

## МЕХАНИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ МЕДИ, ПОДВЕРГНУТОЙ УДАРНО-ВОЛНОВОМУ НАГРУЖЕНИЮ

Т.Н. Конькова<sup>1</sup>, Г.А. Салищев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ИПСМ РАН, г.Уфа, Россия, [konkova\\_05@mail.ru](mailto:konkova_05@mail.ru)

<sup>2</sup>ИПСМ РАН, г.Уфа, Россия, [gensal@imsp.da.ru](mailto:gensal@imsp.da.ru)

Высокоскоростная деформация позволяет создавать повышенные напряжения в материале и тем самым активировать новые механизмы деформации и разрушения. Размер зерна материала также способен изменить механизмы деформации и его механическое поведение. В связи с этим целью настоящей работы являлось исследование влияния размера зерна на структурные изменения и прочностные свойства меди, подвергнутой высокоскоростной деформации воздействием ударных волн различной амплитуды.

В качестве материала исследования использовалась техническая медь М1 с размерами зерен 350, 110, 30 и 0,5 мкм. Состояния были получены обработками, включающими пластическую деформацию и отжиги. Состояние с размером зерен 0,5 мкм было подготовлено интенсивной пластической деформацией методом всестороннейковки.

Исследуемые образцы подвергались ударному и квазиизэнтропическому нагружению в интервале прикладываемого давления 25÷70 ГПа. Для измерения давления устанавливались манганиновые датчики. Статические испытания проводились при нормальной температуре через реверсор сжатия, скорость деформации составляла  $\dot{\epsilon}_i \approx 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ . Строили диаграммы механического поведения образцов с различным размером зерна.

Воздействие ударной волны на образцы с различным размером зерна 350, 110, 30 мкм приводит к увеличению их предела текучести. Однако прирост прочности зависит от величины приложенного давления. Так при  $\sigma_x \sim 25 \div 50$  ГПа ударно-волновое нагружение меди с размером зерна 350 мкм приводит к увеличению ее сдвиговой прочности. Достижимый при этом предел текучести составляет 350 МПа (в исходном состоянии 300 МПа). Тогда как при высокой интенсивности ударно-волнового нагружения, а именно, при  $\sigma_x > 50$  ГПа упрочнение меди уменьшается, возможно, из-за выделения тепла. Подобные же зависимости наблюдались для размеров зерна 110 и 30 мкм.

Предполагалось, что охлаждение образцов до  $-190^\circ\text{C}$  снижает их конечную температуру примерно на такую же величину, то есть, при начальном охлаждении образцов до  $\sim -190^\circ\text{C}$  можно избежать разупрочнения за счет выделения тепла. Поэтому было проведено нагружение образцов с начальным охлаждением до температуры жидкого азота. Анализ результатов показал, что предварительное охлаждение повышает прочность ударно-нагруженных образцов. В меди с размером зерна 350 мкм этот эффект  $\sim 15\%$  проявляется при высокой интенсивности ударной волны  $\sigma_x > 40$  ГПа. В меди с размером зерна 110 мкм и 30 мкм наибольшим пределом текучести также обладает медь, предварительно нагруженная ударной волной интенсивностью  $\sim 40 \div 50$  ГПа. При давлениях  $\sigma_x > 55$  ГПа также как и при нормальной температуре наблюдается уменьшение предела текучести.

Ударно-волновое деформирование (во всем интервале давлений) меди с размером зерна 0,5 мкм не изменило ее предел текучести по сравнению с исходным состоянием. Проведенные структурные исследования позволили выявить различие в механизмах деформации в зависимости от приложенного давления и размера зерен.