

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБРУЧАЛЬНЫХ КОЛЕЦ

Максимович А.О.

Научный руководитель – канд. техн. наук Рудницкий Э.А.

Сибирский федеральный университет

Одним из предметов личных украшений, которые имеют стабильный спрос, являются обручальные кольца. Это неизменный спутник яркой и запоминающейся церемонии бракосочетания. От прочих изделий, свадебные отличаются тем, что у каждого из них есть точная копия, украшающая руку второго супруга. Как бы ни были разнообразны творения дизайнеров и ювелиров – женское и мужское кольцо всегда выполнены в единой стилистике.

В настоящее время существует большое множество видов обручальных колец: традиционные, изготовленные в виде обыкновенной золотой полоски; нестандартные и изысканные, выполненные в сочетании желтого и белого золота; обручальные кольца с бриллиантами, поскольку именно этот камень олицетворяет собой чистоту и прочность любви и др. Но по-прежнему востребованными среди покупателей являются классические обручальные кольца, изготовленные из красного, либо белого золота 585 пробы.

На сегодняшний день существует несколько основных технологий изготовления обручальных колец – это изготовление колец микролитьем, изготовление заготовки с помощью листовой штамповки и с помощью волочения трубной заготовки.

Изготовление колец с помощью микролитья широко применяется в частных мастерских и небольших производствах, благодаря доступности вспомогательных средств и материалов, однако при несоблюдении параметров литья возможно возникновение различных дефектов, понижающих выход годного. В промышленных масштабах широкое распространение получил метод с использованием операций листовой штамповки, таких как вырубка, вывертка шайб (предварительная и окончательная), формовка и раскатка колец. Весомым недостатком данного метода является высокий процент отходов и потерь драгметалла, также этот метод включает в себя множество переделов, тем самым повышая трудозатраты на производство данного вида продукции.

Сравнительно новым промышленным способом производства обручальных колец является волочение трубной заготовки, позволяющей понизить отходы и потери драгметалла, а также существенно сократить количество промежуточных переделов. Однако данные технологии, совместно с оборудованием, закупаются из-за рубежа. Отечественные аналоги данных технологий отсутствуют, поэтому для создания собственных технологий, отладки и адаптации современного оборудования необходим анализ и исследования деформационных режимов пустотелой заготовки.

В данной работе рассчитываются параметры деформации и энергосиловые характеристики волочения трубы из сплава красного золота 585 пробы с диаметра 28,0 мм и толщиной стенки 2,5 мм ($\varnothing 28,0 \times 2,5$ мм) до $\varnothing 17,7 \times 1,4$ мм с промежуточным отжигом. Волочение трубы осуществляется на подвижной оправке. Основным оборудованием является гидравлический линейный волочильный стан с максимальным усилием волочения 140 кН.

При волочении круглой трубы на подвижной оправке-стержне, как и при волочении трубы на закрепленной цилиндрической оправке, происходит сначала

осаживание, затем уменьшение наружного диаметра и стенки трубы с последующей калибровкой. Волочение на стержне отличается от процесса на закрепленной оправке лишь тем, что силы трения, возникающие на металле от оправки, направлены в сторону волочения трубы и не только не препятствуют, а даже помогают движению металла через волочительный канал.

На практике для определения напряжений и сил волочения трубы на подвижной оправке применение находят упрощенные формулы И.Л. Перлина, которые применялись в данной работе.

Напряжение волочения определяли по формуле:

$$K_{В.П.О.} = 1,1 \cdot \sigma_{ВС} \cdot \ln \frac{F_0}{F_k} (1 + A_2 \cdot f \cdot \operatorname{ctg} \alpha_{П}) + \sigma_{уп},$$

где F_0 и F_k – начальная и конечная площади поперечного сечения, мм²; α – действительный угол образующей канала (полуугол); $\sigma_{уп}$ – напряжение на границе упругой и пластической зон, МПа; f – коэффициент трения; $\sigma_{ВС}$ – среднее значение сопротивления деформации металла в пределах деформационной зоны $\sigma_{ВС} = \frac{\sigma_{В0} + \sigma_{Вк}}{2}$.

$$A_2 = 1 - \frac{d_k \cdot \cos \alpha_{П}}{d_k + t_0 + t_k},$$

где d_k – внутренний диаметр трубы после волочения, мм; t_0 – толщина стенки трубы до волочения, мм; t_k – толщина стенки трубы после волочения, мм.

Общую силу волочения определяли по формуле:

$$P_{В.П.О.} = K_{В.П.О.} \cdot F_k + Q_0.$$

где Q_0 – это сила противонапряжения, принимается равной $Q_0 = 0,18 \cdot K_{В.П.О.} \cdot F_k$.

Исходными данными являются геометрические размеры труб по ходу волочения. Трубы волочат через коническую волоку. Угол волоки – 20°. Длина калибрующей зоны определяется из соотношения $l_k = m \cdot D_k$, где $m=0,1 \div 1,5$. Коэффициент трения для первого перехода принимается равным $f = 0,08$, учитывая упрочнение металла по ходу волочения для последующих переходов коэффициент трения понижается до 0,07.

Геометрические размеры трубы по переходам и параметры деформации представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Геометрические размеры и параметры деформации трубы

№ перехода	Параметры заготовки				Параметры протянутой трубы				Деформационные параметры		
	D ₀ ,мм	d ₀ ,мм	t ₀ ,мм	F ₀ ,мм ²	D _к ,мм	d _к ,мм	t _к ,мм	F _к ,мм ²	λ	ε, %	ε _{СВМ} , %
1	28,0	23,0	2,50	200,2	26,5	22,0	2,25	171,3	1,17	14	14
2*	26,5	22,0	2,25	171,3	26,0	22,0	2,00	150,7	1,14	12	25
3	26,0	21,0	2,50	184,5	23,0	18,0	2,50	160,9	1,15	13	6
4	23,0	18,0	2,50	160,9	21,0	17,0	2,00	119,3	1,35	26	30
5	21,0	17,0	2,00	119,3	18,5	15,0	1,75	92,0	1,30	23	46
6	18,5	15,0	1,75	92,0	17,7	14,9	1,40	71,7	1,28	22	58

Примечание: * - обозначается номер перехода, после которого проводят отжиг.

Энергосиловые параметры, рассчитанные по представленной выше методике, представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Энергосиловые параметры деформируемой трубы

№ перехода	σ_{B_0} , МПа	σ_{B_k} , МПа	σ_{B_C} , МПа	$\ln \frac{F_0}{F_k}$	$\text{ctg } \alpha_{\Pi}$	$\text{cos} \alpha_{\Pi}$	A_2	$\sigma_{\text{уп}}$, МПа	$K_{\text{Впо}}$, МПа	$P_{\text{пол}}$, кН	γ_3
1	300	620	460	0,156	9,215	0,994	0,183	30	119,3	24,1	5,2
2*	620	720	670	0,128	16,082	0,998	0,164	62	173,8	30,9	4,1
3	300	490	395	0,137	7,215	0,991	0,224	30	97,0	18,4	5,1
4	490	810	650	0,299	7,782	0,994	0,214	49	287,8	40,5	2,8
5	810	920	865	0,260	7,162	0,992	0,206	81	353,5	38,4	2,6
6	920	1000	960	0,250	10,107	0,997	0,177	92	389,5	32,9	2,6

Исследования существующего маршрута волочения трубы показывает неравномерной распределение коэффициентов запаса. В начале процесса волочения коэффициенты запаса велики, хотя ресурсы пластичности заготовки позволяют увеличить единичные вытяжки в первых переходах. Минимальных значений коэффициент запаса достигает в конце маршрута, что может привести к нестабильности процесса. Наличие отжига после второго перехода является не рациональным, о чем свидетельствует значение суммарной деформации, которое до отжига не превышает 30 %. По полученным данным можно рекомендовать перераспределение единичных вытяжек с целью повышения коэффициента запаса на конечных переходах волочения трубной заготовки. Также необходимо рассмотреть вопрос об исключении промежуточной термической обработки, в связи с высоким ресурсом пластичности обрабатываемого сплава.

Таким образом, результаты расчетов дают анализ существующих режимов на основе которых возможно проектирование новых маршрутов волочения заготовки для обручальных колец, а также назначать при необходимости промежуточные отжиги трубной заготовки для стабильного волочения и получения требуемого качества готовой продукции из соответствующих сплавов.