



*The peculiarities of aluminizing of non-resisting insert at production of piston castings of aluminium alloys are considered.*

М. А. САДОХА, ОАО «БЕЛНИИЛИТ»

УДК 621.74

## ОСОБЕННОСТИ АЛИТИРОВАНИЯ НИРЕЗИСТОВОЙ ВСТАВКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОТЛИВОК ПОРШНЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Для увеличения износостойкости зоны канавки под верхнее компрессионное кольцо широкое применение нашла установка в отливку упрочняющей вставки из специального высоколегированного аустенитного чугуна (нирезиста).

Основные трудности при производстве отливок поршней с упрочняющими вставками под верхнее поршневое кольцо (выполняемыми, как правило, из специального чугуна – нирезиста) связаны с необходимостью обеспечить диффузионную (металлическую) связь между алюминиевым сплавом и вставкой. При отсутствии такой связи резко снижается теплопроводность соединения, хотя механическое сцепление может быть удовлетворительным, что может привести к перегреву поршня и его разрушению при работе двигателя.

Процесс получения биметаллических отливок алюминиевый сплав – сплав на железной основе впервые был применен для изготовления биметаллических цилиндров воздушного охлаждения и получил название «Альфин-процесс».

Основные этапы Альфин-процесса следующие. Тщательно очищенная от загрязнений и обезжиренная упрочняющая деталь опускается на подвеске в специальный алюминиевый расплав

на определенное время для алитирования. Перед алитированием вставку рекомендуется подвергать двойной дробеструйной обработке и обезжириванию. Оптимальной толщиной переходного диффузионного слоя считается 10–30 мкм. Толщина, строение и состав переходного диффузионного слоя зависят от многих факторов, таких, как состав сплава алитирования, время выдержки вставки в расплаве, температура сплава алитирования и др. Так, к примеру, увеличение времени и температуры алитирования способствуют получению более толстого слоя, однако прочность и плотность его при этом снижаются.

После алитирования на поверхности детали находится тонкий слой жидкого алюминиевого сплава, органически связанного с образовавшимся диффузионным слоем (рис. 1). Если обработанную таким образом деталь быстро установить в форму и залить расплавом до момента кристаллизации покрывающего вставку слоя сплава алитирования, то получаемая связь между двумя материалами будет металлической (рис. 2). Если к моменту соприкосновения с заливаемым расплавом покрывающий вставку слой сплава алитирования затвердел, то монолитного соединения не образуется.

Алитирование – это один из видов химико-термической обработки, в результате которого поверхностный слой обрабатываемого материала насыщается алюминием. Наиболее часто при производстве поршней используют алитирование методом погружения вставки в расплав алюминия. Рассмотренные далее технологические аспекты алитирования относятся именно к такому методу.

От качества образования связи между нирезистовой вставкой и основным материалом поршня в процессе литья во многом зависит работоспособность поршня в двигателе.

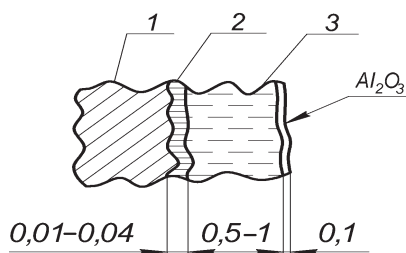


Рис. 1. Схема строения алитированной поверхности: 1 – алитируемая деталь; 2 – диффузионный слой; 3 – слой сплава алитирования, оставшегося на поверхности



Рис. 2. Зона контакта «поршневой сплав-вставка под верхнее поршневое кольцо» с образованием переходного диффузионного слоя. Травлено 0,5% HF.  $\times 240$

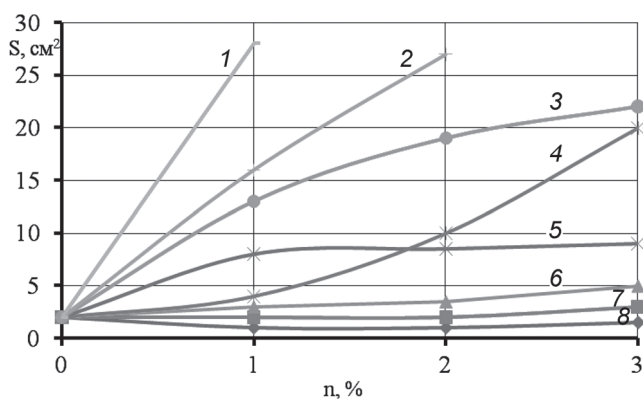


Рис. 3. Влияние содержания легирующих элементов на площадь растрескивания алюминия по нирезисту:  $S$  – площадь растрескивания;  $n$  – содержание легирующих элементов: 1 – Cd; 2 – Bi; 3 – Pb; 4 – Mg; 5 – Zn; 6 – Cu; 7 – Mn; 8 – Si

В ходе проведения исследований использовали нирезист, содержащий 14–18% Ni, 6–5% Cu, 1,5–2,6% Cr, 2,5–3,0% C, 2–3% Si, до 0,5% P, 0,5–1,0% Mn, Fe – остальное. Данный выбор обусловлен ранее выполненными исследовательскими работами.

Опыты проводили на цилиндрических образцах из нирезиста. Цилиндрические образцы имели следующий состав: 2,6% C; 2% Si; 1% Mn; 1,74% Cr; 15,3% Ni; 5,85% Cu; 0,18% P; Fe – остальное. Образцы отливали в трехгнезном кокиле, расплав модифицировали в ковше порошкообразным 75%-ным ферросилицием.

Механически обработанные образцы после алитирования заливали основным сплавом для изготовления поршней в разработанном для этой цели кокиле. Прочность связи нирезистовых вставок с алюминиевым сплавом определяли на разрывной машине типа УММ-10 и ГМС-50. Детали из нирезиста после механической обработки подвергали различным видам обработки. Толщину алитированного слоя определяли на шлифах из цилиндрических биметаллических образцов.

В соответствии с конструкторской документацией на исследуемый поршень для его изготовления использовали сплав на основе системы алюминий-кремний-медь АК12М2МгН (АЛ25) (ГОСТ 1583-93). Состав сплава приведен в табл. 1.

Одно из основных требований, предъявляемых к сплаву алитирования, – смачиваемость расплавом алитируемого материала и образование вследствие взаимодействия переходного слоя.

Установлено, что легирующие компоненты в алюминиевых сплавах оказывают различное влияние на смачивание нирезиста (рис. 3).

В связи с тем что такие элементы, как магний, кремний, марганец, медь в концентрациях, допустимых в сплаве АК12М2МгН (АЛ25), не оказывают существенного отрицательного влияния на смачивание нирезиста по сравнению чистым алюминием, принимаем данный сплав основным для алитирования вставки. Вторым важным аргументом в пользу выбора такого сплава может служить то, что в данном случае не потребуется приготовления отдельного сплава для алитирования, а можно использовать основной сплав, применяемый для производства отливок поршней. Это очень важно с точки зрения организации процесса в условиях реального производства. Температура является важнейшим технологическим параметром, влияющим как на процесс алитирования, так и на оптимальный срок использования сплава для алитирования.

Установлено (рис. 4), что увеличение времени алитирования приводит к росту толщины переходного диффузионного слоя до определенного уровня с последующей стабилизацией, увеличение же температуры расплава алитирования – к более интенсивному росту толщины переходного

Таблица 1. Состав сплава на основе системы алюминий-кремний-медь АК12М2МгН (АЛ25)

Марка сплава	Вид продукции	Массовая доля, %							
		основных компонентов							примесей, не более
		Mg	Si	Mn	Cu	Ti	Ni	Al	
АК12М2МгН (АЛ25)	Чушка	0,85–1,35	11–13	0,3–0,6	1,5–3,0	0,05–0,20	0,8–1,3	основа	0,7
	Отливка	0,8–1,3	11–13	0,3–0,6	1,5–3,0	0,05–0,20	0,8–1,3	основа	0,8

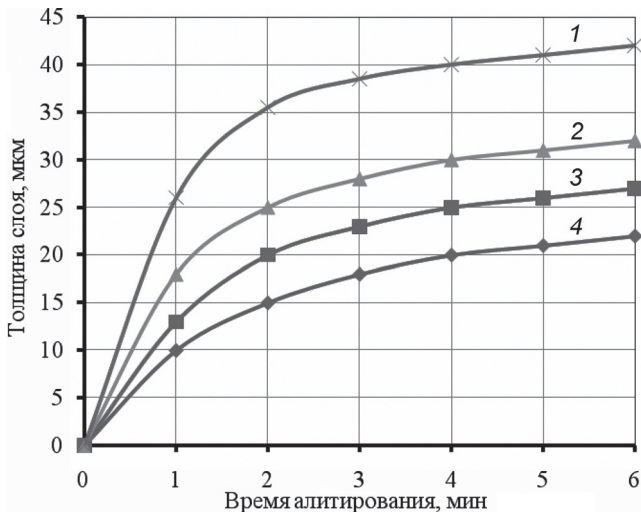


Рис. 4. Влияние времени и температуры апитирования на толщину переходного диффузионного слоя: 1 –  $T = 900$  °C; 2 – 750; 3 – 710; 4 – 670 °C

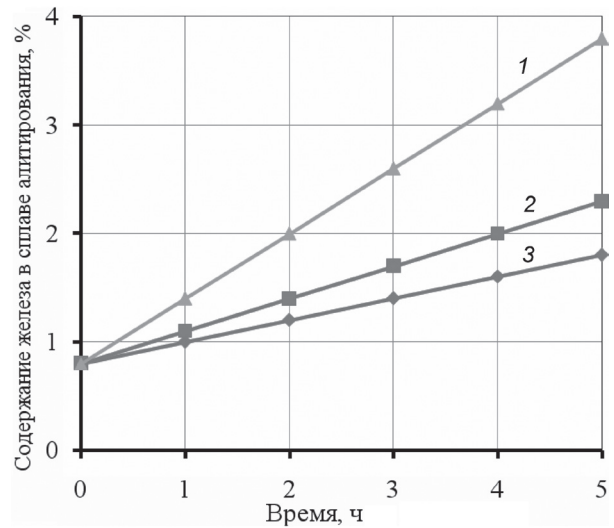


Рис. 5. Влияние времени и температуры апитирования на содержание железа в сплаве апитирования: 1 –  $T = 800$  °C; 2 – 750; 3 – 700 °C

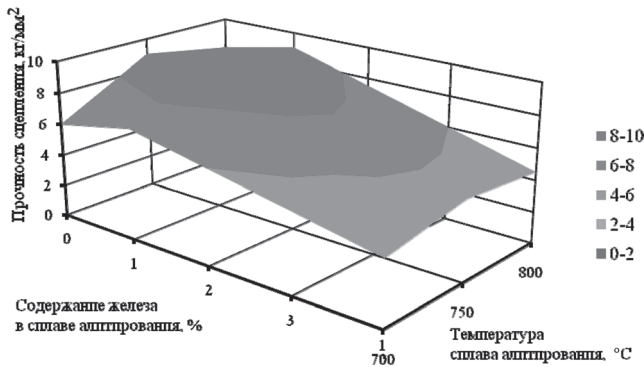


Рис. 6. Влияние содержания железа в сплаве апитирования и его температуры на прочность сцепления нирезиста со сплавом (время апитирования 2 мин)

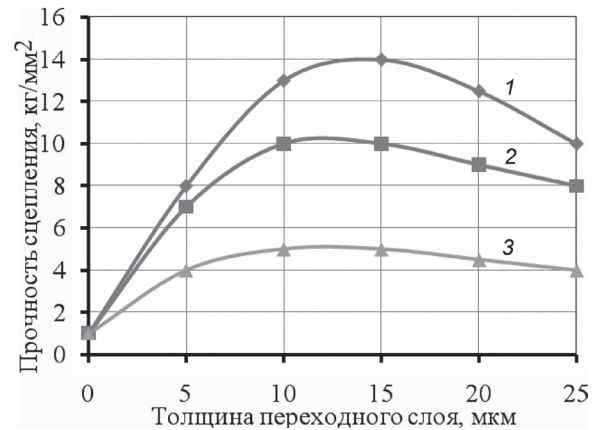


Рис. 7. Влияние толщины переходного апитированного слоя и времени выдержки до заливки апитированной вставки сплавом на прочность сцепления вставки со сплавом: 1 – 10 с; 2 – 20; 3 – 30 с

го диффузионного слоя и установлению ее равновесного размера на более высоком уровне. Вместе с этим определено, что увеличение времени апитирования сопровождается более интенсивным насыщением сплава апитирования железом (рис. 5). Это можно объяснить тем, что при увеличении времени контакта комбинированной вставки с расплавом апитирования большее количество железа успевает прореагировать с алюминием и из наружных слоев переходного слоя перейти в расплав.

Установлено, что увеличение количества железа в сплаве апитирования отрицательно сказывается на качестве переходного диффузионного слоя, о чем косвенно можно судить по изменению прочности сцепления алюминиевого сплава с нирезистовой вставкой в процессе получения отливок (рис. 6).

Известно, что главным критерием оценки качества апитирования является качество сваривания поршневого сплава с нирезистовой вставкой. Косвенно качество сваривания может быть оцене-

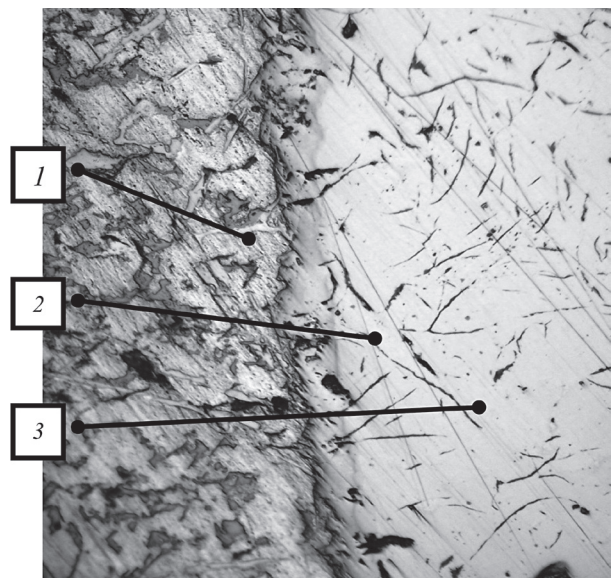


Рис. 8. Микроструктура вставки, апитированной по оптимальному режиму и залитой алюминиевым расплавом: 1 – алюминиевый сплав; 2 – переходный слой; 3 – нирезист

но по прочности сцепления поршневого сплава с комбинированной вставкой (рис. 7).

Как видно из рисунка, оптимальной толщиной переходного алитированного слоя можно считать 10–20 мкм. Такую толщину слоя можно получить при алитировании вставки в течение значительного диапазона времени в зависимости от температуры алитирования (см. рис. 4). Установлено, что слишком высокая температура алитирования резко уменьшает время насыщения сплава железом и ухудшает качество алитирования (см. рис. 4, 5).

Исходя из анализа полученных результатов, можно определить следующие параметры (табл. 2), как оптимальные, для алитирования вставки из нирезиста (состав: 14–18% Ni, 6–5% Cu, 1,5–2,6%

Cr, 2,5–3% C, 2–3%Si, до 0,5%P, 0,5–1% Mn, Fe – остальное) в сплаве алитирования (AK12M2MgH (AL25)).

**Таблица 2. Оптимальные параметры алитирования нирезистовой вставки в расплаве АК12М2МgН (АЛ25)**

Параметр	Значение
Температура алитирования, °С	740–760
Время алитирования, с	90–150
Содержание железа в сплаве алитирования, %	Не более 2

На рис. 8 показана микроструктура вставки, алитированной по оптимальному режиму и залитой алюминиевым расплавом.

### Литература

1. Садоха М. А., Волочко А. Т., Овчинников В. В. Технологические особенности производства поршней для высокофорсированных двигателей// *Литье и металлургия*. 2009. № 3. С. 71–75.
2. Краев Б. А., Садоха М. А., Мельников А. П. и др. Технология и оборудование для литья поршней// *Литье и металлургия*. 2001. № 4. С. 52–54.
3. Немененок Б. М., Калиниченко В. А., Садоха М. А., Гутко В. И. Повышение ресурса работы поршней двигателей внутреннего сгорания// *Литье и металлургия*. 2005. № 2. Ч. 1. С. 175–178.
4. Гутко В. И., Садоха М. А., Мельников А. П., Бачек А. И. Некоторые особенности производства отливок поршней для высоконагруженных дизельных двигателей// *Литье и металлургия*. 2006. № 2. Ч. 1. С. 111–115.