

ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ПРОЦЕССЕ ВОЛОЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ

*Ясский Технический университет *,
Бул. Димитрие Манжерон, 59, г. Яссы, 6600, Румыния
Институт прикладной физики,
ул. Академией, 5, г. Кишинев, МД-2028, Молдова*

Введение

Процесс волочения проволоки с помощью ультразвуковой вибрации "ultrasonic vibration drawing – U.D.V." состоит в преобразовании электрических колебаний высокой частоты в механические с помощью магнитострикционных или пьезоэлектрических преобразователей и их передачи посредством инструмента в зону пластической деформации [1].

Таким образом можно изменить схему состояния напряжения и кинетики процесса пластической деформации в зависимости от типа использованных ультразвуковых колебаний и места нахождения инструмента в максимуме колебания волн или перемещения волн.

Волочение проволоки в ультразвуковом поле или в системе U.D.V., может привести к некоторым преимуществам, таких как уменьшение сил протягивания, увеличение степени пластической деформации, прочности инструмента и безопасности протягивания и в результате – получение качественного продукта по сравнению с классическим волочением.

В работе предлагается изучение изменения механических характеристик подшипниковой проволоки с высокой механической прочностью, волоченной в системе U.D.V. с волокой, находящейся в максимуме продольных колебаний волн. Ультразвуковые колебания подводились к протягиваемой проволоке в направлении волочения от цилиндрического ступенчатого концентратора. Волока запрессовывалась в верхний торец концентратора. Протягиваемая проволока через отверстие поступала в волоку, на выходе из которой закреплялась в захвате волочильной машины. Такая схема позволила проводить сравнительные испытания волоченной проволоки в классических условиях и в ультразвуковом поле.

Исследования проведены в лабораториях Ясского технического университета Румынии и Института прикладной физики Академии наук Молдовы. Были использованы ультразвуковой генератор УЗГ – 2-4 М мощностью 4 кВт, магнитострикционный преобразователь типа ПМС 15 – А18, снабженный ступенчатым полуволновым титановым концентратором, и системой для протягивания проволоки с вибрационными элементами размерами $n \cdot \lambda / 2$, где n – число полуволн (рис. 1).

Роль отражателей ультразвуковых колебаний состоит в том, чтобы дать возможность образованию, на хорошо обоснованных расстояниях стабильной системы стационарных волн в проволоке [2]. Эксперименты выполнялись в одноразовом протягивании, используя волоки из карбидов вольфрама и хрома с углом конуса протягивания $\alpha = 9^{\circ}$, используя для смазки мыльный порошок. Уменьшение силы протягивания в случае ультразвукового волочения, пропорционально амплитуде колебаний инструмента [2–4]. Установлено, что при ультразвуковом волочении усилия протягивания проволоки $F_{\text{мюз}}$ меньше, чем в случае классического волочения, осуществленного в тех же условиях, и описываются уравнением: $C = R_m \cdot S_l / F_{\text{мюз}}$, где C – коэффициент безопасности протягивания; R_m – среднее сопротивление разрыва с добытой нагортовкой в процессе волочения; S_l – площадь сечения проволоки при выходе из волоки; $F_{\text{мюз}}$ – усилия протягивания при ультразвуковом волочении.

Уменьшение усилия протягивания в случае ультразвукового волочения происходит в основном из-за поверхностного эффекта ультразвука и объясняется "реверсией вектора силы трения"

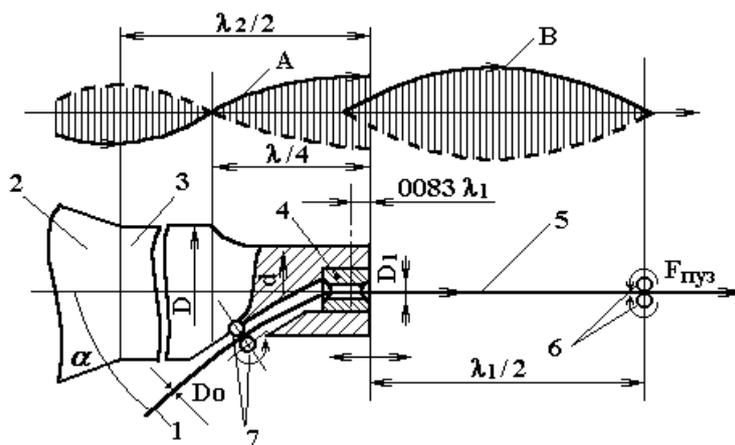


Рис. 1. Схема колебательной системы, использованной для волочения подшипниковой проволоки в ультразвуковом поле:

1 – проволока полуфабрикат; 2 – преобразователь магнитострикционный ПМС 15 А–18; 3 – ступенчатый цилиндрический концентратор; 4 – волюка; 5 – волоченная проволока; 6, 7 – отражатели ультразвуковых колебаний; λ_1 и λ – длины волн в стальной подшипниковой проволоке и титановом сплаве ВТ–3; А – амплитуда колебаний ступенчатого цилиндрического концентратора; В – амплитуда колебаний в проволоке.

тогда, когда

$$V_{np}/V_v < 1, [2-4],$$

где V_{np} – скорость протягивания, м/с; V_v – скорость колебания инструмента, м/с.

Метод исследования. Экспериментальные результаты.

Для определения механических характеристик сопротивления осуществлялись испытания на растяжение длинных проб, взятых по три образца для каждой волоченой проволоки, с воздействием ультразвука и без ультразвука (см. таблицу). Значения механических характеристик: прочность на разрыв при растяжении (R_m), предел текучести ($R_{p0,2}$) и удлинение (A_{100}), полученные при регистрации кривых напряжение – деформация и использование экстензометра (для более точного определения последних двух характеристик), составляют среднее значение трех испытаний, представленных также в таблице.

На основе данных таблицы построены зависимости, представленные на рис. 2, которые показывают изменение механических характеристик R_m , $R_{p0,2}$ и A_{100} в функции от величины степени пластической деформации классического и ультразвукового волочения для проволоки из RULIV.

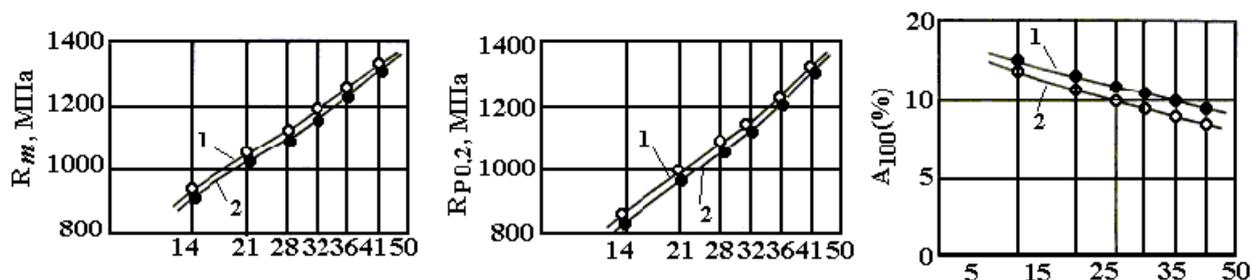


Рис. 2. Вариация механических характеристик сопротивления и пластичности от степени пластической деформации при волочении подшипниковых проволок с ультразвуком (1) и без ультразвука (2).

В таблице и на рис. 3 показана вариация средних значений (результат трех измерений) для микротвердости $H_{V0,1}$, определенной экспериментально с помощью твердомера ПМТ–3.

Линейная зависимость наблюдается с возрастанием степени пластической деформации для среднего сопротивления на разрыв – R_m и для предела текучести – $R_{p0,2}$ (рис. 2), что характерно для металлических материалов.

Технологические и ультразвуковые параметры; механические характеристики волоочной проволоки

Серия воло- очения	Интервал волоочения $D_0 \rightarrow D_1$, мм	Технологические и ультразвуковые параметры						Механические характеристики							
		f_x , Гц	δ_i , %	δ_{tot} , %	α , °	V_{np} , м/с	$\frac{V_{np}}{V_V}$	классическое волочение				волочение с ультразвуком			
		A , мкм V_V мкм/с						R_m МПа	$R_{p0,2}$ МПа	A_{100} , %	$H_{V0,1}$	R_m МПа	$R_{p0,2}$ МПа	A_{100} , %	$H_{V0,1}$
0	3,80	$f=17500$	10	–	9	0,33	0,15	630	475	18,0	179	630	475	18,0	179
1/1	3,80→3,63	$A=10$ $V_V=2,20$	–	10	–	–	–	935	855	14,2	230	905	811	15,0	215
1/2	3,63→3,46		–	18	–	–	–	1025	998	12,2	250	1003	939	13,0	234
1/3	3,46→3,31		10	25	–	–	–	1110	1080	10,4	275	1090	1045	11,8	249
1/4	3,31→3,16		–	32	–	–	–	1170	1145	9,5	288	1152	1117	11,0	268
1/5	3,16→3,10		–	35	–	–	–	1245	1225	9,0	298	1230	1201	10,0	284
1/6	3,10→3,00		–	40	–	–	–	1335	1319	8,5	304	1323	1302	9,0	292

Примечание: D_0 – начальный диаметр; D_1 – конечный диаметр для волоочной проволоки; A – амплитуда колебаний ультразвукового инструмента; V_V – максимальная амплитуда скорости колебания (вибрации) инструмента ($V_V = 2\pi fA$); δ_i , δ_{tot} – частичное и тотальное снижение сечения (δ_i , $\delta_{\text{tot}} = [1 - (D_{i-1}/D_i)^2] \cdot 100\%$); α – угол конуса волоочения; $R_{p0,2}$ и R_m – пределы текучести и разрыва; A_{100} – удлинение; $H_{V0,1}$ – твердость по Викерсу.

Характеристика пластичности и удлинение (A_{100}) уменьшаются одновременно с возрастанием степени уменьшения сечения проволоки. Твердость, выраженная в единицах $H_{V0,1}$ имеет меньшие значения в случае волочения проволоки в ультразвуковом поле, с более равномерным распределением ее по сечению волоченого продукта по сравнению с классическим волочением, а эффективность ультразвуковой технологии составляет около 8%.

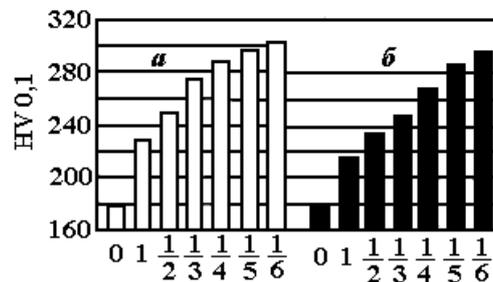


Рис. 3. Вариация микротвердости $H_{V0,1}$ во время волочения проволоки с ультразвуком (а) и без ультразвука (б).

Механические характеристики сопротивления на разрыв пластичности во время волочения проволоки из RULIV под воздействием ультразвукового поля отличаются от полученных по классической технологии благодаря влиянию "поверхностного эффекта ультразвука", вызванного "реверсией вектора силы трения" [3].

Практически пластическая деформация осуществляется в импульсах (разрыв и восстановление контакта металл–инструмент составляет 17500 раз/секунду), под формой "ультраульковых ударов". Это имеет положительные эффекты в процессе пластической деформации, которые помимо уменьшения контактного трения металл–инструмент из-за "реверсии вектора силы трения", когда $V_{np}/V_v < 1$ [2–4], способствует уменьшению нагорания металла и равномерного распределения пластической деформации по сечению волоченого продукта с уменьшением и униформизацией микротвердости [4].

Выводы

Улучшение механических характеристик сопротивления на разрыв и пластичности во время волочения подшипниковой проволоки под ультразвуковым воздействием в сравнении с полученными в случае классического волочения, осуществленная в тех же условиях и происходит в основном из-за уменьшения контактного трения металл–инструмент, что объясняется "реверсией вектора силы трения", когда $V_{np}/V_v < 1$ [4].

Пластическая деформация в случае ультразвукового волочения осуществляется в импульсах, с положительными эффектами по уменьшению холодного нагортания, что предполагает более равномерное распределение деформации по сечению волоченого продукта, с последствиями улучшения механических характеристик сопротивления на разрыв и пластичности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lianshi L., Xiaoping L. Wire drawing with ultrasonic vibration. Wire Industry. 1994. № 1. P. 31–33, 39.
2. Северденко В.П., Клубович В.В., Степаненко А.В. Прокатка и волочение ультразвуком // Наука и техника. Минск, 1970.
3. Северденко В.П., Клубович В.В., Степаненко А.В. Ультразвук и пластичность // Наука и техника. Минск, 1976.
4. Susan M. Researches Concerning Ball-Bearing Steels Wires Drawing in Ultrasonic Field. Ph. D. Thesis "Gh. Asachi", Technical University Iasi, 1996.

Поступила 12.03.2002

Summary

The paper presents the changes of some characteristics of the ball-bearing steel wires RULIV/STAS 1250(SH 15/GOST 801) cool drawing in ultrasonic field. The drawing die is placed on the maximum of the oscillation and is worked parallel to the drawing direction.