

## ПОЛУЧЕНИЕ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПРОВОЛОКИ Cu-Ag МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

Дородейко В.Г.<sup>1</sup>, Мосин А.В.<sup>2</sup>, Новиков В.Ю.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>ЗАО «Медицинское предприятие «Симург»

г. Витебск, Беларусь, info@simurg.by

<sup>2</sup>ГНУ «Институт технической акустики Национальной академии наук Беларуси»

г. Витебск, Беларусь, ita@vitebsk.by

<sup>3</sup>УО «Витебский государственный технологический университет»

г. Витебск, Беларусь, vstu@vitebsk.by

### Введение

Среди комплекса медицинских мероприятий, направленных на практическую реализацию задач планирования деторождения, существенную роль играют современные противозачаточные средства, одними из наиболее эффективных и распространенных среди которых являются внутриматочные спирали (ВМС). Биметаллическая проволока Cu-Ag за счет контрацептивного действия меди получила широкое применение для внутриматочных противозачаточных средств. Проволока представляет собой осесимметричное изделие диаметром 0,35 мм, состоящее из серебряного сердечника, выполняющего роль каркаса и медной оболочки.

**Постановка задачи.** Целью данной работы являлось совершенствование технологических приемов получения биметаллической медносеребряной проволоки для изготовления внутриматочных противозачаточных средств, отвечающих заданным требованиям по дефектности и пластическим свойствам (перегиб без разрушения на стержень диаметром 2 мм на суммарный угол 720°).

**Технология получения биметаллической проволоки.** Разработанный нами способ получения биметаллической проволоки предусматривает предварительное изготовление серебряной проволоки диаметром 0,4 мм, необходимым для обеспечения заданного соотношения между диаметрами биметаллической проволоки и серебряного сердечника. Для серебряной проволоки применяли серебро со степенью чистоты 99,99%. Отливка расплава серебра производилась в стальные изложницы. Далее слиток серебра прокатывали и подвергали волочению до конечного диаметра 0,4 мм. Сборку заготовки осуществляли следующим образом: медную трубку диаметром 3,0 мм со степенью чистоты не ниже 99,97% подвергали промывке в азотной кислоте с целью очистки ее от окислов и загрязнений. Для удаления остатков кислоты внутреннее отверстие промывали водой и просушивали. Очищенную от загрязнений серебряную проволоку вставляли в медную трубку и фиксировали с одного конца на острильной машине. Затем медную трубку с закрепленной внутри серебряной проволокой волочили до полного осаждения оболочки на сердечник. Полученную биметаллическую проволоку отжигали при температуре 600°C и волочили до конечного диаметра 0,35±0,01 мм с промежуточным отжигом. Волочение биметаллической проволоки проводили с суммарным обжатием 80 %, при единичных обжатиях 10...15 %. При больших единичных обжатиях происходит чрезмерное упрочнение оболочки и появление обрывов. После волочения с суммарным обжатием 80 % проводили термическую обработку биметаллической проволоки при 600°C на проход через муфельную печь или с использованием электроконтактного нагрева [1].

Для биметаллической проволоки с серебряным сердечником наиболее характерным видом брака является обрыв сердечника внутри медной трубки. Для снижения сил контактного трения использовали ультразвуковые колебания (УЗК) [2]. Как известно, использование УЗК в процессе обработки металлов давлением позволяет снизить усилия деформирования, увеличить единичные обжатия за проход и, тем самым, упростить

технологическую цепочку за счет сокращения количества переходов. Необходимо отметить и то, что в УЗК поле ускоряется процесс диффузии материалов [3].

**Результаты исследований.** Кривые растяжения биметаллической проволоки Cu-Ag после различных режимов термообработки, полученной волочением в обычных условиях и с вводом УЗК в очаг деформации, представлены на рисунке 1.

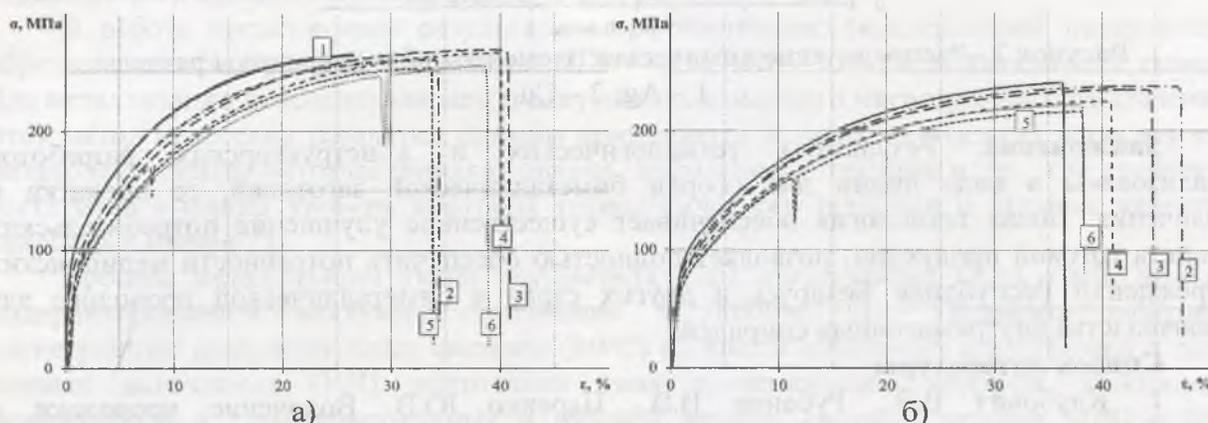


Рисунок 1 – Кривые растяжения биметаллической проволоки  $\varnothing 0,8$  мм после отжига при различных температурах, полученной волочением в обычных условиях (а) и с вводом УЗК в очаг деформации (б): 1 – 600 °С; 2 – 620 °С; 3 – 640 °С; 4 – 660 °С; 5 – 680 °С; 6 – 700 °С

По кривым растяжения (рисунок 1) можно констатировать, что отжиг заготовки, полученной волочением в обычных условиях, оптимально проводить при температуре 640 °С, при этом удлинение проволоки составляет порядка 41 %. При ультразвуковом волочении температуру можно снизить до 620 °С, и при этом удлинение проволоки составляет порядка 47,5 %. Это, в свою очередь, позволяет увеличить суммарные обжатия между промежуточными отжигами, а также увеличить единичные обжатия за проход. Также можно отметить, что предел прочности и предел текучести у проволоки после волочения с наложением УЗК составляет  $\sigma_b = 230$  МПа,  $\sigma_T = 80$  МПа, что меньше чем у проволоки после волочения без наложения УЗК:  $\sigma_b = 260$  МПа,  $\sigma_T = 100$  МПа.

Об эффективности воздействия УЗК на процесс волочения можно судить также по степени снижения усилия волочения, так при обжатиях 10...15% ультразвуковые колебания позволяют до 50...60% снизить усилие волочения при скорости 10 м/мин. При обжатии 25% снижение усилия волочения составляет 30...40%.

Источником УЗК служил магнитострикционный преобразователь ПМС 15А-18, питаемый от генератора УЗГ 2-4М. Волоку с помощью резьбового соединения крепили в пучности смещений волновода продольных колебаний. Амплитуда смещений на торце волновода составляла 12 мкм. Применение продольных ультразвуковых колебаний позволяет увеличить максимальное суммарное обжатие по сравнению с волочением в обычных условиях.

С учетом этого был разработан маршрут волочения биметаллической проволоки с суммарными обжатиями между термообработками более 80 %. Такой маршрут является оптимальным с точки зрения получения проволоки с высокими механическими свойствами. В дальнейшем проволоку использовали для изготовления внутриматочных спиралей [4].

На рис. 2 представлено распределение концентрации химических элементов на границе раздела Cu-Ag для проволоки, изготовленной по новой технологии. Как видно из рисунка диффузионный слой на границе оболочка-сердечник составляет порядка 1,5 – 2 мкм. Следует отметить, что диффузионный слой должен быть небольшим, так как медно-серебряный сплав более подвержен растворению в маточной жидкости, чем компоненты проволоки, что влечет к образованию большого количества фрагментов [5].

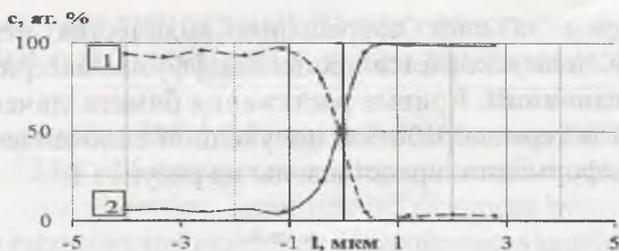


Рисунок 2 – Распределение химических элементов вблизи границы раздела:  
1 – Ag; 2 – Cu.

**Заключение.** Результаты технологических и конструкторских разработок реализованы в виде линии для сборки биметаллической заготовки, ее прокатки и волочения. Новая технология обеспечивает существенное улучшение потребительских свойств готовой продукции, позволяет полностью обеспечить потребности медицинских учреждений Республики Беларусь и других стран в биметаллической проволоке для производства внутриматочных спиралей.

#### Список литературы

1. Клубович В.В., Рубаник В.В., Царенко Ю.В. Волочение проволоки в ультразвуковом поле с электроконтактным нагревом // В.В. Клубович, В.В. Рубаник, Ю.В. Царенко / Тематический сборник научных трудов МИСиС: Интенсификация технологических процессов в ультразвуковом поле – Москва: Металлургия, 1986. – С. 77–81.
2. Клубович В.В. Ультразвуковая обработка материалов / В.В. Клубович, А.В. Степаненко – Минск: Наука и техника, 1981. – 295 с.
3. Кулемин А.В. Ультразвук и диффузия в металлах / А.В. Кулемин. – Москва: Металлургия, 1978. – 200 с.
4. Клубович В.В., Рубаник В.В., Царенко Ю.В., Дородейко В.Г., Рубаник В.В. мл., Мосин А.В., Новиков В.Ю. Технология изготовления биметаллической Cu-Ag проволоки для внутриматочных спиралей / Актуальные проблемы прочности: материалы докладов 53 Международной научной конференции, Витебск, 2-5 октября 2012 г., в 2-ч., Ч. 2 // УО «ВГТУ». – Витебск : УО «ВГТУ», 2012. – 206 с., С. 148-150.
5. Журавлев, Ю.В. Внутриматочная контрацепция / Ю.В. Журавлев, В.Г. Дородейко, Л.Я. Супрун. – Витебск: УО «ВГМУ», 1997. – 110 с.

### МОРФОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТКАНИ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ПОКРЫТИЕМ, ПОЛУЧЕННЫМ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫМ МАГНЕТРОННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ

Клубович В.В.1, Башметов В.С.2, Завадич В.П.3

1ГНУ «Институт технической акустики Национальной академии наук Беларуси»

г. Витебск, Беларусь, ita@vitebsk.by

2УО «Витебский государственный технологический университет»

г. Витебск, Беларусь, vstu@vitebsk.by

3ООО «ЭЛКОМ»

г. Витебск, Беларусь

Современные тенденции применения нанотехнологий в сфере текстиля, в том числе, связаны с улучшением свойств изделий с помощью нанопокровтий. В этом случае на текстиль наносятся покрытия в микронных и субмикронных диапазонах. В настоящее время все более актуальной становится необходимость производства и использования металлизированных текстильных материалов. Это вызвано резким увеличением