

## **ВЛИЯНИЕ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИОННОГО ОТЖИГА НА СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАКИРУЮЩЕГО СЛОЯ БИМЕТАЛЛА**

*Н.Т. Карева, А.П. Пелленен, А.А. Хабибуллин*

Целью работы явилось исследование влияния отжига в протяжной печи на строение и свойства тонкой биметаллической ленты латунь Л90–алюминий АМг2–латунь Л90 после плакирования (сварки) холодной прокаткой. Отжиг при температуре печи в зоне выдержки 550 °С продолжительностью выдержки в течение более 180 секунд и последующим охлаждением на воздухе сопровождается образованием вздутий на поверхности пакета. Это объясняется увеличением уровня термических напряжений в присутствии образовавшихся во время выдержки хрупких интерметаллидов в диффузионной зоне. Снижение температуры отжига до 500 °С позволяет уменьшить толщины диффузионного слоя, а также снизить уровень термических напряжений.

Ключевые слова: плакирование, биметаллическая лента, термообработка, отжиг, дефекты, диффузионная зона, интерметаллиды, термические напряжения.

Одним из способов изменения свойств поверхности изделия является в настоящее время плакирование путем нанесения на его поверхность другого металлического материала с требуемыми свойствами, например, с по-

вышенной коррозионной стойкостью. Соединение плакирующего слоя с основным материалом осуществляется разными путями: горячей и холодной прокаткой, сваркой взрывом и т.д.

Для обеспечения необходимого сцепления между слоями при использовании холодной прокатки необходима дополнительная термическая обработка, способствующая, во-первых, формированию переходной диффузионной зоны с образованием интерметаллидов разного состава и разной толщины. Кроме того, эта обработка должна обеспечить удаление холодного наклепа с тем, чтобы полученный пакет можно было довести до нужной толщины последующей дополнительной холодной прокаткой.

В настоящей работе приводятся результаты исследования влияния режима рекристаллизационного отжига биметаллического материала латунь Л90-магналий АМг2-Л90. Такой биметалл может использоваться, например, в теплообменниках (радиаторах) взамен дорогой чистой латуни.

Данные [1] свидетельствуют, что пакет, полученный из названных материалов с помощью холодной прокатки, полностью рекристаллизуется при температуре 380 °С за время не менее 1 часа. При этом механические характеристики (твердость, предел прочности, относительное удлинение) соответствуют требованиям. Однако в производственных условиях для повышения производительности процесса необходимо сократить длительность термообработки, используя проходные печи, где можно одновременно повысить температуру и сократить время пребывания ленты в зоне высоких температур [2].

Предварительные опыты показали, что нагрев до 550 °С для такого биметалла допустим: центральный слой из более легкоплавкого материала АМг2 еще не испытывает пережога (местного оплавления, развитие которого оценивалось микроструктурно).

Однако рекристаллизационный отжиг при температуре 550 °С продолжительностью выдержки в течение более 180 секунд и последующим охлаждением на воздухе, как оказалось, сопровождается образованием на поверхности пакета дефектов – вздутий (рис. 1). Плакирующий латунный слой при этом легко отделяется вручную от пакета.

Пузыри после отделения имеют более светлую окраску (рис. 2). Данные электронно микроскопического исследования (сканирующий микроскоп фирмы JEOL JSM – 6460 LV) свидетельствуют о хрупком разрушении по диффузионному слою в месте образования пузыря, прилегающего к Л90, который частично отделяется вместе с ней (рис. 3а, б). На фото (рис. 3б) отчетливо видны трещины в интерметаллидном слое. Основная часть этого слоя остается на поверхности магналия (рис. 3в, г). Общая толщина переходного слоя достигает 70–76 мкм.

Понижение температуры отжига на 50° до 500 °С позволяет устранить пузыри на поверхности биметалла. При этом уменьшается толщина переходного диффузионного слоя до 15–38 мкм (рис. 4).



Рис. 1. Пузыри на поверхности биметалла



Рис. 2. Строение поверхности биметалла после отделения  
плакирующей латуни (левая часть фото – латунь Л90, правая – Амг2).  
Отжиг при температуре в зоне выдержки 550 °С, время выдержки 360 секунд

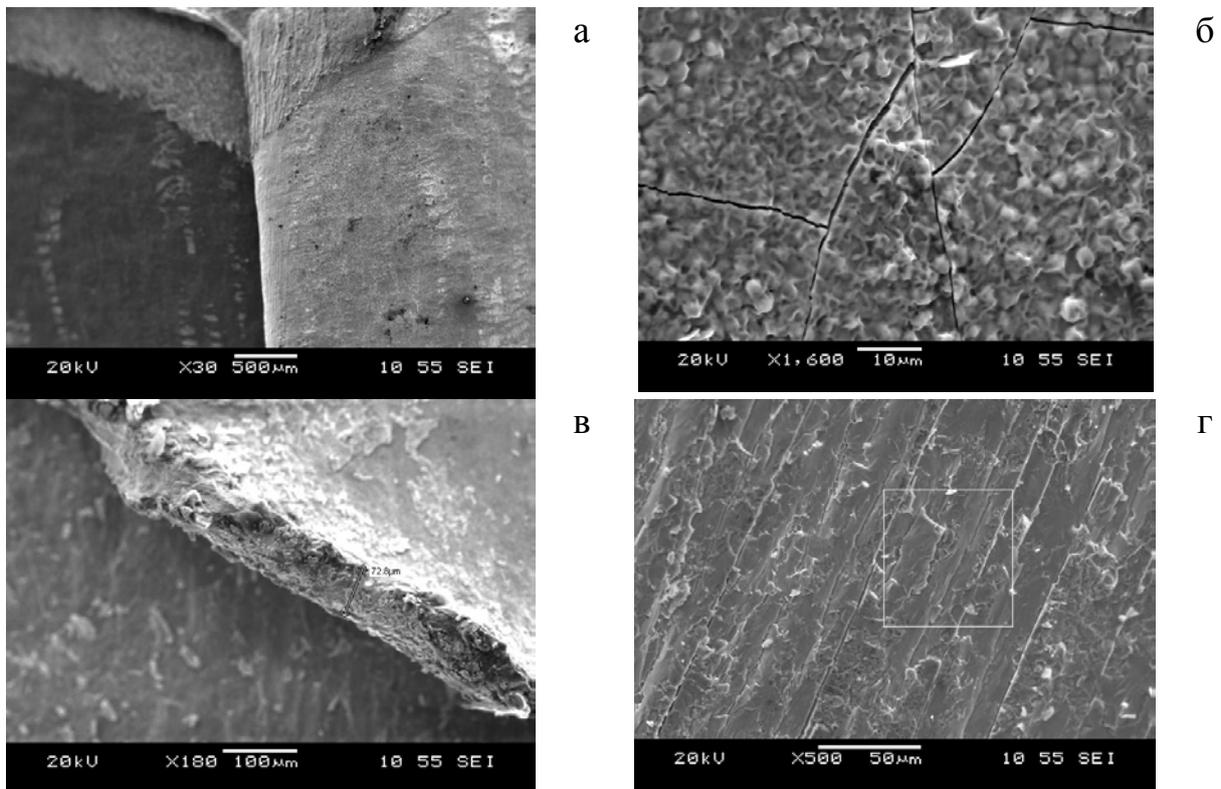


Рис. 3. Строение внутренней поверхности латунной пластины: а – место отделения  
плакирующей латуни (светлое поле справа) от темного магналия; б – общий вид  
внутренней поверхности латуни; в – темный магналий; г– поверхность  
хрупкого разрушения в области пузыря, сохранившаяся на магналии

Химические составы (по результатам микрорентгеноспектрального анализа) участков поверхности разрушения после отжига при 550 °С (спектры 4, 5, 6, таблица) и диффузионного подслоя около пластины из Л90 (спектр 3, таблица) после такого отжига заметно отличаются в сторону более высокого содержания алюминия по сравнению с высоко температурным процессом при 550 °С.

Таблица

Химический состав биметалла в разных точках после отжигов.  
Температура в зоне выдержки 500 °С, время выдержки 360 секунд  
(спектры 1, 2, 3) и 550 °С – 360 секунд (спектры 4, 5, 6)

Спектр	Mg	Al	Mn	Cu	Zn
	% вес.				
1				89,35	10,65
2				89,45	10,55
3		20,59		74,75	4,66
4	–	28,1		67,97	3,93
5	5,06	30,04		65,12	4,03
6	5,06	39,32		54,38	1,24

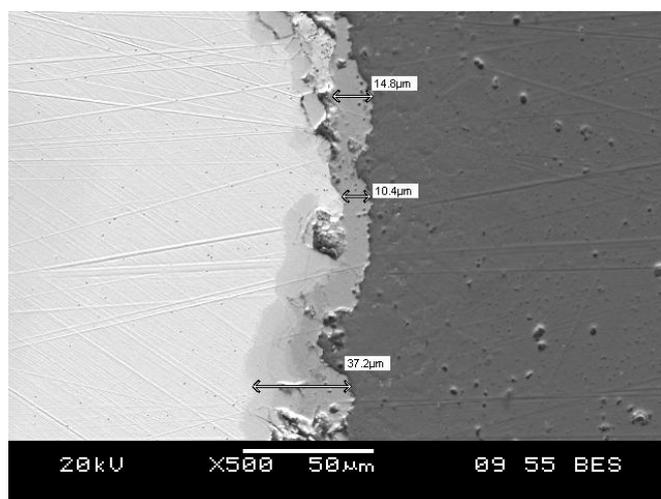


Рис. 4. Глубина и строение переходного диффузионного слоя в биметалле после отжига. Отжиг при температуре в зоне выдержки 500 °С, время выдержки 360 секунд

На процессы схватывания металлических поверхностей в ходе изготовления биметалла оказывает влияние множество факторов: от природы материала и деформации (вида, ее степени, скорости) до режима процесса отжига (скорость и температура нагрева, продолжительность выдержки, скорость охлаждения) [3].

В данной работе можно считать переменными факторы, связанные с термической обработкой; все остальное в проведенном эксперименте не претерпевало изменений.

Повышение температуры рекристаллизационного отжига до 550 °С сопровождается наибольшим увеличением уровня термических напряжений, возникающих в связи с неодинаковой скоростью нагрева и особенно последующего охлаждения поверхностных и внутреннего слоев биметалла, а также благодаря разнице в коэффициентах термического расширения составляющих биметалла. Причем, охлаждение инициирует в поверхностных слоях напряжения сжатия, тем более, в присутствии образовавшихся во время выдержки хрупких интерметаллидов в диффузионной зоне на стыке магния и латуни. В результате латунь отслаивается, образуя дефект в виде вздутия на поверхности биметалла.

Как следует из данных эксперимента, избежать возникновения пузырей на поверхности плакированного пакета в протяжной печи можно, используя отжиг при температурах в зоне выдержки не выше 500 °С и продолжительностью от 80 до 360 секунд. Это достигается уменьшением почти вдвое толщины диффузионного слоя, изменением его химического состава, а также снижением уровня термических напряжений в плакирующем слое.

Заметим, вздутия образуются на поверхности горячее плакированного дюралю, при горячем цинковании сталей, когда тоже образуется диффузионный слой. Правда, в последнем случае появление вздутий на цинковом покрытии авторы [4] объясняют выделением водорода после химической подготовки поверхности изделий перед цинкованием.

#### Библиографический список

1. Исследование влияния отжига на строение и свойства биметаллических лент латунь-алюминий-латунь / Н.Т. Карева, А.П. Пелленен, А.А. Хабибулин, Д.М. Галимов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2014. – Т. 14. – № 1. – С. 54–60.
2. Гусовский, В.Л. Современные нагревательные и термические печи: конструкции и технические характеристики: справочник / В.Л. Гусовский, М.Г. Ладыгичев, В.Б. Усачев. – М.: Машиностроение, 2008. – 656 с.
3. Повышение качества поверхности и плакирование металлов. Справ. / Под ред. К. Кнаушнера, пер. с нем. – М.: Metallurgiya, 1984. – 387 с.
4. Дефекты на горячеоцинкованных изделиях. Справ. / Под ред. Д. Хорстманна, пер. с нем. – М.: Metallurgiya, 1983. – 32 с.

[К содержанию](#)