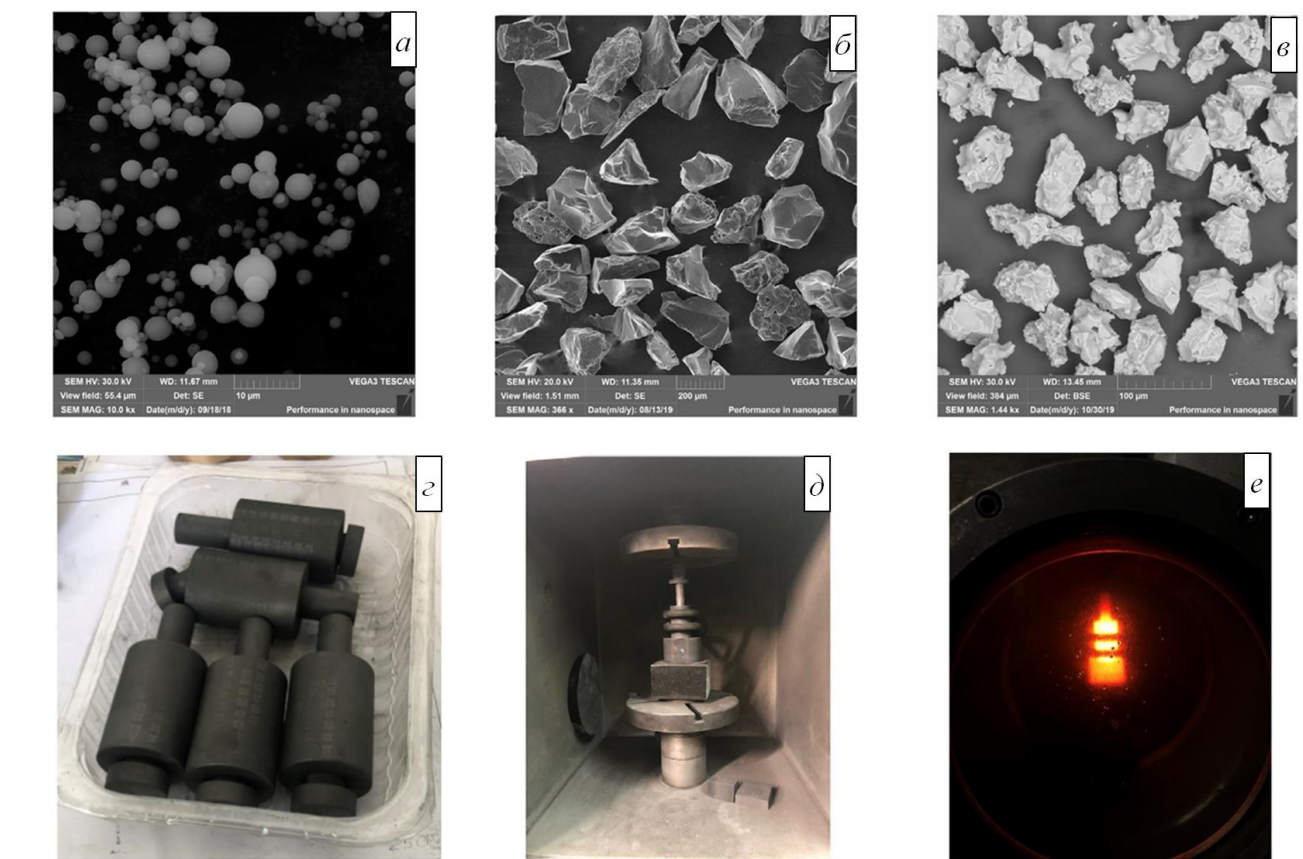


Рисунок 2. Материалы и установка для изготовления композитов. Порошки алюминия АСД-6 (а), В4С (б) и TiC (в), пресс-формы (г), вакуумная индукционная катушка (д), раскаленная форма в процессе горячего прессования (е)

Закономерности деформирования композитов с учетом остаточных напряжений

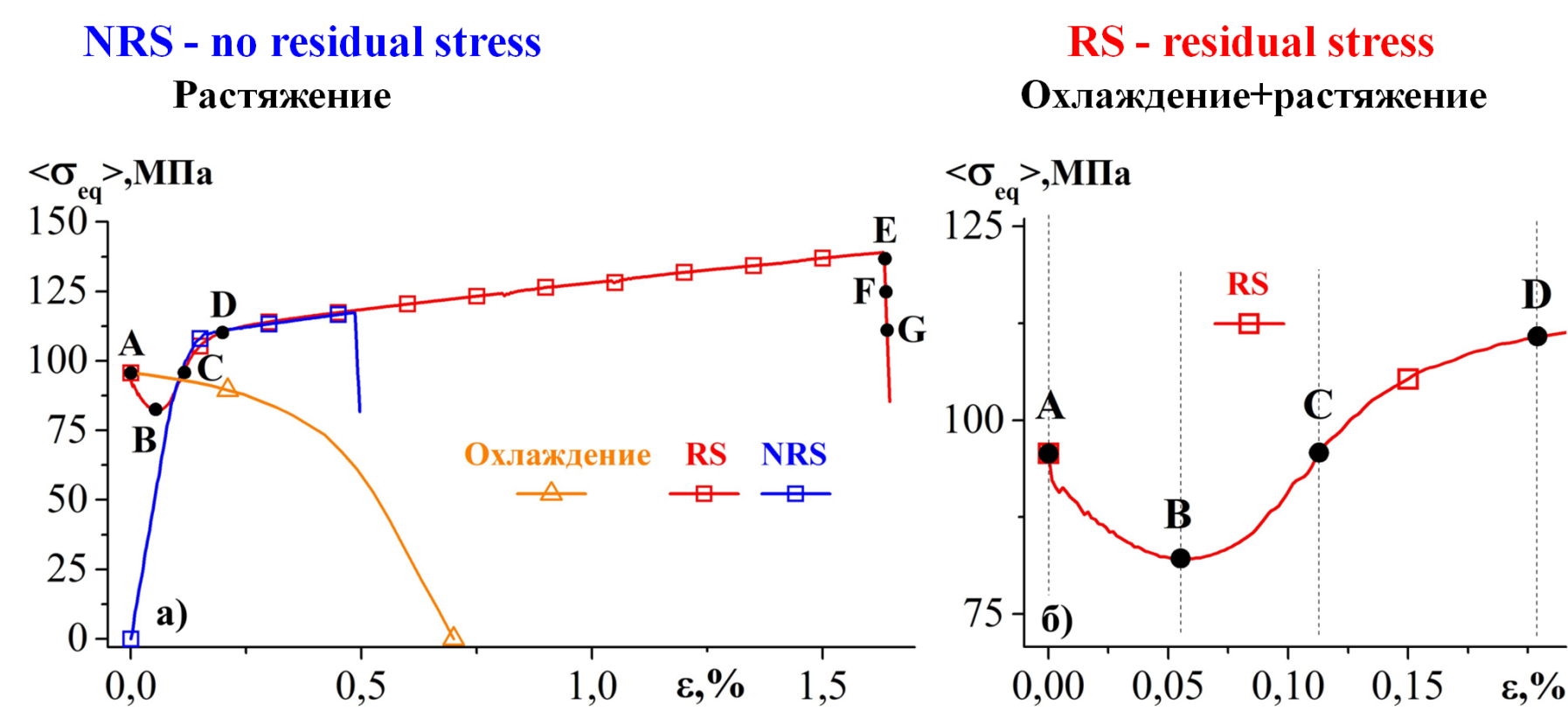


Рисунок 3 – Расчетные кривые течения композита с частицей при растяжении

Характер разрушения композитов

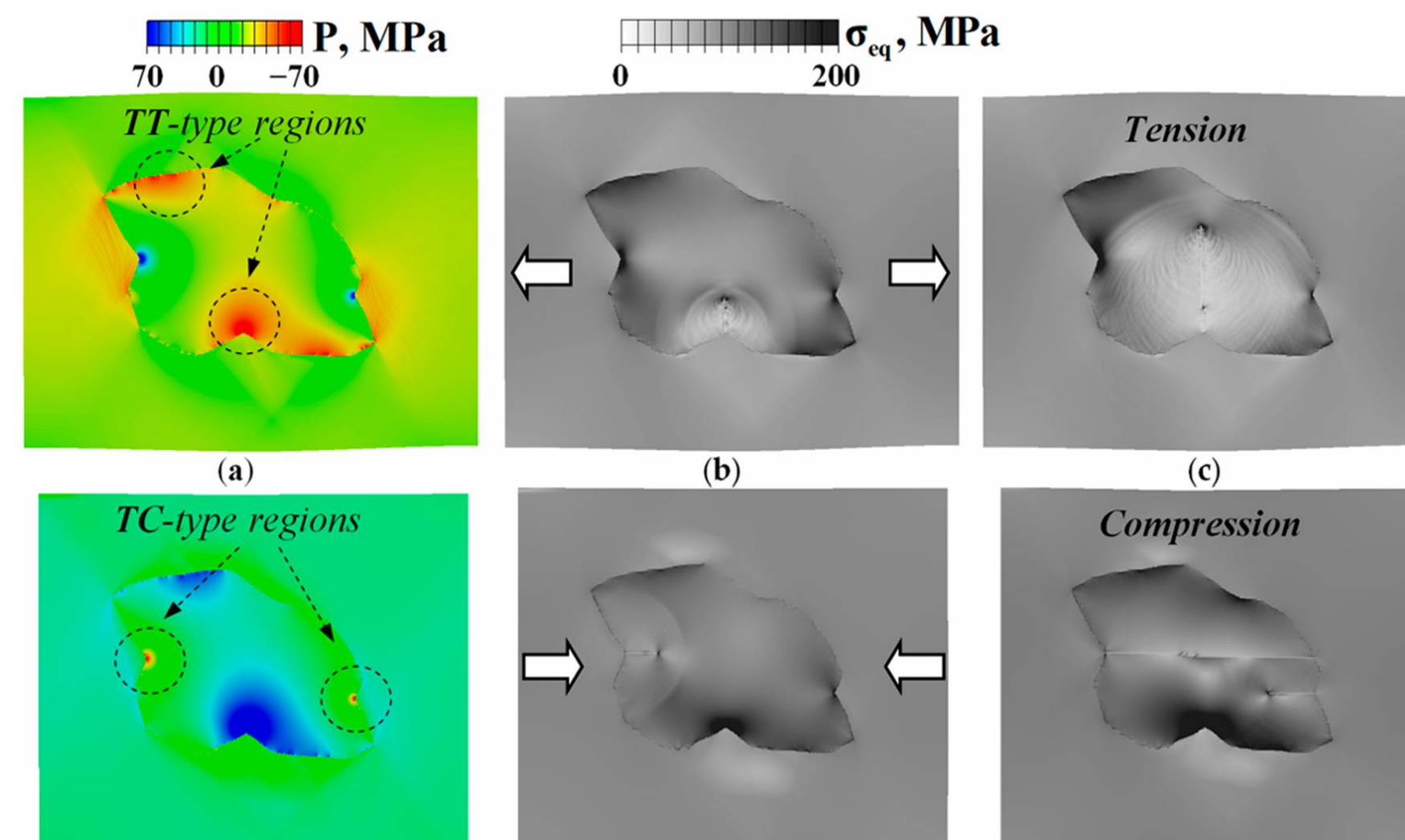


Рисунок 5 – Области растяжения и распространение трещины при растяжении (сверху) и сжатии (снизу)

Влияние термомеханических свойств различных алюминиевых матриц на деформацию и разрушение композитов

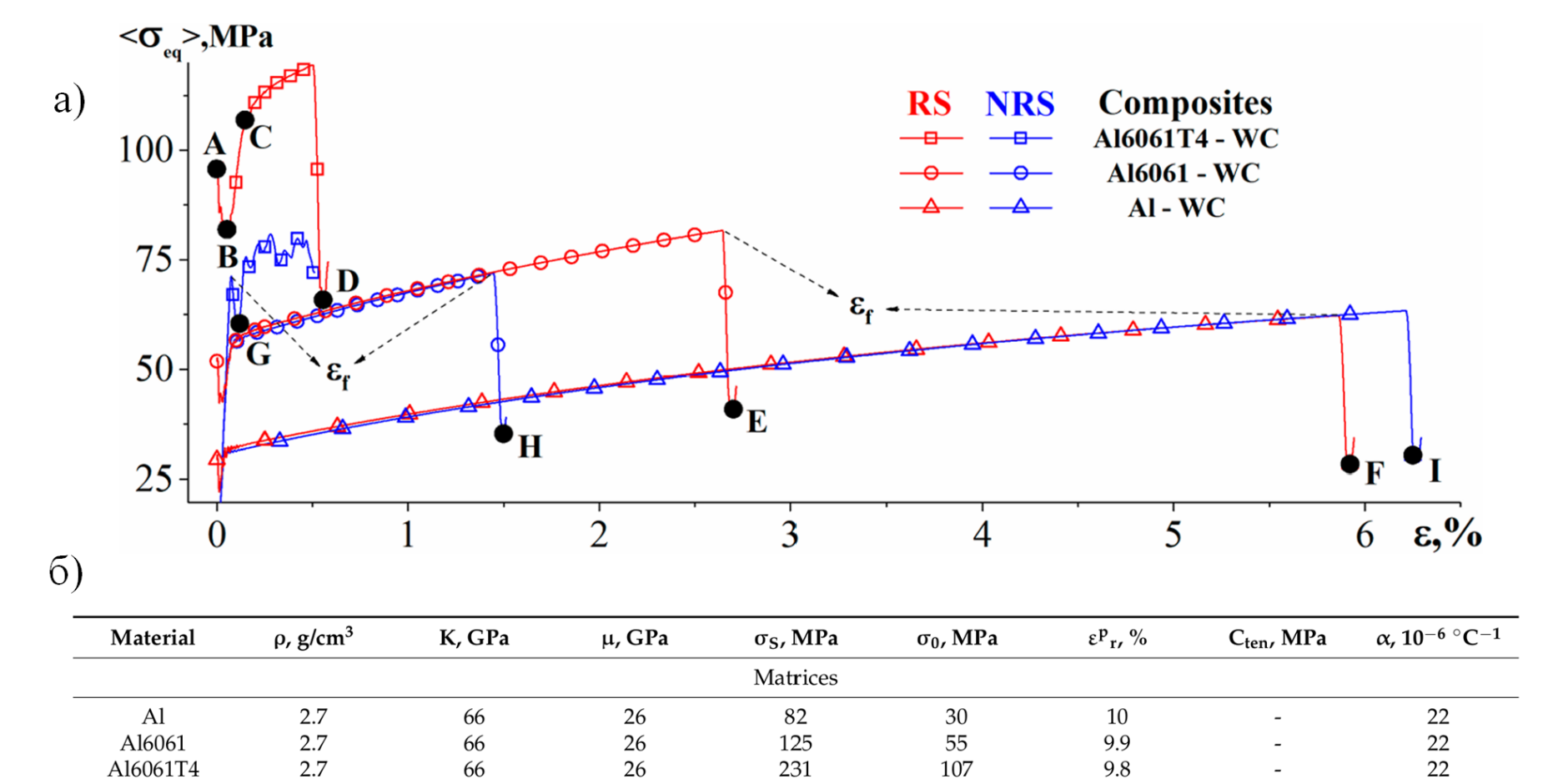


Рисунок 7 – Расчетные кривые течения композитов с различными алюминиевыми матрицами (а) и свойства матриц (б)

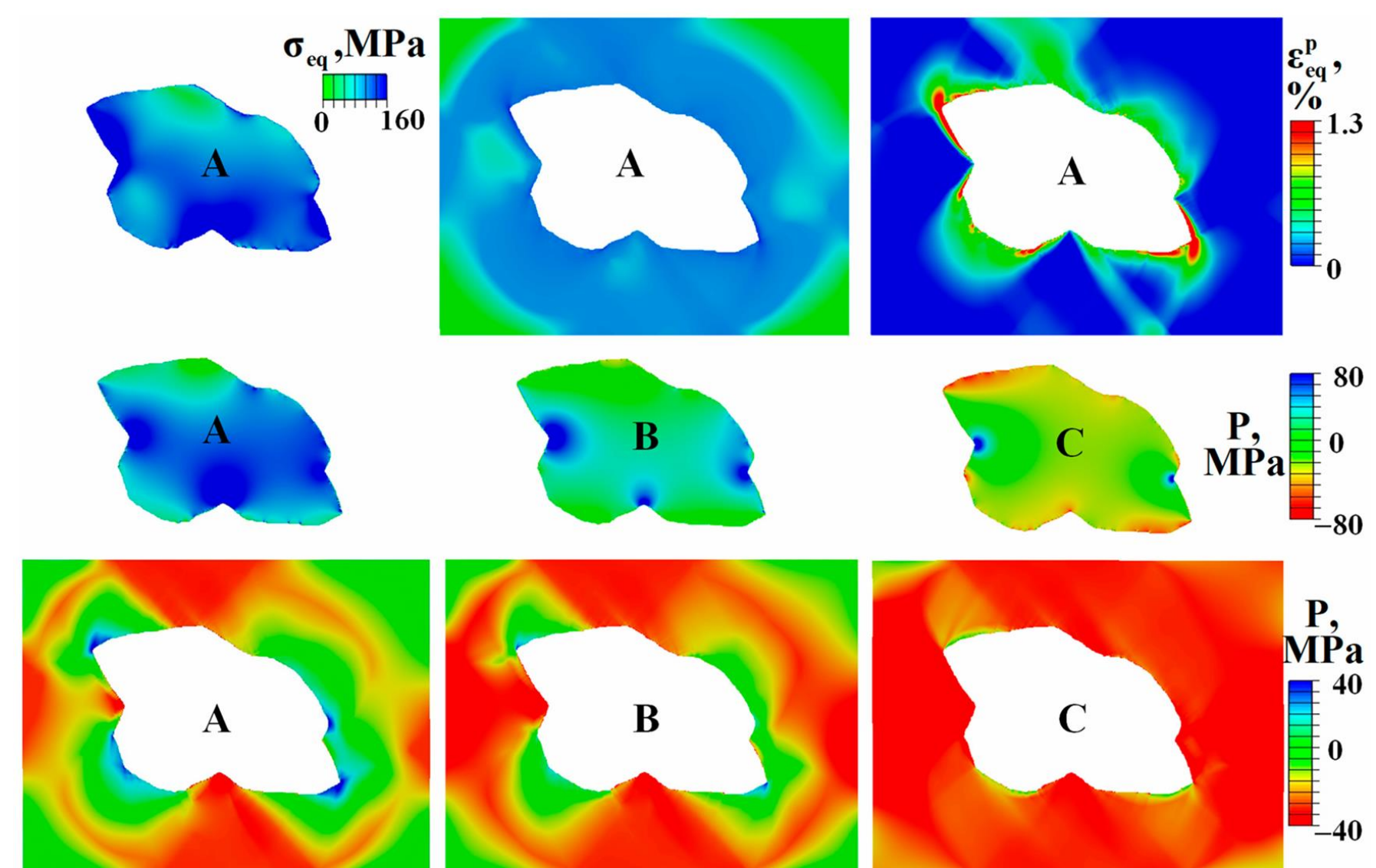


Рисунок 4 – Перестройка напряженно-деформированного состояния в частице и матрице при охлаждении с последующим растяжением

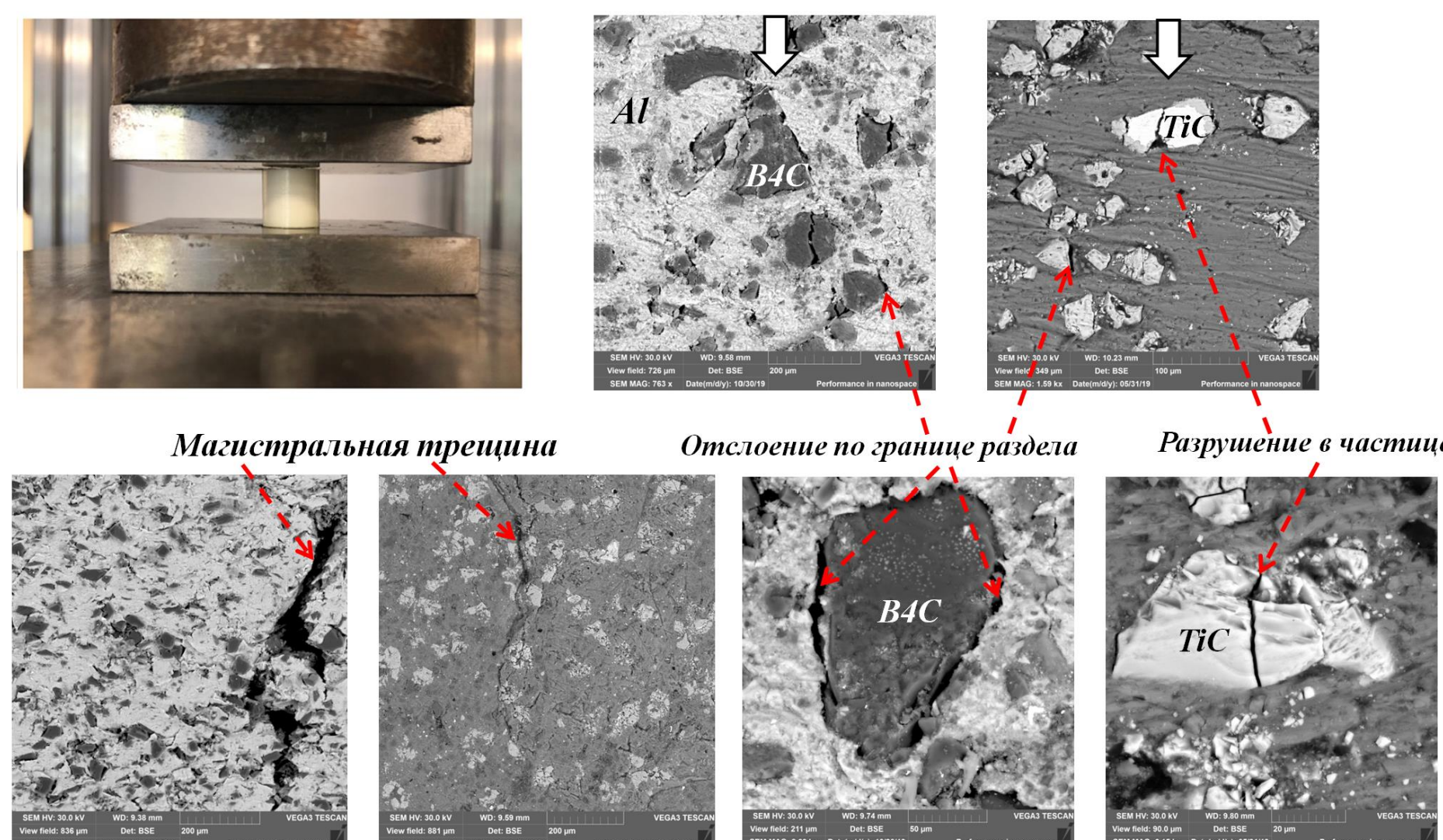


Рисунок 6. Механические испытания на сжатие композитов

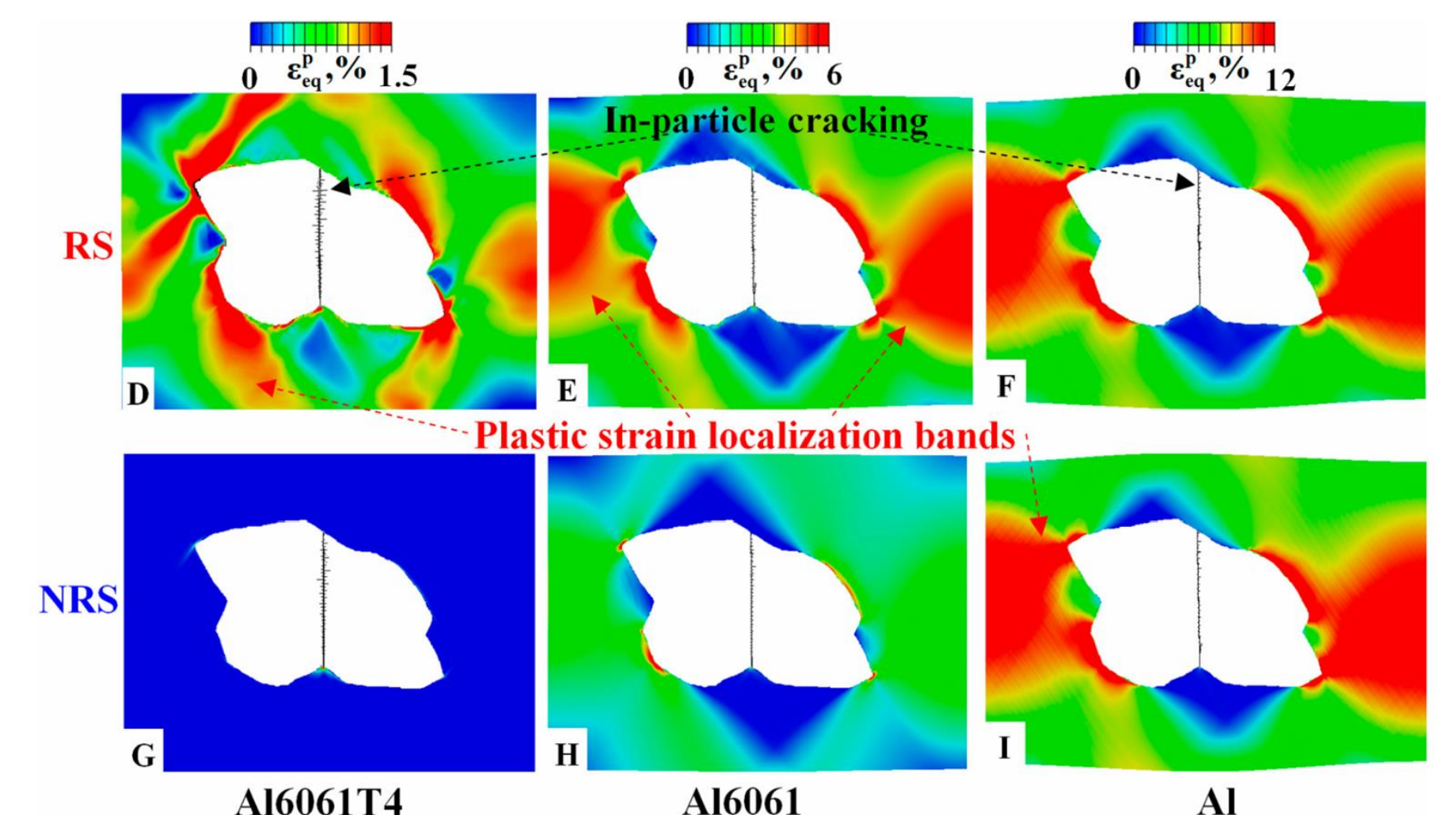


Рисунок 8 – Разрушение и локализация деформации в композитах с различными матрицами