

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ
АЛЮМИНИЕВОГО ПОКРЫТИЯ С ПОДСЛОЕМ ИЗ СВИНЦА**

**А.А. КУРИЛЁНОК, М.А. БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ, И.А. СОСНОВСКИЙ,
А.И. КОМАРОВ, Д.В. ОРДА**

**Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь**

В работе описан процесс образования диффузионного алитированного слоя в процессе наплавки, который по достижении некоторой критической величины начинает растворяться, насыщая расплав покрытия железом. При этом, именно диффузионный слой обеспечивает адгезионную связь свинца со сталью. Изучено влияние основных технологических параметров центробежной индукционной наплавки (температуры, времени изотермической выдержки и частоты вращения детали) на изменение толщины алитированного слоя. Установлено, что толщина алитированного слоя увеличивается в соответствии с увеличением температуры наплавки, времени изотермической выдержки и частоты вращения детали. При использовании оптимальных параметров процесса центробежной индукционной наплавки толщина алитированного слоя составляет 265–320 мкм.

Отличительной особенностью при нанесении покрытий на основе алюминиевого сплава АК12 с подслоем из свинца ПС1 является формирование диффузионного слоя на поверхности стальной втулки, структура которого аналогична структуре алитированного слоя, полученного жидкофазным методом в расплаве алюминия. Данный слой имеет характерную структуру из вытянутых зерен, рост которых происходит по нормали к поверхности. При этом, алитированный слой обладает высокой микротвердостью на уровне 7–7,7 ГПа.

Согласно данным двойной диаграммы состояния Al–Pb, в процессе наплавки покрытия на основе алюминиевого сплава со свинцовым подслоем при температуре 800 °С формируется расплав, который по монотектическому превращению расслаивается на две жидкости: расплав Al (4 ат.% Pb) и расплав Pb (0,5 ат. % Al). Поскольку наплавка покрытия осуществляется под действием центробежных сил, более тяжелый расплав Pb (Al), оттесняется на границу со стальной втулкой и служит барьером, предотвращая активное растворение железа алюминием, поскольку свинец в системе Pb-Fe имеет низкую растворимость железа и составляет 0,01 ат. % при температуре 800 °С. В то же время, растворенный в расплаве Pb алюминий диффундирует на поверхность стальной втулки, образуя алитированный слой со структурой, характерной при жидкостном алюминировании. Таким образом, расплав свинца в процессе наплавки служит переходной средой, в которой протекают два основных потока диффузии: атомов алюминия к стали и атомов железа в расплав алюминия.

Изучалось влияние основных технологических параметров ЦИН (температуры T , °C; времени изотермической выдержки t , с; частоты вращения детали ω , мин⁻¹ на изменение толщины алитированного слоя δ , мкм).

Из рисунка 1 следует, что толщина алитированного слоя увеличивается соответственно с ростом температуры наплавки T . При оптимальных температурах наплавки 760–780 °C она составляет 260–280 мкм при значении времени изотермической выдержки $t = 300$ с и частоте вращения заготовки $\omega = 1750$ мин⁻¹. Увеличение температуры наплавки до 800 °C и выше показало, что на поверхности стальной втулки активно протекает процесс алитирования (увеличение толщины алитированного слоя более 350 мкм) с одновременным растворением диффузионного слоя, что приводит к повышенному насыщению расплава наплавляемого алюминиевого покрытия железом (свыше 10 масс. %). Повышенное содержание железа в расплаве приводит к образованию при кристаллизации сферических и иглообразных включений что, в конечном итоге, приводит к снижению качества получаемого покрытия и ухудшению механических свойств материала покрытия.

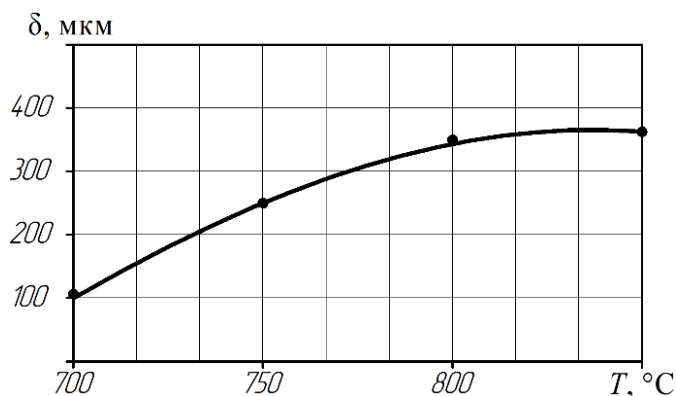


Рисунок 1. – Зависимость толщины алитированного слоя δ от температуры нагрева заготовки T , при $t = 300$ с, $\omega = 1750$ мин⁻¹

На рисунке 2 показано, что толщина алитированного слоя увеличивается при увеличении времени изотермической выдержки t . При оптимальных значениях изотермической выдержки $t = 300$ – 360 с, толщина алитированного слоя составит 265–280 мкм при температуре наплавки $T = 770$ °C и частоте вращения $\omega = 1750$ мин⁻¹. При дальнейшем увеличении изотермической выдержки до 420 с и более происходит рост доли железосодержащих включений свыше 10-ти масс. % в сплаве АК12 и огрубление структуры, что приводит к охрупчиванию формируемого покрытия.

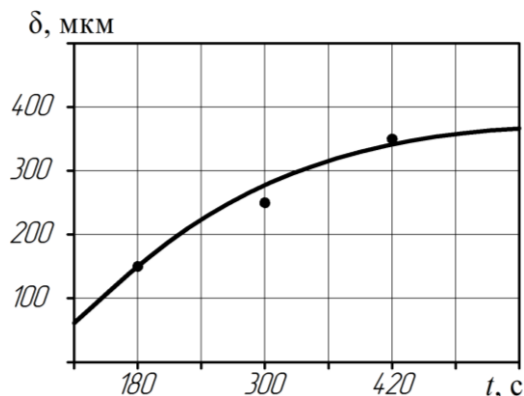


Рисунок 2. – Зависимость толщины алитированного слоя δ от времени изотермической выдержки t , при $T = 770$ °C, $\omega = 1750$ мин⁻¹

Из рисунка 3 следует, что толщина алитированного слоя увеличивается с увеличением частоты вращения детали ω . При установленных оптимальных значениях частоты вращения 1700–1750 мин⁻¹ толщина алитированного слоя составляет 270–280 мкм при температуре наплавки $T = 770$ °С и времени изотермической выдержки $t = 300$ с.

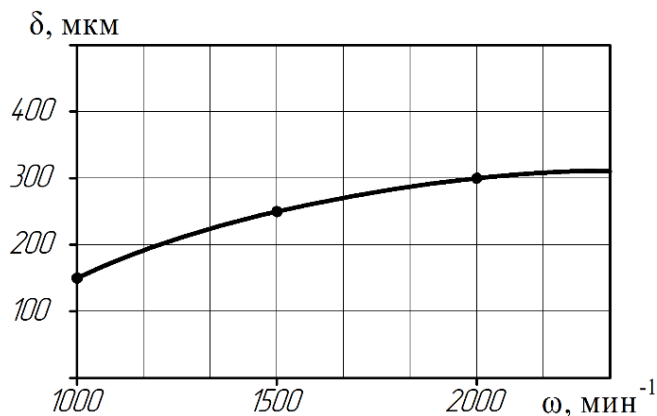


Рисунок 3. – Зависимость толщины алитированного слоя δ от частоты вращения заготовки ω , при $T = 770$ °С, $t = 300$ с

Увеличение скорости вращения заготовки до 2000 мин⁻¹ и выше приводит к снижению качества получаемого покрытия, вызванного выдавливанием подслоя из свинца от центра к краям стальной втулки.

Таким образом, показано, что толщина алитированного слоя увеличивается в соответствии с увеличением температуры наплавки, времени изотермической выдержки и частоты вращения заготовки. При использовании оптимальных параметров процесса центробежной индукционной наплавки: частота вращения детали $\omega = 1700$ – 1800 мин⁻¹, температура детали при изотермической выдержке $T = 760$ – 780 °С, время изотермической выдержки $t = 300$ – 360 с, установлено, что толщина алитированного слоя составляет 265–320 мкм.