

Студент гр. 104116 Крж Д.С.  
 Научный руководитель – Немененок Б.М.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г.Минск

Обработку расплава алюминиевых сплавов ультразвуком применяют с целью рафинирования, измельчения структуры слитков и фасонных отливок, улучшения механических свойств деформированных полуфабрикатов, а также для получения недендритной структуры слитков. Этот вид воздействия следует отнести к новым и экологически чистым технологиям.

Как правило, понятие рафинирование включает в себя проведение двух самостоятельных операций – дегазации и тонкой фильтрации.

Ультразвуковая обработка (УЗО) расплава превосходит по степени удаления водорода один из самых эффективных методов дегазации - вакуумную обработку. После ультразвуковой дегазации расплава в отливках максимально уменьшается концентрация водорода, увеличивается плотность, снижается пористость и заметно повышаются механические свойства (табл. 1)

Таблица 1 - Промышленные методы дегазации расплава сплава АК9

Метод	H <sub>2</sub> , см <sup>3</sup> /100 г	ρ, г/см <sup>3</sup>	Балл пористости	σ <sub>в</sub> , МПа	δ, %
Исходный расплав (без рафинирования)	0,35	2,660	4	200	3,8
Ультразвук	0,17	2,706	1-2	245	5,1
Вакуум	0,20	2,681	1-2	228	4,2
Аргон	0,26	2,667	2-3	233	4,0
Гексахлорэтан	0,30	2,665	2-3	212	4,5
Флюс	0,26	2,663	3-4	225	4,0

Природа интенсификации процесса дегазации расплава в поле ультразвука связана с возникновением и развитием за счет кавитации аномально быстрого диффузионного роста зародышей газовых пузырьков.

При ультразвуковой дегазации расплава алюминия и его сплавов, как правило, одновременно с пузырьковым удалением водорода идет очистка от твердых оксидных включений. Так, опыт применения ультразвуковой дегазации в фасонном литье точных отливок ответственного назначения показал, что обработанный ультразвуком расплав имеет заметно, более высокую подвижность (жидкотекучесть) и тем самым улучшает заполнение тонких каналов литейной формы (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние ультразвуковой дегазации расплава на жидкотекучесть (длина спирали, мм) промышленных литейных сплавов

Способ дегазации	Марка сплава		
	АК7ч	АК5М2	АЦР-1
Контрольный (без дегазации)	500	500	600
Путем продувки аргоном	550	600	660
Ультразвуковая	670	670	720

Анализ свойств слитков из сплава АК6 диаметром 460 мм после применения ультразвуковой дегазации показал заметное повышение механических свойств. Так,  $\sigma_b$  повысился с 160—183 МПа до 185—210 МПа,  $\delta$  – с 4,8-6,4 до 6,5-9,5 %.

При прокатке листов из слитков сплава АД, обработанного ультразвуком, было получено подтверждение того, что наряду с процессом дегазации происходит очистка металла от неметаллических включений.

Среди простых и надежных методов фильтрации алюминиевых сплавов самое широкое применение нашли сетчатые фильтры, изготовленные из бесщелочного алюмоборосиликатного стекла. Однако применение достаточно грубых фильтров из стеклоткани с ячейкой 1x1 мм не позволяет очистить расплав от дисперсных включений, а использование более тонких фильтров с ячейкой 0.4x0.4 мм и переход на многослойные фильтры лимитируется возможностью прохождения расплава через капиллярные каналы фильтра. Ситуация коренным образом меняется, если перед поверхностью многослойного фильтра создать кавитационное поле и использовать так называемый звукокапиллярный эффект. Этот эффект состоит в снятии за счет действия кавитации при УЗО капиллярных ограничений и аномально глубоком проникновении расплава в тонкие капилляры. В результате снижается поверхностное натяжение, улучшается смачиваемость расплавом материала фильтра и облегчается свободное проникновение расплава через капиллярный лабиринт фильтра. Технология получила название УЗФИРАЛС-процесс, то есть ультразвуковая фильтрация лёгких сплавов.

При УЗО расплав спокойно проходит через лабиринт капиллярных каналов многослойного сетчатого фильтра, а дисперсные частицы оксидов последовательно осаждаются на поверхности фильтра и стенках капилляров.

Исследования показывают, что, наряду с фильтрацией, УЗФИРАЛС-процесс позволяет провести и эффективную дегазацию расплава. После фильтрации через 3-5 слоев фильтра число включений по технологической пробе Добаткина снижается на два порядка, а концентрация водорода уменьшается вдвое. Это приводит к существенному повышению усталостной долговечности горячепрессованных полуфабрикатов.

Известно, что обычно в слитках и отливках из цветных и черных металлов формируется дендритная структура. Исследования показали, что при ультразвуковой обработке (УЗО) в режиме кавитации и комплексном модифицировании возможно получение принципиально новой структуры недендритного типа. Если УЗО в режиме кавитации многократно увеличивает число зародышей кристаллизации перед фронтом затвердевания, то точно так же, как и размеры дендритного параметра, в зависимости от скорости охлаждения расплава, при кристаллизации будут меняться размеры предельно измельченных недендритных зерен.

Преимущество недендритной структуры состоит главным образом в повышении пластичности металла в литом состоянии без потери его прочности, что означает, прежде всего, способность противостоять растрескиванию. Переход на недендритную кристаллизацию с УЗО позволяет повысить почти в два раза относительное удлинение отожженного крупногабаритного слитка. Повышенная пластичность литого металла с недендритной структурой сохраняется не только при комнатной температуре горячей деформации и, что особенно ценно, наследуется в деформируемом металле независимо от схемы горячей деформации.

Другим существенным преимуществом литого металла с предельно измельченной недендритной структурой является возможность значительно (в 2-3 раза) снизить продолжительность гомогенизирующего отжига слитков перед пластической деформацией без потери пластичности (табл. 3). Предельно измельченные зерна и увеличение межфазных поверхностей раздела между зернами ускоряют диффузию и тем самым снижают продолжительность процесса гомогенизации литого металла.

Ударная вязкость слитка с недендритной структурой также более чем в 2 раза превышает ударную вязкость слитка с дендритной структурой в интервале температур горячей деформации.

Таблица 3 - Влияние недендритной структуры слитка сплавов типа 1973 (7050) на снижение длительности гомогенизации

t, ч	$\delta$ , %, в интервале температур горячей деформации (350 – 400 °С) в зависимости от типа структуры	
	недендритная	дендритная
6	75-80	60-65
16	75-80	60-65
32	$\geq 80$	7-75

Таким образом, УЗО расплава оказывает комплексное воздействие на структуру и механические свойства литых заготовок.