

## ПОЛУЧЕНИЕ ТРЕХСЛОЙНЫХ СЛИТКОВ ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫМ ПЕРЕПЛАВОМ

*И. В. Чуманов, М.А. Порсев*

Слоистые металлические композиции с основным слоем из конструкционной стали и плакирующим (плакирующими) из коррозионностойкой стали находят применение в тех случаях, когда наряду с высокими механическими свойствами требуется высокая коррозионная стойкость металла. Для многих видов оборудования АЭС, нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов биметалл является единственным материалом, обладающим необходимым комплексом механических свойств и коррозионной стойкости [1].

Особое место среди применяемых методов получения слоистых материалов занимают электрошлаковая наплавка и электрошлаковый переплав. Главным преимуществом этих способов является обеспечение наиболее высокой, по сравнению с другими способами получения биметаллов (прокатка, сварка взрывом и т.д.), прочности соединения плакирующего и основного слоев. Данное обстоятельство позволяет получать биметаллический прокат любой толщины, причем качество соединения слоев в этом случае не зависит от степени обжата исходной заготовки. С полученным таким образом материалом можно осуществлять любые технологические операции - гибку, штамповку и т.д. Биметалл, полученный с использованием ЭШП характеризуется более высокой коррозионной стойкостью плакирующего слоя по сравнению с коррозионной стойкостью стали открытой выплавки, что обусловлено рафинированием стали в процессе переплава и особенностями ее кристаллизации [1].

Полученные с использованием ЭШП биметаллические листы могут быть эффективно использованы для изготовления корпусов реакторов риформинга нефтепродуктов, реакторов гидроочистки дизельных топлив, циркуляционных трубопроводов АЭС.

Технология получения многослойных (композитных) слитков путем электрошлакового переплава в кристаллизаторе составного (комбинированного) по высоте электрода из разнородных материалов известна с 70-х годов XX века [2]. Однако до сих пор она не находила промышленного применения из-за того, что многослойные слитки, полученные таким способом, характеризуются наличием между смежными слоями протяженной переходной зоны, состав которой представляет сплав металлов, образующих эти слои, и отличающейся по своим свойствам от сплавляемых металлов. Как показано в работе [3], протяженность переходной зоны прямо пропорциональна

объему металлической ванны и в большинстве случаев примерно равна диаметру круглого слитка. Большая протяженность переходной зоны часто приводит к образованию в этой зоне неблагоприятных структур, по свойствам резко отличающихся от свойств переплавляемых металлов, образующих составные части электрода.

Как уже было указано, протяженность переходной зоны прямо пропорциональна объему жидкометаллической ванны. Очевидно, что для снижения протяженности переходной зоны необходимо уменьшить объем металлической ванны, что можно достичь использованием технологии электрошлакового переплава с вращением расходуемого электрода [4]. Вращение расходуемого электрода с определенной скоростью в процессе электрошлакового переплава приводит к формированию жидкометаллической ванны, глубина и, соответственно, объем которой на 40...50 % меньше, чем в случае переплава по классической схеме (без вращения электрода) [4], а, следовательно, и к уменьшению протяженности переходной зоны. Изучение возможности выплавки трехслойных слитков по предлагаемому способу проводилось на электрошлаковой установке А-550, оснащенной механизмом вращения электрода.

Был проведен ряд плавов, в которых расходуемый электрод Ø40 мм длиной 500 мм составляли из следующих частей: нижняя часть - сталь 30X13, длина нижней части 180 мм; средняя часть - сталь 40X, длина средней части 140 мм; верхняя часть - сталь 30X13, длина верхней части 180 мм.

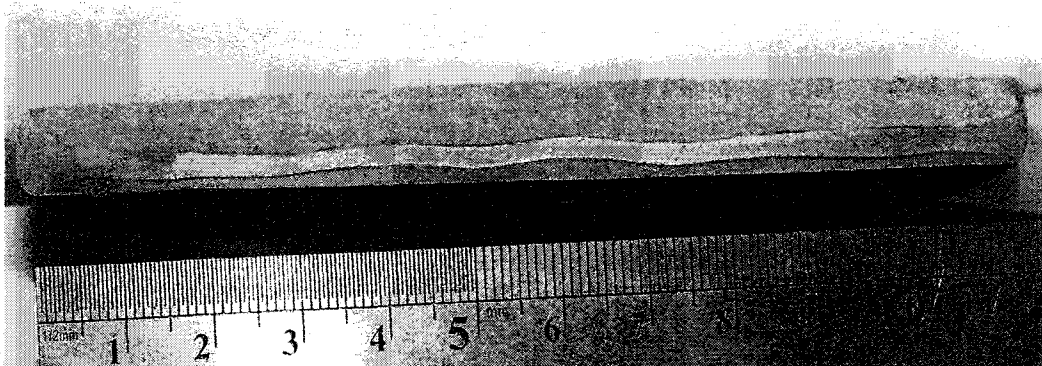
Переплав вели в водоохлаждаемый кристаллизатор Ø90 мм, использовали флюс АНФ-6 в количестве 1,6 кг. Электрические параметры плавки:  $I=1,1$  кА,  $U=45$  В.

Скорость вращения электрода, равную 100 об/мин, определили по аналитическим выражениям, приведенным в работах [5, 6]. Электрод вращали на протяжении всей плавки. Плавку проводили твердым стартом, без вывода усадочной раковины.

Из центральной части полученных слитков были вырезаны образцы для анализа макроструктуры и изменения твердости в пределах переходной зоны, один слиток был осажен на кузнечном молоте.

Из осаженного слитка был вырезан образец для анализа макроструктуры (см. рисунок).

На фотографии видно, что полученная заготовка имеет ярко выраженную трехслойную структуру. Некоторая неровность (волнистость) внутреннего слоя объясняется неравномерной де-



Образец для анализа макроструктуры

формацией по длине слитка во время его осаживания на молоте. Прокатка полученного слитка исключает подобное явление и позволит получить постоянную толщину лакирующих слоев по всей длине заготовки. В данном случае прокатка была невозможна из-за недостаточных размеров полученного слитка.

Протяженность переходной зоны в полученных слитках составила 10... 12 мм (в случае переплава аналогичного электрода по классической схеме величина переходной зоны в полученном слитке составила бы как минимум 40 мм [3]). Твердость в пределах переходной зоны изменялась плавно от одного металла к другому, при этом участков, твердость которых превышала бы твердость сплавляемых материалов, обнаружено не было.

Таким образом, по результатам исследования можно сделать вывод, что существенное снижение протяженности переходной зоны в многослойном слитке, полученном электрошлаковым переплавом составного по высоте из разнородных материалов электрода, может быть обеспечено вращением электрода с определенной скоростью в течение всего процесса плавки.

### Литература

1. Никитина, Л.А. Состояние и перспективы развития производства многослойной и биметаллической продукции / Л.А. Никитина // *Металлург.* - 1998. - №8.
2. А.с. СССР, кл. С 21 с5/56, №340297 / Б.Е. Патон, Б.И. Медовар, Л.В. Чекотило и др. // *Специальная электрометаллургия.* - 1976. - №31.
3. Определение величины переходной зоны в электрошлаковом слитке из разнородных металлов / Б.И. Медовар, Л.В. Чекотило, В.Л. Артамонов и др. // *Специальная электрометаллургия.* - 1970. - №10.
4. Чуманов, И.В. Технология электрошлакового переплава с вращением расходуемого электрода / И.В. Чуманов, В.И. Чуманов // *Металлург.* - 2001. - №3.
5. Чуманов, В.И. Математическая модель переплава вращающегося электрода / В.И. Чуманов, Б.П. Белозеров, И.В. Чуманов // *Известия вузов. Черная металлургия.* - 1991. - № 12.
6. Чуманов, В.И. Кинетическая модель переплава вращающегося электрода / В.И. Чуманов, Б.П. Белозеров, И. В. Чуманов // *Известия вузов. Черная металлургия.* - 1994. - № 8.