

УДК 621.002.3

## **ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МАТЕРИАЛА НА СВОЙСТВА ПРОВОЛОКИ ИЗ СТРУЖКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ МЕДИ**

**Иванов Е.В., Захарченко В.А., Никитин В.Б.**  
**Научный руководитель – доцент Загиров Н.Н.**  
*Сибирский федеральный университет*

Важное место при решении задачи создания новых высококачественных материалов, обладающих сочетанием свойств, не обеспечиваемых традиционными методами, занимают псевдо-сплавы, получаемые механическим легированием и дополнительно упрочненные дисперсными частицами окислов.

Под механическим легированием в данном случае следует понимать механическое смешивание отдельных сыпучих компонентов в заданной пропорции и последующую термомеханическую обработку сформированной однородной композиции до получения материала, по совокупности свойств относящегося либо к системам с ограниченной растворимостью компонентов, либо к смесям нерастворимых компонентов.

Эффективным же методом введения окислов в металлическую матрицу является внутреннее окисление, представляющее собой избирательное окисление менее благородных составляющих сплава при его насыщении кислородом. Преимуществом такого комбинированного метода упрочнения является возможность сочетания его с различными технологическими вариантами получения изделий. Кроме того, установлено, что в ряде случаев выгоднее подвергать внутреннему окислению не порошки или гранулы, а сыпучую мелкую стружку сплавов, и далее получать изделия или полуфабрикаты различного размера и конфигурации с использованием обычных приемов порошковой металлургии. При этом уже на стадии горячего брикетирования образуется достаточно однородная по размерам и равномерно распределенная по объему упрочняющая фаза, а последующая высокотемпературная экструзия должна привести к еще большей дробности и однородности распределения окислов, получению малого размера зерна и созданию оптимальной дислокационной структуры, характеризующейся высоким уровнем накопленной энергии.

В настоящее время наиболее перспективными с точки зрения практического использования являются внутренне окисленные сплавы меди. Как известно, среди неблагородных металлов медь имеет самую высокую тепло- и электропроводность, хорошую технологичность, коррозионную стойкость и другие свойства, которые требуются при создании специальных композиционных материалов определенного функционального назначения.

В работе комбинирование легирования и внутреннего окисления проводили на сортной сыпучей мелкой стружке меди и ее сплавов, получаемых резкой пресованных прутков из соответствующих материалов на ленточной пиле. Малое сечение окисляемого объекта - частиц стружки и его геометрия – в виде «чешуек» позволяют получить наибольшую дисперсность и однородность в распределении частиц. Как базовый вариант, с которым проводилось сопоставление полученных в ходе проведения экспериментальных исследований результатов рассматривался материал проволоки, изготовленной по той же схеме из чистой стружки меди.

Поскольку конкретной цели разработки материала специального назначения с заданными параметрами структуры и уровнем свойств не было, формирование элементного состава получаемой в результате смешивания стружковой композиции производилось в какой-то степени произвольно. В таблице 1 приведены рассмотренные в

работе варианты составов, причем в качестве добавки к меди использовали стружку различных бронз.

Табл. 1. 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

Технологическая схема изготовления проволоки с использованием всех видов стружковых композиций была идентичной. Наименование и параметры осуществления основных ее операций приведены на рисунке 1.

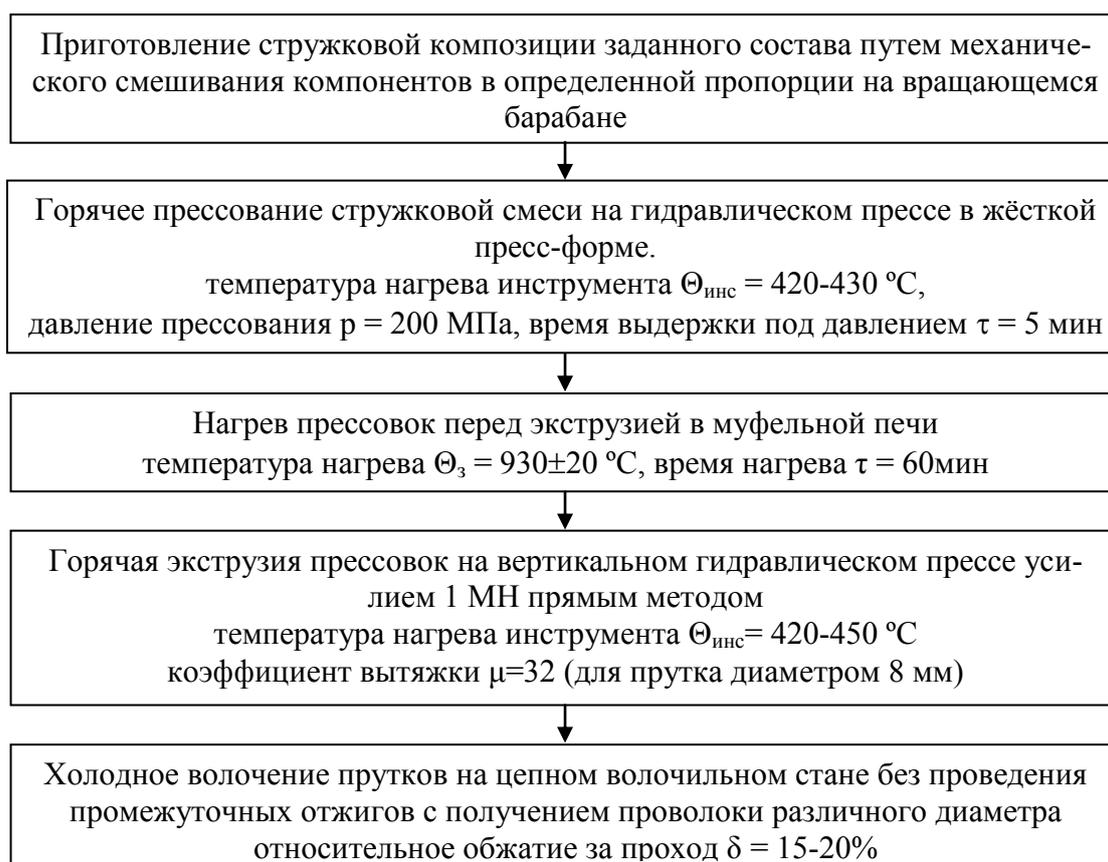
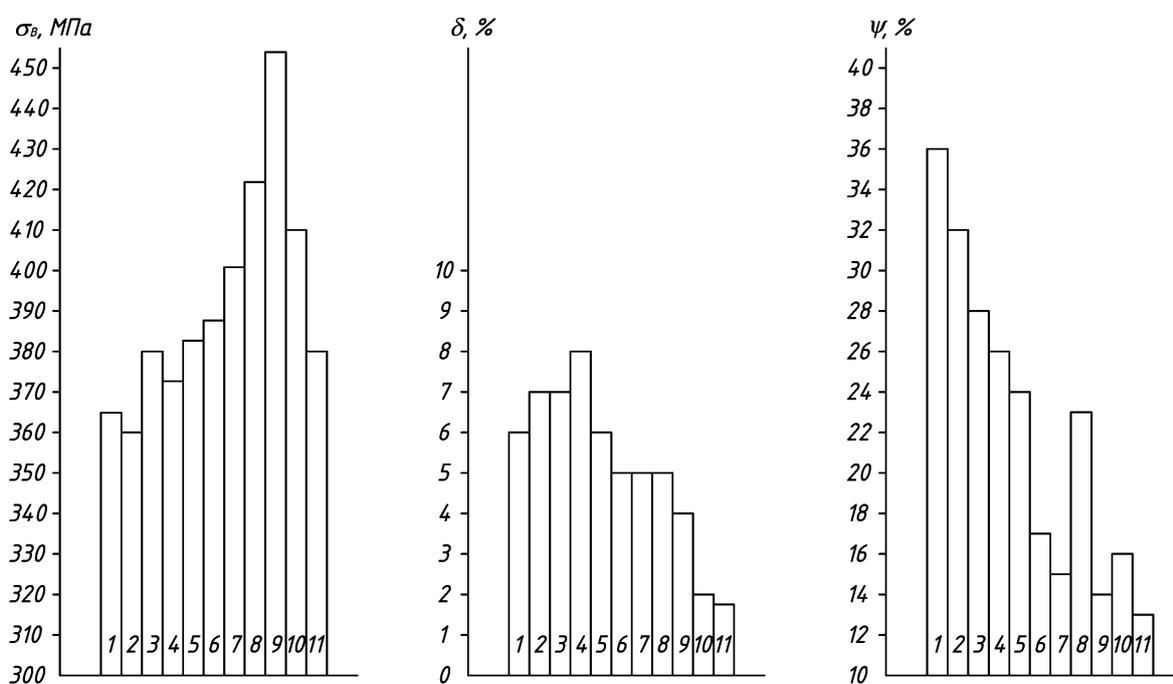


Рис. 1. Принципиальная схема получения проволоки из разных стружковых композиций на основе меди

Для определения механических характеристик проволоки после проведения горячей экструзии и холодного волочения на определённых диаметрах производился отбор образцов, которые в дальнейшем подвергались растяжению до разрыва на универсальной испытательной машине. Путем обработки полученных данных рассчитывали

механические характеристики материала проволоки после холодного деформирования с определенной степенью деформации. На рисунке 2 представлена одна из сравнительных по исследуемым материалам диаграмм, на которой показано изменение временного сопротивления разрыву  $\sigma_B$ , относительного удлинения  $\delta$  и относительного сужения  $\psi$  проволоки диаметром 6,1 мм (относительное обжатие при волочении составило 42%) в зависимости от химического состава материала проволоки. Из анализа приведенных данных следует, что введение в медную основу стружки практически любой бронзы способствует некоторому увеличению прочностных характеристик проволоки. Наибольший упрочняющий эффект дает введение стружки алюминийжелезной бронзы, при 20%-ом содержании которой в смеси повышение  $\sigma_B$  составляет 20%. Относительное удлинение, за исключением проволоки, полученной из смеси стружки меди и оловянной бронзы, остается приблизительно на одном, сравнительно низком уровне 5...7%. Относительное же сужение снижается довольно существенно, причем чем больше в смеси содержится стружки бронзы, тем гораздо ниже значение данной характеристики. Соотношение между уровнями прочностных и пластических характеристик можно скорректировать, если в маршруте волочения предусмотреть проведение операций термической обработки.



1 – чистая медь; 2 – 90% Cu+10% БрХ; 3 – 80% Cu+20% БрХ; 4 – 50% Cu+50% БрХ;  
 5 – 90% Cu+10% БрКН; 6 – 80% Cu+20% БрКН; 7 – 50% Cu+50% БрКН;  
 8 – 90% Cu+10% БрАЖ; 9 – 80% Cu+20% БрАЖ; 10 – 90% Cu+10% БрОЦС;  
 11 – 80% Cu+20% БрОЦС

Рис. 2. Сравнительная диаграмма изменения прочностных ( $\sigma_B$ ) и пластических ( $\delta$ ,  $\psi$ ) свойств проволоки в зависимости от химического состава материала, из которого она изготовлена.