

состоянии, равной 10 мкм (табл. 2), возрастание скорости волочения уменьшает степень снижения усилия деформации под действием ультразвука и повышает коэффициент падения амплитуды в процессе волочения.

**Резюме.** Сравнение характера изменения эффективности использования ультразвуковой энергии и амплитуды колебаний волокна показывает, что основной причиной снижения эффективности действия ультразвука при уменьшении его интенсивности или увеличении скорости волочения является демпфирование (затухание) ультразвуковых колебаний в процессе волочения.

УДК 621.774.372

А.В. Степаненко, докт.техн.наук,  
Хан Дык Ким, канд.техн.наук,  
В.С. Запорожченко

### ПРИМЕНЕНИЕ РАДИАЛЬНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ БЕЗОПРАВОЧНОМ ВОЛОЧЕНИИ СТАЛЬНЫХ ТРУБ

Процесс волочения с радиальными ультразвуковыми колебаниями волокна освещен лишь в нескольких статьях советских и зарубежных авторов. Первые исследования по волочению медной проволоки через волоку с радиальной вибрацией были проведены Робинсоном в 1967 г. [1]. Эксперименты показали снижение усилия волочения на 3—4%, что можно объяснить низкой эффективностью крепления волокна к преобразователю. Результаты экспериментов по безоправочному волочению труб из меди МЗ $\phi$ 10 x 1,0 мм и латуни Л62ТМ  $\phi$  10x1,5 мм с радиальными ультразвуковыми колебаниями волокна приведены в [2]. Показано, что в зависимости от скорости волочения и степени деформации эффект от воздействия ультразвука изменяется от 13% до 52%. В [3] указано, что при волочении труб из стали с 0,2%С по маршруту  $\phi$  9,5 x 0,9  $\rightarrow$   $\phi$  7,5 x 0,75 мм на плавающей оправке усилие волочения под действием радиальных колебаний волокна снижалось до 18%. Энергия ультразвуковых колебаний подводилась к дисковому концентратору от 30 магнитострикционных никелевых преобразователей частотой 13 кГц. Недостатками данной ультразвуковой системы являются сложность, большие размеры и значительный шум при работе, так как ее частота находится в звуковой области. Другая эксперименталь-

ная установка для создания радиальных колебаний в волоке [4] состояла из 4 магнитострикционных преобразователей общей мощностью 2,5 кВт, воздействующих на кольцо шарикоподшипника, являющегося волокодержателем. При волочении труб из латуни со степенью деформации до 50% усилие деформации снижалось до 43% по сравнению с обычным волочением.

Из обзора работ [1... 4] видно, что эксперименты были проведены при волочении проволоки и труб небольшого размера из меди, латуни и углеродистой ст. 20. Исследовался процесс волочения с радиальными ультразвуковыми колебаниями волоки труб из углеродистых сталей 10, 30 и нержавеющей ст. X18H9T с размера  $\phi 25 \times 1,5$  мм на размер  $\phi 21 \times 1,5$  мм. Волочение осуществляли через волоку 1, запрессованную в центре диска составного волновода 3 (рис. 1). Возбуждение волновода производили тремя магнитострикционными преобразователями 4 типа ПМС15А-18, подключенными к ультразвуковому генератору УЗГ-10У. Радиальные колебания диска (эпюра радиальных смещений 2) в силу его значительной толщины по закону Пуассона сопровождалась колебаниями в продольном направлении, которые распространялись по стержневой части волновода (эпюра продольных смещений 5).

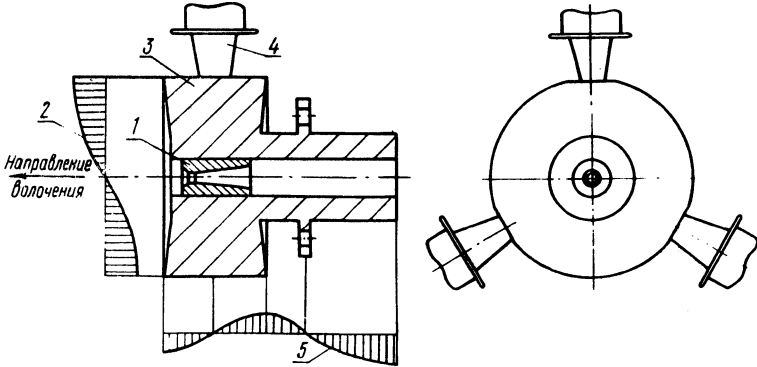


Рис. 1. Схема устройства для волочения с радиальными колебаниями волоки.

Усилие волочения фиксировали с помощью мессдозы сжатия и тензометрической аппаратуры, амплитуду радиальных колебаний — виброметром УВВ-2м через фотокомпенсационный усилитель Ф115 на ленте самописца Н341.

Результаты экспериментов по изучению влияния угла конусности волоки на снижение усилия волочения труб из ст. 10, прутков из ст. 3, дюралюминия Д1Т и меди М3 под действием

Таблица 1. Влияние угла конусности волокна, совершающей радиальные ультразвуковые колебания, на эффективность действия ультразвука

Вид заготовки, материал, переход, мм	Эффективность действия ультразвука $\eta_{эф}$ при полуугле конусности волокна			
	2°	4°	6°	8°
Труба, ст. 10, φ 25 x 1,5 → φ 21 x 1,5	24,3%	20,0%	14,4%	6,8%
Пруток, ст. 3, φ 22,5 → φ 21,0	20,1%	16,5%	11,1%	4,9%
Пруток, Д1Т, φ 21,3 → φ 21,0	31,6%	42,7%	23,1%	11,4%
Пруток, медь МЗ, φ 22,0 → φ 21,0	32,2%	44,3%	25,8%	12,0%

радиальных ультразвуковых колебаний приведены в табл. 1. Из табл. 1 следует, что наибольшее снижение тяговой силы происходит в случае, когда половина угла конусности волокна равна или несколько меньше угла трения для данной пары металлов: сталь по стали  $\varphi_{тр} = 3^{\circ}26'$ , медь, дюралюминий по стали  $\varphi_{тр} = 4^{\circ}34'$  [5]. При полуугле конусности, намного меньшем угла трения, очаг деформации значительно удлиняется, возрастают потери на трение, и эффективность действия ультразвука падает.

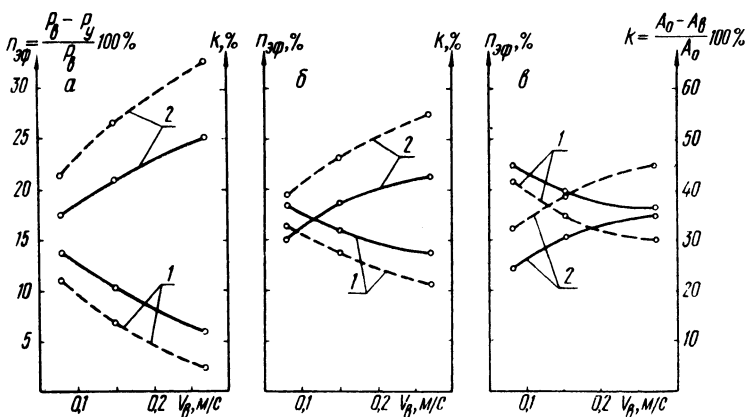


Рис. 2. Зависимость эффективности действия ультразвука (1) и коэффициента падения амплитуды в процессе волочения  $k$  (2) от скорости волочения при амплитуде радиальных ультразвуковых колебаний волокна в свободном состоянии 1,5(а); 2,4(б); 3,0 мкм(в): сплошная линия - ст. 30; штриховая - ст. X18N9T.

Исследование зависимости уменьшения усилия деформации под действием радиальных ультразвуковых колебаний и коэффициента падения амплитуды смещений от скорости протягивания

при различной интенсивности ультразвука (зависящей при неизменной частоте от амплитуды колебаний) производили при волочении труб из сталей 30 и X18H9T через волоку с половиной угла конусности, равной  $2^{\circ}$ . Из графиков (рис. 2) видно, что увеличение скорости волочения и уменьшение интенсивности радиальных ультразвуковых колебаний снижает эффективность применения ультразвука и повышает коэффициент падения амплитуды смещений в процессе волочения. Наложение радиальных ультразвуковых колебаний на инструмент при волочении более прочных труб из нержавеющей ст. X18H9T менее эффективно, чем при волочении труб из углеродистой ст. 30.

Резюме. Данные экспериментов свидетельствуют, что снижение усилия волочения стальных труб под действием радиальных ультразвуковых колебаний не превышает 25% из-за значительного демпфирования колебаний в процессе волочения. Демпфирование радиальных колебаний волоки, очевидно, объясняется увеличением сопротивления металла пластической деформации, особенно в районе входа трубы в волоку, где вследствие подпирания входящей части трубы при колебательном уменьшении диаметра волоки создается напряженное состояние всестороннего сжатия. Для ликвидации этого нежелательного явления следует прилагать к заднему концу трубы пульсирующее противонапряжение или предусматривать на рабочей поверхности волоки карманы для вытекания избытка металла.

#### Л и т е р а т у р а

1. Sansome D.H., Winsper C.E. Drawing Wire with Oscillatory Energy Applied. - "Wire Industry", 1968, 35, № 419.
2. Винерский С.Н. Волочение труб с радиальными колебаниями инструмента. -- В сб.: Металлургия, вып. 5. Минск, 1974.
3. Dawson G.R. Ultrasonic radial die oscillation in floating-plug tube drawing. - "Ultrasonics Int. 1975. Conf. Proc., London". Guildford. 1975.
4. Young M.J.R. Radiale Schwingungen verbessern den Wirkungsgrad beim Rohrgleitziehen. -- "Industrie - Anzeiger", 1976, 98, N2.
5. Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения. М., 1971.