

**ПОВЕДЕНИЕ НИКЕЛЯ ПРИ ОДНООСНОМ РАСТЯЖЕНИИ С ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИМПУЛЬСНЫМ ТОКОМ И УЛЬТРАЗВУКОМ**

<sup>1</sup>Царенко Ю.В., <sup>1</sup>Рубаник В.В., <sup>1</sup>Луцко В.Ф., <sup>1</sup>Багрец Д.А., <sup>2</sup>Столяров В.В.,  
<sup>2</sup>Мисоченко А.А., <sup>2</sup>Угурчиев У.Х.

*ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», г. Витебск,  
labpt@vitebsk.by*

*<sup>2</sup>Институт машиноведения РАН, г. Москва, Россия, [vlstol@mail.ru](mailto:vlstol@mail.ru)*

Использование различных физических воздействий позволяет в значительной мере интенсифицировать технологические процессы получения и обработки материалов и в большинстве случаев получать результаты, недостижимые при традиционной технологии. К числу таких воздействий, дающих наибольший эффект, относятся концентрированные потоки энергии [1, 2], в т.ч. ультразвуковые колебания и воздействие импульсным током. Представляет значительный интерес исследование совместного действия обоих эффектов на металлы и сплавы.

Для проведения данных исследований нами была подготовлена установка для обработки проволоочных образцов при растяжении, которая представлена на рис. 1. Проведены исследования влияния ультразвуковых колебаний на механическое поведение проволоочных образцов никеля НП-2 при одноосном растяжении. Амплитуду ультразвуковых смещений изменяли путем, как регулирования электрической мощности преобразователя, так и выбором бустеров с разными коэффициентами трансформации смещений. В работе использовали бустеры полуволновой длины.



Рисунок 1 - Экспериментальная установка для совместного воздействия на проволоку импульсного тока и ультразвуковых колебаний при растяжении

На первом этапе были выполнены эксперименты на проволоке из никеля диаметром 1,6 мм предварительно отожженной в вакууме при температуре 1000 °С. Длительность ультразвукового воздействия на образец изменяли от 1 до 5 с, а амплитуду смещений от 5 до 20 мкм. На образцы воздействовали импульсом тока плотностью  $j = 120 \text{ А/мм}^2$ , длительностью импульса  $2 \cdot 10^{-4} \text{ с}$ .

Влияние импульсного тока и ультразвука на механическое поведение проволоочных образцов никеля при одноосном растяжении показано на рис.2. Амплитуда смещений составляла 20 мкм. В данном случае воздействие на проволоку проводилось поочередно импульсным током, а затем УЗК. Воздействие импульсного тока в процессе деформирования металла приводит к снижению напряжения течения

металла в момент подачи импульсов, т.е. проявляется электропластический эффект, при наложении ультразвука наблюдается акустопластический эффект. В результате проведенных исследований установлено, что под действием УЗК наблюдается снижение напряжения течения для никелевой проволоки более чем на 200 МПа, в то время как под действием импульса тока до 25 МПа.

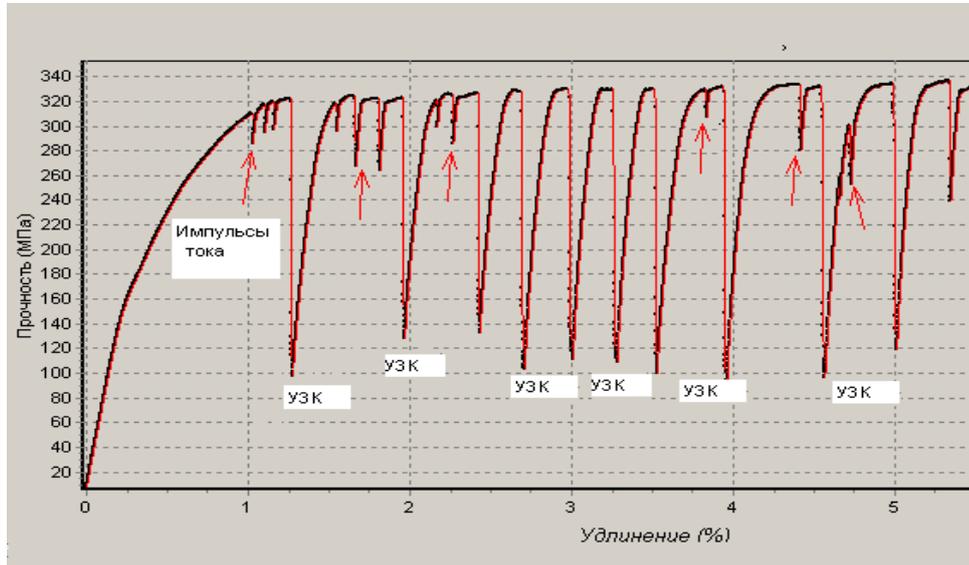


Рисунок 2 - Кривая растяжения проволоки из никеля (стрелкой показано воздействие импульсом тока)

Были проведены эксперименты по совместному действию электропластического и акустопластического эффектов на особенности поведения проволоки НП-2 при растяжении (рис.3). Скорость растяжения образцов составляла 5 мм/мин. Импульсы тока подавали после включения ультразвука, амплитуда смещений на торце волновода составляла 5 мкм.

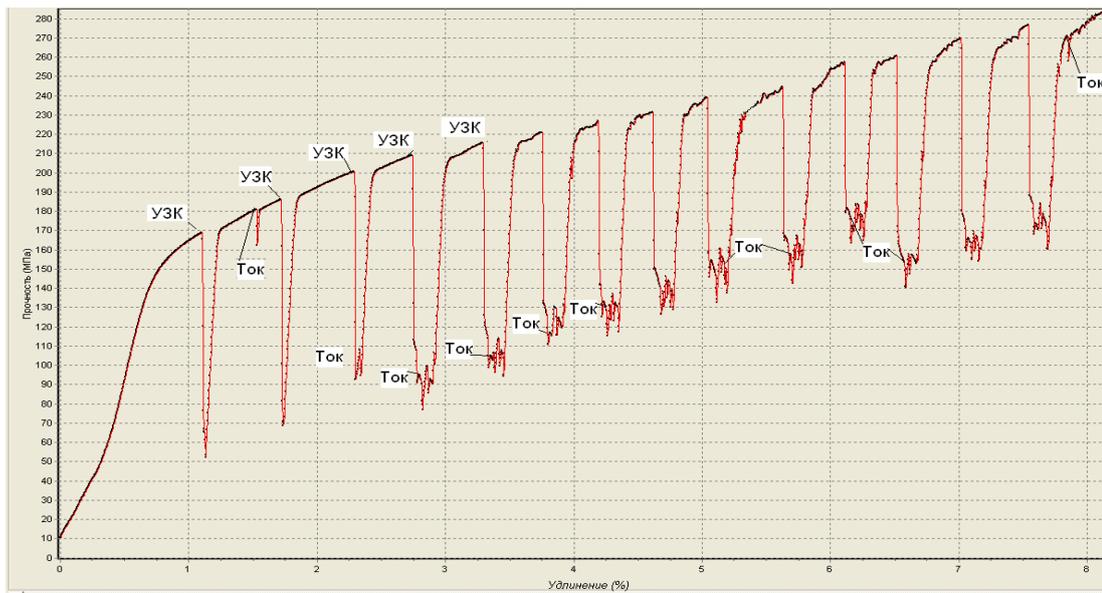


Рисунок 3 - Кривая растяжения проволоки из никеля при совместном воздействии ультразвука (5 мкм) и импульсов тока

Поскольку в данном случае интенсивность ультразвука была ниже, чем на рис.2, снижение напряжений течения за счет УЗК составляло 100 - 120 МПа, а снижение за

счет тока всего до 20 МПа. Необходимо отметить, что наблюдается дополнительное снижение напряжения течения проволоки за счет импульсов тока при одновременном воздействии УЗК, т.е. происходит суммарный эффект от обоих воздействий. Аналогичный результат наблюдали и при растяжении никелевой проволоки при амплитуде смещений 10 мкм, длительность воздействия УЗК – 5 с (рис. 4).

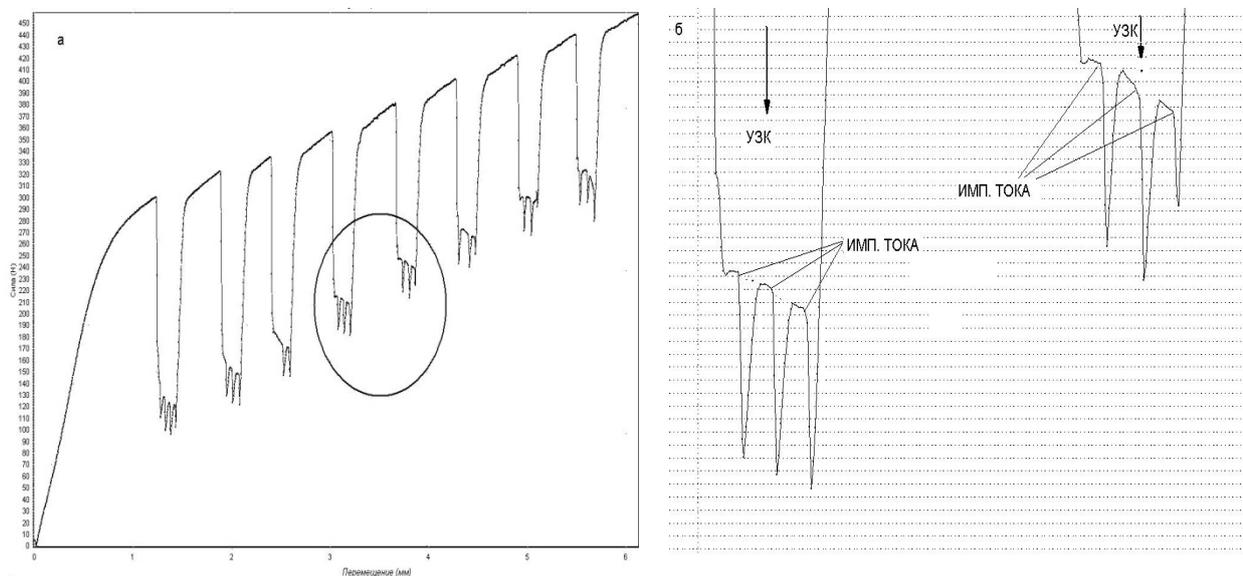


Рисунок 4 - Кривая растяжения проволоки НП-2 при воздействии УЗК (10 мкм) и импульсов электрического тока (а); увеличенная выделенная область снижения усилия деформирования образца (б)

Видно, что во время воздействия УЗК на металл наблюдается дополнительное снижение растягивающей нагрузки за счет действия отдельных импульсов электрического тока, причем величина снижения нагрузки практически остается постоянной. Для предварительно упрочненной проволоки влияние УЗК и импульсов тока на снижение усилия деформирования уменьшается.

Установлено, что за счет импульсов тока при одновременном воздействии ультразвука наблюдается суммарный эффект по снижению напряжения течения проволоки НП-2 от обоих воздействий, что подтверждает и дополняется результаты авторов [3, 4]. Следует отметить, что величина снижения напряжений деформирования проволоки от электропластического эффекта в несколько раз ниже (практически на порядок), чем от воздействия ультразвука. Это вызывает сомнения в перспективах его самостоятельного промышленного использования для обработки материалов.

### Литература

1. Троицкий, О.А. Ультразвуковое электропластическое плющение металла / О.А. Троицкий // Вестник научно-технического развития. - № 10. - т.26. - 2009. - С.42-49.
2. Клубович В.В., Рубаник В.В., Царенко Ю.В. Ультразвук в технологии производства композиционных кабелей. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 293 с.
3. Kozlov A.V., Mordyuk B.N., Chernyashevsky A.V. On the additivity of acoustoplastic and electroplastic effects. Mater. Sci.&Eng. -A190 - 1995 - P.75-79.
4. Siua K.W., Ngana H.W., Jones I.P. New insight on acoustoplasticity-ultrasonic irradiation enhances subgrain formation during deformation. Int J Plast, 2011. - V27/ -№5) – P. 788–800.