

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 621.778.1-419.4

Вдовин К.Н., Кольга М.А.

ОМЕДНЕНИЕ ПРОВОЛОКИ

В настоящее время существует большое количество способов получения биметаллов. Нами выбран металлургический способ – протяжка стального сердечника через расплав меди. Линия по производству биметаллической проволоки защищена патентом на полезную модель.

Биметаллическая проволока представляет собой сердечник из высококачественной низкоуглеродистой стали в оболочке из меди марки М1. Такую проволоку можно применять как проводниковую (для пролетов электропередач длиной до 2 км), в приборо- и машиностроении, в электро- и радиопромышленности, при производстве тросов, сеток и предметов широкого потребления. Поэтому организация производства новых видов и сортов биметаллической проволоки, а также усовершенствование технологии ее производства являются актуальной задачей.

Соединение твердого металла с жидким отличается тем, что после нагрева один из металлов остается в твердом состоянии, а второй – расплавлен и создает плотный контакт с первым. В контактной зоне происходят диффузионные процессы и кристаллизация, обуславливающие образование прочных металлических связей.

Из опыта получения различного рода покрытий металлов известно, что для получения качественного покрытия рекомендуется обеспечивать выполнение следующих условий:

- тщательная очистка покрываемой поверхности;
- необходимое качество медного расплава;
- обеспечение необходимой температуры расплава;
- оптимальная скорость протяжки.

Скорость протяжки определяет продолжительность взаимодействия стального сердечника с расплавленной медью и выбирается в зависимости от требуемой толщины покрытия. Определение оптимальной скорости протяжки осуществляется опытным или расчетным путем. Чтобы рассчитать толщину образующегося покрытия, можно провести математическое моделирование процесса омеднения.

За время своего пребывания в расплаве стальной сердечник должен поглотить тепло перегрева и тепло затвердевания и кристаллизации определенной части жидкой меди, не изменяя своего агрегатного состояния и механических свойств, которые для омедненной проволоки очень жесткие ($\sigma_s=750$ МПа).

Полный новый технологический процесс омеднения стальной проволоки представляет собой следующее:

- очистка стального сердечника (проволоки);
- нагрев и расплавление меди;

- заправка проволоки в приемное и тянущее устройства;
- протяжка и намораживание меди на сердечник.

Обеспечить качественную очистку поверхности стального сердечника удалось в специальном блоке механической очистки за счет вращения щеток во круг проволоки. Этот блок защищен патентом на полезную модель.

При проведении экспериментов по омеднению проволоки протяжку стального сердечника через расплав меди осуществляли вручную при различных температурах и скоростях. Для экспериментов использовали проволоку длиной 3,5 м. Требуемая толщина покрытия составляла 0,2–0,3 мм.

Первоначально скорость протяжки была установлена согласно расчетам равной 1 м/с, а начальную температуру сердечника изменяли от 20 до 200°C. Температура меди варьировалась в диапазоне 1100–1300°C.

При температуре расплава 1100°C медь хорошо прилипала к стальному сердечнику, при температуре 1200°C процесс налипания происходил хуже, а при температуре 1300°C необходимая толщина медного покрытия не достигалась вообще.

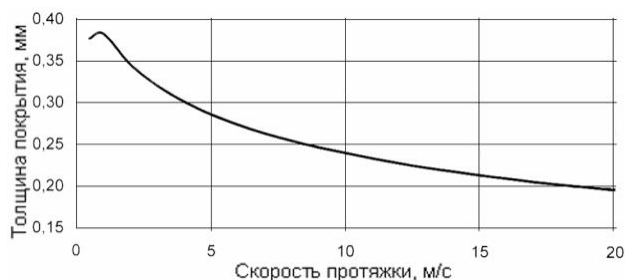


Рис. 1. Изменение толщины покрытия от скорости протяжки при температуре меди 1200°C

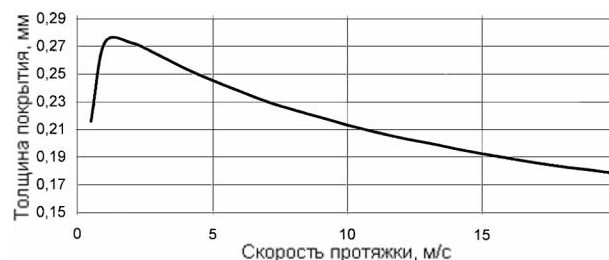
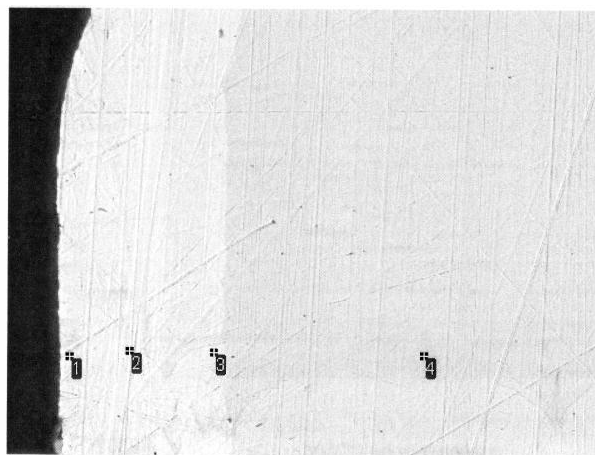


Рис. 2. Изменение толщины покрытия от скорости протяжки при температуре меди 1300°C



Электронное изображение 1

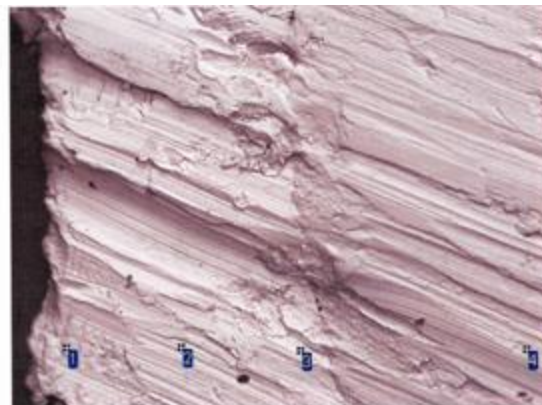
× 500

Параметры обработки: Выполнен анализ всех элементов (Нормализован)

Спектр	В стат.	Si	Mn	Fe	Cu	Итог
1	Да			1.97	98.03	100.00
2	Да			1.06	98.94	100.00
3	Да			2.63	97.37	100.00
4	Да	0.04	0.75	99.21		100.00
Макс.		0.04	0.75	99.21	98.94	
Мин.		0.00	0.00	1.06	0.00	

Все результаты в весовых %

Рис. 3. Вид образца № 3 б под микроскопом и результаты определения химического состава стыка стали и меди



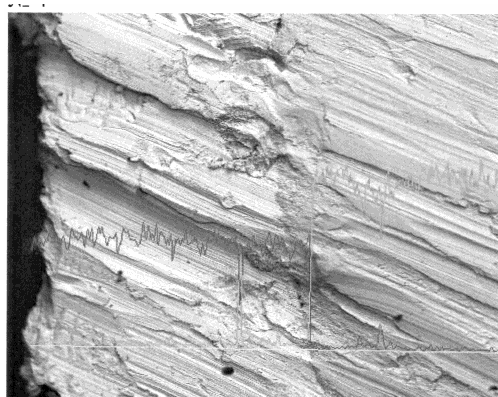
Электронное изображение 1

× 100

Параметры обработки: Выполнен анализ всех элементов (Нормализован)

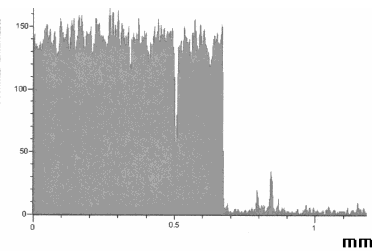
Спектр	В стат.	Si	Mn	Fe	Cu	Итог
1	Да				100.00	100.00
2	Да				100.00	100.00
3	Да			0.76	99.24	100.00
4	Да	0.35	0.50	99.15		100.00
Макс.		0.35	0.50	99.15	100.00	
Мин.		0.00	0.00	0.00	0.00	

Рис. 4. Вид образца № 4 под микроскопом и результаты определения химического состава стыка стали и меди

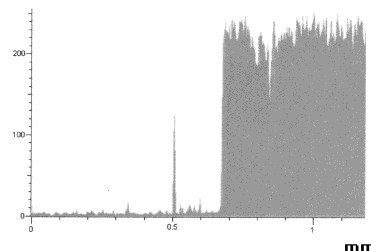


Электронное изображение 1

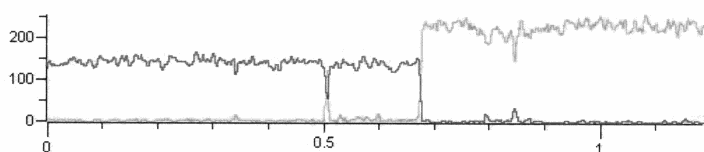
× 100



Copper Ka1



Iron Ka1



ironKa1, copper Ka1

Рис. 5. Спектры медного покрытия и стального сердечника

Влияние скорости протяжки на толщину покрытия отражено на **рис. 1, 2** (для скоростей 5–20 м/с приведены расчетные данные).

По **рис. 2** видно, что при выборе соответствующей скорости протяжки можно получить покрытие необходимой толщины и при температуре расплава 1300°С.

Таким образом, в ходе экспериментов было установлено, что наибольшее влияние на толщину покрытия оказывает не температура расплава меди, а скорость протяжки.

Качество покрытия определяли по ГОСТ 3822-79 «Проволока биметаллическая сталемедная». Качество представленных образцов вполне соответствовало предъявляемым требованиям.

Надежность сцепления меди и стального сердечника проверили с помощью микрорентгеноспектрального анализа образцов, полученных в ходе экспериментов.

На **рис. 3** представлен микрошлиф образца № 3 б.

На **рис. 4** представлен вид образца № 4.

Из этих рисунков видно, что медь хорошо прилипает к железной основе (стальному сердечнику), химический состав слоя 3 показывает переходную зону.

Также для всех образцов были получены спектры меди и железа, которые точно отмечают границы покрытия. Например, на **рис. 5** показана граница перехода от меди к железу при увеличении $\times 100$ (образец № 4). Четкие границы между медным и железным слоем видны также на спектре сканирования, приведенном в нижней части рисунка.

Таким образом, тщательное исследование отобранных образцов позволяет утверждать, что предложенная технология омеднения стальной проволоки вполне работоспособна и может быть реализована в промышленных масштабах.

УДК 621.746.628.01

Чернов В.П., Насонов П.Н.

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ НА КРИСТАЛЛИЗАЦИЮ ОКСИДНЫХ СПЛАВОВ

При затвердевании отливок из оксидных сплавов существенным моментом является то, что при быстром охлаждении развитие кристаллизации не происходит и образуется стекловидная фаза [1]. Поэтому нами были произведены исследования по уменьшению скорости охлаждения отливки в песчано-глинистой форме за счет установления теплоизолятора – асбест.

В форме установили асбест толщиной 20 мм на расстоянии 20 мм от отливки. Температуру фиксировали с помощью термопар Pt–Pt + 10%Rh, установленных в центре отливки и на границе форма-отливка. В процессе затвердевания показания с термопар фиксировались внешним устройством аналогово-цифрового преобразования ЛА-50USB.

После обработки данных получили зависимости скорости охлаждения оксидных расплавов от времени, представленные на **рис. 1–4**.

Проанализировав рисунки, можно сделать вывод, что введение теплоизолятора в форму способствовало снижению скорости охлаждения (см. **таблицу**). При сопоставлении полученных скоростей охлаждения сплавов с ранее рассчитанными критическими скоростями [2] получается, что кислотостойкий и щелочестойкий сплавы имеют меньшие скорости, чем критические, что способствовало их высокой степени закристаллизованности, а у термостойкого и износостойкого скорость в 2–4 раза больше, поэтому в них выделилось 30–35% стекла. При сопоставлении со скоростями охлаждения в простой ПГФ скорость охлаждения у всех сплавов уменьшилась в 2–3 раза.

Проведенный фазовый анализ на дроне УМ1 показал, что в отливках, закристаллизованных в форме с асбестом, в наибольшем количестве выделились такие

фазы, как волластонит, мелилит и пироксены. Это связано, в первую очередь, с достаточно низкими скоростями охлаждения и химическим составом, которые создали условия для их выделения.

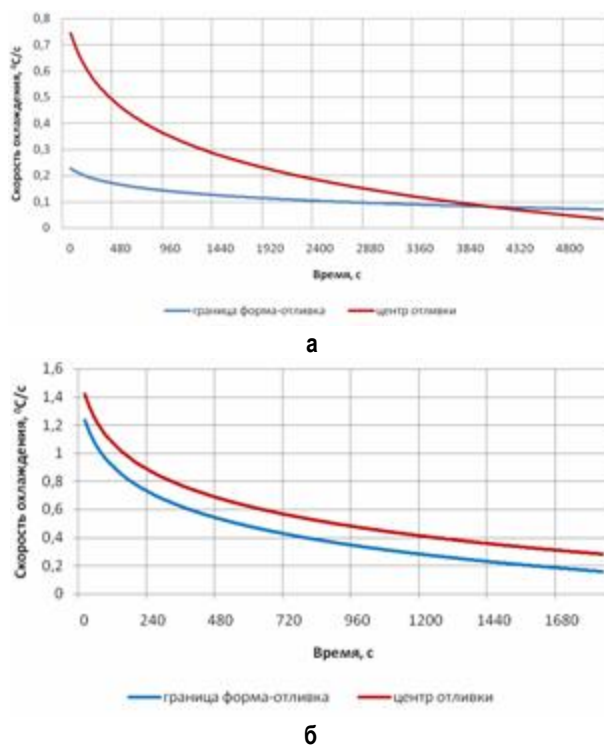


Рис. 1. Скорости охлаждения кислотостойкого состава:
а – форма с теплоизолятором – асбест;
б – песчано-глинистая форма