

ОСОБЕННОСТИ ВОЛОЧЕНИЯ ПРОВОЛОКИ, ПОЛУЧАЕМОЙ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ СТРУЖКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА МЕДНОЙ ОСНОВЕ

Иванов Е. В., Захарченко В. А., Радченко П. В.

Научный руководитель – доцент Загиров Н.Н.

Сибирский федеральный университет

Среди металлоизделий промышленного назначения порошковая проволока занимает особое место как по специфическому потенциальному сочетанию достигаемых технологических и эксплуатационных характеристик, так и по широкому спектру используемых сырьевых материалов. В большинстве случаев она состоит из металлической оболочки трубчатого или более сложного поперечного сечения и сердечника – порошкообразной шихты. Альтернативой может служить процесс получения такого рода проволоки, исключая применение оболочки, и основанный на комбинировании приемов порошковой металлургии и традиционных методов обработки давлением. При этом экономически целесообразнее использовать в качестве исходного сырья не дорогостоящие металлические порошки, а сортную сыпучую мелкую стружку (опилки) цветных металлов и сплавов, являющуюся по сути отходами производства. Смешивание в определенной пропорции стружки металлов и сплавов разных химических составов позволяет формировать различные композиции, из которых в дальнейшем можно получить прутки и проволоку с особыми свойствами.

Поскольку конкретной цели разработки материала специального назначения с заданными параметрами структуры и уровнем свойств не было, формирование поэлементного состава получаемой в результате смешивания стружковой композиции производилось в какой-то степени произвольно. В таблице приведены рассмотренные в работе варианты составов, причем в качестве добавки к меди использовали стружку различных бронз.

Таблица. Процентное соотношение составляющих медно-бронзовых стружковых композиций, рассмотренных в работе

№	Медь М1, % мас	Бронза, % мас	№	Медь М1, % мас	Бронза, % мас
1	90	БрОЦС 4-4-2,5 10	6	90	БрАЖ 9-4 10
2	80	БрОЦС 4-4-2,5 20	7	80	БрАЖ 9-4 20
3	90	БрКН 1-3 10	8	90	БрХ 0,7 10
4	80	БрКН 1-3 20	9	80	БрХ 0,7 20
5	50	БрКН 1-3 50	10	50	БрХ 0,7 50

Технологический процесс изготовления стружковой проволоки можно разбить на два этапа:

- этап получения промежуточной заготовки для волочения, включающий стадию подготовки стружки к компактированию, брикетирование ее, нагрев получаемых брикетов под экструзию и горячую экструзию на пруток заданного диаметра;

– этап непосредственного получения проволоки, состоящей из многократно повторяющихся операций протягивания заготовки через волокна (фильтры) и ряда сопутствующих и вспомогательных операций.

Трудоемкость выполнения и маршрут процесса волочения зависят от ряда факторов, основными из которых являются: химический состав стружковой композиции, из которой изготовлена проволока; соотношение размеров поперечных сечений проволоки до и после перехода волочения; техническое обеспечение волоками необходимого диаметра; качество применяемых технологических смазок и способ подачи смазки в очаг деформации; скорость волочения и др.

Как свидетельствуют результаты экспериментальных исследований, при волочении проволоки из стружки в основном проявляются те же закономерности, что и при волочении заготовок, полученных по обычной (слитковой) технологии. При этом, рекомендаций по выбору оптимальных единичных и суммарных обжатий для стружковых материалов в литературе нет, поэтому в работе была поставлена задача, прежде всего, оценить силовые и деформационные особенности волочения проволоки из исследуемых материалов, и на основе полученных экспериментальных и расчетных данных выбрать оптимальный маршрут волочения. Ориентироваться в этом случае приходится в первую очередь на соотношение величин напряжения волочения K_B и временного сопротивления разрыву проволоки σ_B .

Для выявления особенностей изменения прочностных свойств материала при волочении на первом этапе деформирование проволоки производилось с различными единичными обжатиями, взятыми в пределах 20-30%. Характер изменения σ_B от степени суммарной деформации оставался одинаковым для всех исследуемых материалов и не зависел от дробности деформации. Для построения кривой упрочнения в каждом конкретном случае брался ряд экспериментальных точек, отобранных по результатам испытаний на разрыв проволоки разных диаметров.

Далее с использованием стандартной программы Excel производилась аппроксимация экспериментальных данных и построение расчетной кривой упрочнения, описываемой степенной функцией вида:

$$\sigma_B = \sigma_{B0} + a\varepsilon^2 + b\varepsilon,$$

где a и b – коэффициенты, найденные из условия лучшей аппроксимации экспериментальных данных.

Значения σ_B , определяемые с использованием полученных для каждого состава материала формул, можно считать достоверными величинами прочностных свойств материала при расчете напряжения волочения и коэффициента запаса в каждом проходе.

Усилие определяли по упрощенной формуле А.П. Гавриленко:

$$P_B = \frac{\sigma_{B0} + \sigma_{B1}}{2} (S_f - S_E)(1 + f \cdot \operatorname{ctg} \alpha),$$

где σ_{B0} и σ_{B1} – временное сопротивление разрыву проволоки, соответственно, до и после перехода волочения;

S_H и S_K – площадь поперечного сечения проволоки, соответственно, до и после перехода волочения;

f – коэффициент трения;

α – половина угла рабочего конуса волокна.

Напряжение волочения рассчитывали по формуле: $K_B = \frac{P_B}{S_E}$.

Коэффициент запаса при волочении оценивали по формуле: $\eta = \frac{\sigma_{B1}}{K_B}$.

Из всех рассмотренных типов материала наибольший интерес вызывают стружковые композиции, составленные из смеси стружки меди со стружкой алюминийжелезной (БрАЖ) и кремнистоникелевой (БрКН) бронз. Уравнения, полученные путем обработки экспериментальных данных по временному сопротивлению разрыву (σ_B , МПа) прутков и проволоки разных диаметров для данных материалов, приведены в таблице 1.

Табл. 1. Уравнения аппроксимации кривых упрочнения для некоторых рассмотренных в работе составов композиций

Материал	Уравнение аппроксимации
100 % Cu	$\sigma_B = 270,02 + 3,3706 \cdot \varepsilon - 0,0109 \cdot \varepsilon^2$
90 % Cu + 10 % БрАЖ	$\sigma_B = 286,73 + 3,5828 \cdot \varepsilon - 0,0104 \cdot \varepsilon^2$
80 % Cu + 20 % БрАЖ	$\sigma_B = 327,8 + 4,644 \cdot \varepsilon - 0,0283 \cdot \varepsilon^2$
90 % Cu + 10 % БрКН	$\sigma_B = 266,84 + 3,6765 \cdot \varepsilon - 0,0153 \cdot \varepsilon^2$
80 % Cu + 20 % БрКН	$\sigma_B = 276,55 + 3,0443 \cdot \varepsilon - 0,0064 \cdot \varepsilon^2$
50 % Cu + 50 % БрКН	$\sigma_B = 295,5 + 3,1184 \cdot \varepsilon - 0,0069 \cdot \varepsilon^2$

Рассчитанные с использованием данных уравнений значения напряжения волочения K_B и коэффициента запаса η для двух начальных переходов приведены в таблице 2. Величину коэффициента трения f приняли равной 0,07, угла волокна $\alpha = 8^0$.

Табл. 2. Сравнительная оценка параметров процесса волочения проволоки из разных стружковых композиций

Материал	Волочение с \varnothing 8 мм до \varnothing 6,6 мм ($\varepsilon = 32\%$)		Волочение с \varnothing 6,6 мм до \varnothing 5,5 мм ($\varepsilon = 31\%$)	
	K_B , МПа	η	K_B , МПа	η
100 % Cu	224	1,64	259	1,62
90 % Cu + 10 % БрАЖ	238	1,64	276	1,62
80 % Cu + 20 % БрАЖ	272	1,64	310	1,59
90 % Cu + 10 % БрКН	223	1,65	260	1,61
80 % Cu + 20 % БрКН	226	1,62	259	1,62
50 % Cu + 50 % БрКН	240	1,62	273	1,61

Приведенные в таблице 2 цифры свидетельствуют, что при волочении проволоки из стружковых композиций меди с бронзой сила, а, следовательно, и напряжение волочения имеют повышенные значения. Причем рост K_B , по сравнению с волочением проволоки из стружки чистой меди, в отдельных случаях может достигать 20 %. Стабильность протекания процесса волочения, характеризуемого в целом значениями коэффициента запаса порядка 1,5...2,0, при увеличении содержания в смеси стружки бронзы несколько снижается. Следовательно, можно предположить, что при некоторой комбинации составляющих композицию компонентов процесс волочения практически осуществить не удастся.

В заключении следует отметить, что при изучении особенностей поведения материала проволоки, получаемой из стружковых композиций, волочение осуществлялось в условиях, далеких от оптимальных. В случае использования волок с оптимальной геометрией, хорошим качеством отделки поверхности деформационной зоны, применения эффективной смазки и оптимального скоростного режима волочения величину единичных обжатий можно, по-видимому, несколько повысить и довести до значений, применяемых при волочении проволоки из подобного рода литых сплавов.