

*Теоретично обґрунтована і застосована технологія, що передбачає використання комбінованої дії на процес формування литої структури алюмінієвих сплавів. Визначені механічні властивості алюмінієвих сплавів отриманих із застосуванням комбінованої технології*

*Ключові слова: алюмінієвий сплав, модифікування, газодинамічна дія*

*Теоретически обоснована и применена технология, предусматривающая использование комбинированного воздействия на процесс формирования литой структуры алюминиевых сплавов. Определены механические свойства алюминиевых сплавов, полученных с применением комбинированной технологии*

*Ключевые слова: алюминиевый сплав, модифицирование, газодинамическое воздействие*

*Theoretically proved and applied the technology which provides using the combined effect on the formation of the cast structure of aluminum alloys. The mechanical properties of aluminum alloys, obtained using the combined technologies are defined.*

*Keywords: aluminum alloy, modification, gas-dynamic effects*

УДК 621.746.6:669.046.516.4:669.715

## ОСОБЕННОСТИ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТЛИВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПРИ НАРАСТАЮЩЕМ ДАВЛЕНИИ И МОДИФИЦИРОВАНИИ

**Ю. В. Доценко**

Кандидат технических наук, доцент, \*

Контактный тел.: (056) 374-83-67

**В. Ю. Селиверстов**

Доктор технических наук, профессор

\*Кафедра литейного производства

Национальная металлургическая академия Украины  
пр. Гагарина, 4, г. Днепропетровск, 49600

### Введение

В соответствии с современными представлениями о затвердевании слитков и заготовок существенные резервы повышения качества металлопродукции могут быть найдены на стадии перехода от жидкой фазы к твердой. С этой точки зрения весьма перспективным представляется использование методов различных воздействий в ходе затвердевания, обеспечивающих управление массо- и теплообменными процессами. Между тем, широкое промышленное применение методов внешних воздействий на слитки и заготовки в значительной степени сдерживается отсутствием комплексных рекомендаций и достаточных для практического применения теоретических представлений о массо- и теплообменных процессах, происходящих в жидкой и жидко-твердой фазах при затвердевании в условиях наложения принудительного воздействия.

### Анализ предыдущих публикаций

В процессе производства слитков, заготовок и отливок для подавления и предотвращения дефектов получили распространение многочисленные технологические приемы, которые с определенной степенью условности можно разделить по способу воздействия

на статические и динамические [1-5]. При этом статические методы направлены, главным образом, на оптимизацию условий затвердевания либо за счет придания им такой геометрической формы, которая бы обеспечила минимальную пораженность дефектами с точки зрения готового изделия. В основу динамических методов положен принцип принудительного физического воздействия на жидкую фазу в ходе затвердевания. Эти приемы обычно обеспечивают активное воздействие не только на тепломассоперенос в жидкой фазе, но также существенно изменяют характер протекания процессов в двухфазной зоне. Конечно, в ряде случаев методы обработки слитков и заготовок включают в себя элементы статических и динамических воздействий одновременно.

К числу методов статического воздействия относятся управление тепловым режимом работы прибыли; изменение геометрии слитка или непрерывнолитой заготовки; модифицирование и микролегирование металла специальными добавками; введение в расплав различного рода макрохолодильников и т.п. [2, 3, 6, 8].

### Основной материал

Конечной задачей модифицирования является повышение механических, технологических и эксплуа-

тационных свойств отливок, слитков, а также получаемых из них изделий и полуфабрикатов посредством измельчения литой структуры.

Способы приложения давления к металлу затвердевающей отливки можно разделить на три основные группы [4]. К первой относятся способы литья под всесторонним газовым давлением (ЛВД): автоклавное литье, применение газостатов. Ко второй группе относятся те способы литья, в которых газовое или поршневое (пуансонное) давление передается посредством находящегося в тигле или камере сжатия расплава жидкому металлу внутри отливки и далее – к фронту затвердевания: литье под низким давлением, с противодавлением, вакуумным всасыванием и т.п. Третью группу составляют способы литья под воздействием поршневого давления, которое передается жидкому металлу внутри отливки путем смятия наружной затвердевшей корочки поверхности прессующего поршня (пуансона).

Эффективность способа зависит от степени сложности конструкции и особенностей эксплуатации оборудования, необходимого для осуществления технологического процесса, использования вспомогательных материалов, дополнительного персонала и т.п. Этим условиям отвечает разработанная на кафедре литейного производства Национальной металлургической академии Украины технология газодинамического воздействия на расплав в литейной форме [8, 9], предусматривающая затвердевание отливки под регулируемым газовым давлением после герметизации металла в рабочей полости литейной формы.

Практика литейного производства показывает, что перспективным направлением является сочетание модификаторов с физическими методами воздействия позволяющим получать особо мелкие и специальные структурные составляющие.

### Результаты экспериментальных исследований

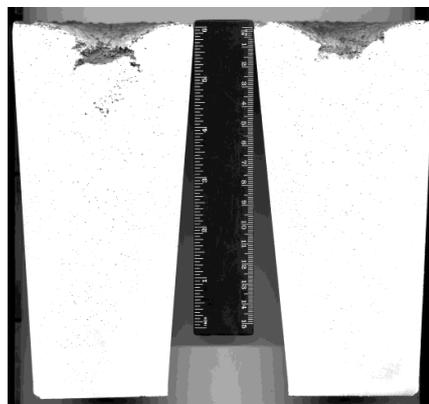
Экспериментальные исследования влияния комбинированной технологии газодинамического воздействия и модифицирования карбонитридом титана (TiCN) проводили на литых заготовках из алюминийевых сплавов химический состав, которых указан в таблице 1:

Таблица 1

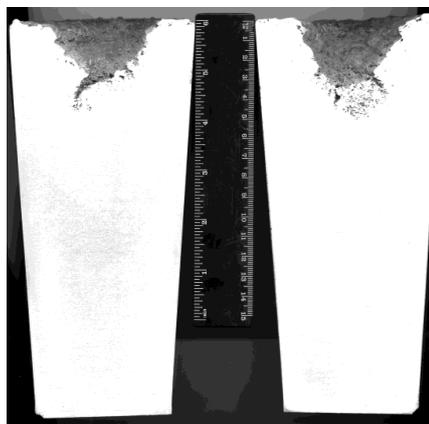
Химический состав сплавов применяемых для исследований

№ сплава	Al	Si	Fe	Mn	Ti	Mg	Cu	Zn
1		6,51	0,55	0,45	0,15	0,55	-	-
2	Основа	5,5	0,6	-	0,14	0,6	1,45	0,3

Отливки цилиндрической формы из сплава №1 массой 1,2 кг заливали в подогретый и окрашенный чугунный кокиль с минимальной толщиной стенки 100 мм. Температура заливки – 720 °С. Схема отливок представлена на рисунке 1.



а



б

Рис. 1. Отливки цилиндрической формы, а – получены по традиционной технологии, б – с применением комбинированного воздействия

Отливку «Опорный наконечник стойки конвейера» массой 1,1 кг заливали из сплава №2 в подогретый и окрашенный чугунный кокиль с минимальной толщиной стенки 40 мм. Температура заливки – 640 °С. Схема отливки «опорный наконечник стойки конвейера» представлена на рисунке 2.

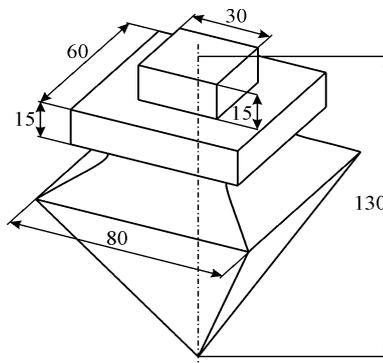
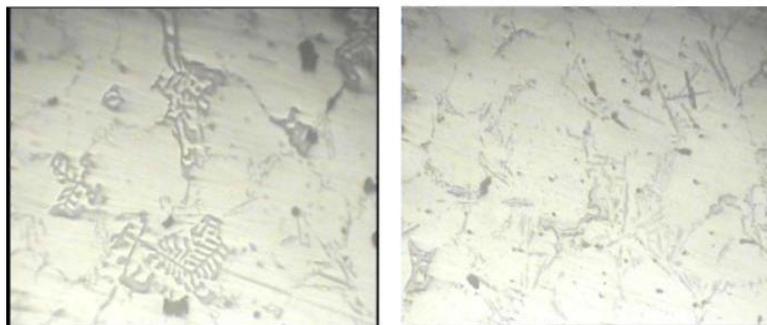


Рис. 2. Схема отливки «опорный наконечник стойки конвейера»

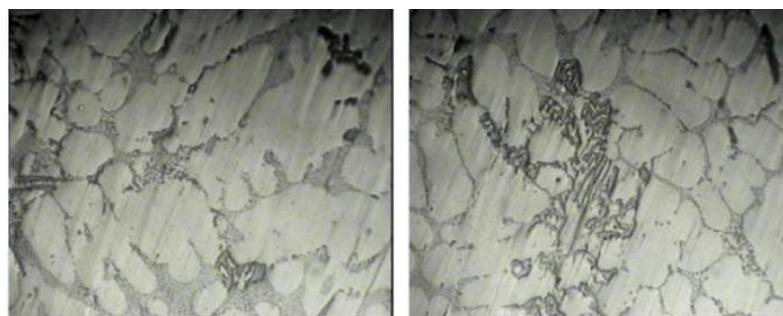
Технологический процесс газодинамического воздействия на расплав в кокиле проводили с начальными показателями давления 0,15 – 0,2 МПа и последующим наращиванием до 2 - 3,5 МПа в соответствии с расчетной динамикой нарастания давления в системе отливка-устройство для ввода газа. На рисунке 3 представлен общий вид отливки «опорный наконечник стойки конвейера», полученной по традиционной технологии (справа) и с применением комбинированного воздействия при затвердевании.



Рис.3. Общий вид отливки «опорный наконечник стойки конвейера», полученной по традиционной технологии (справа) и с применением комбинированного воздействия при затвердевании



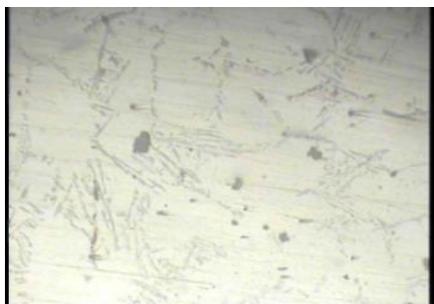
а



б

Рис.5. Микроструктура сплава №2: а – до обработки, б – после комбинированного воздействия. x106

На рисунках 4 и 5 представлена микроструктура сплавов №1 и №2 до и после обработки.



а



б

Рис.4. Микроструктура сплава №1: а – до обработки, б – после комбинированного воздействия. x106

В таблицах 2 и 3 приведены результаты испытаний по определению механических свойств металла отливок из сплавов №1 и №2, полученного с применением технологии газодинамического воздействия (ГДВ), модифицирования TiCN (М), а также комбинированной технологии газодинамического воздействия и модифицирования (ГДВ+М) в сравнении с соответствующими свойствами литого металла, полученного по традиционной технологии литья в кокиль.

В результате внедрения указанной технологии количество брака отливок по рыхлотам и газовым раковинам сократилось на 28 %. На данный технологический процесс разработана и применяется соответствующая инструкция.

Таблица 2

Механические свойства металла отливок из сплава №1

№ образца		σв, МПа			НВ (МПа)			δ, %		
1	до обработки	165,3			510			2,0		
2		163,6			500			1,9		
3		165,1			500			1,9		
		ГДВ	М	ГДВ+М	ГДВ	М	ГДВ+М	ГДВ	М	ГДВ+М
4	после обработки	185,4			510			2,27		
5		182,8			500			2,24		
6		185,3			510			2,26		
7			190,3			511			2,28	
8			188,7			502			2,27	
9			190,3			510			2,28	
10					195,3			512		2,30
11					193,8			508		2,29
12					194,2			511		2,31

Таблица 3

Механические свойства металла отливок из сплава №2

№ образца		σв, МПа			НВ			δ, %		
1	до обработки	162,2			70			1,0		
2		161,8			68			0,9		
3		162,1			68			0,9		
		ГДВ	М	ГДВ+М	ГДВ	М	ГДВ+М	ГДВ	М	ГДВ+М
4	после обработки	181,3			72			1,25		
5		180,9			71			1,24		
6		181,5			72			1,25		
7			185,2			73			1,27	
8			184,8			72			1,26	
9			185,3			73			1,27	
10					191,4			74		1,29
11					190,9			73		1,28
12					191,3			74		1,29

**Выводы**

1. Теоретически обоснована и применена технология, предусматривающая использование комбинированного воздействия на процесс формирования литой структуры алюминиевых сплавов. Процесс предусматривает влияние на структурообразования при помощи модифицирования ультрадисперсным TiCN и газодинамического воздействия.

2. Определены механические свойства алюминиевых сплавов полученных с применением

комбинированной технологии, модифицирования TiCN, а также газодинамического воздействия в сравнении с соответствующими свойствами литого металла, полученного по традиционной технологии литья в кокиль. Установлено, что временное сопротивление увеличивается на 11-15%, твердость (НВ) – на 4-8%, а относительное удлинение – на 27-30%. Брак отливок «опорный наконечник стойки конвейера» по рыхлотам и газовым раковинам в результате внедрения указанной технологии сократился на 28 %.

## Литература

1. Немененок, Б.М. Теория и практика комплексного модифицирования силуминов [Текст] / Б.М. Немененок - Мн. Технопринт, 1999. – 272 с.
2. Калиниченко, А.С. Управляемое направленное затвердевание и лазерная обработка: теория и практика [Текст] / А.С. Калиниченко, Г.В. Бергман - Мн.: Технопринт, 2001. - 367 с.
3. Закономерности формирования структуры слитков алюминиевых сплавов при непрерывном литье с ультразвуковой обработкой кристаллизующегося расплава [Текст] / В.И. Добаткин, Г.И. Эскин, С.И. Боровикова, Ю.Г. Гольдер. - М.: Наука - 1976. - С. 151-161.
4. Скворцов, А.А. Влияние внешних воздействий на процесс формирования слитков и заготовок [Текст] / А.А. Скворцов, А.Д. Акименко, В.А. Ульянов - М.: Metallurgia, 1995. – 272 с.
5. Ефимов, В.А. Физические методы воздействия на процессы затвердевания сплавов [Текст] / В.А. Ефимов, А.С. Эльдарханов. – М.: Metallurgia, 1995. – 272 с.
6. Эльдарханов, А.С. Процессы кристаллизации в поле упругих волн [Текст] / А.С. Эльдарханов. – М.: Metallurgia, 1996. – 256 с.
7. Возможность использования комплексного модификатора длительного действия на основе нанопорошков длительного действия для повышения качества отливок из алюминиевых сплавов [Текст]: Новые материалы и технологии в машиностроении-2005. Сб. трудов IV Международной научно-технической конференции. / Брянск: БГИТА - 2005. – С. 17 – 23.
8. Спосіб отримання виливків [Текст]: Деклараційний патент, Україна МПК (2006) B22D 18/00 / Селівьорстов В.Ю., Хричиков В.Є., Доценко Ю.В.; заявитель и патентообладатель Селівьорстов В.Ю. - № 28858; заявл. 03.08.2007; опубл. 25.12.2007, Бюл. № 21. – 4 с.
9. Пристрій для отримання виливків [Текст]: Деклараційний патент, Україна МПК (2006) B22D 18/00 / Селівьорстов В.Ю., Хричиков В.Є., Доценко Ю.В., заявитель и патентообладатель Селівьорстов В.Ю. - № 28859; заявл. 03.08.2007; опубл. 25.12.2007, Бюл. № 21. – 4 с.

*Досліджено структуру та умови формування імпульсно-плазмових нанокристалічних покриттів з високим вмістом аморфної складової з модифікованих порошкових сплавів системи Fe-Cr-Mo-B*

*Ключові слова: покриття, порошкові сплави, нанокристалічна структура*

*Исследована структура и условия формирования импульсно-плазменных нанокристаллических покрытий с высоким содержанием аморфной составляющей из модифицированных порошковых сплавов системы Fe-Cr-Mo-B*

*Ключевые слова: покрытия, порошковые сплавы, нанокристаллическая структура*

*The structure and formation conditions of pulsed-plasma nanocrystalline coatings with high amorphous component from the modified powder alloys of the system Fe-Cr-Mo-B has been investigated*

*Keywords: coatings, powder alloys, nanocrystalline structure*

УДК 621.793.7:539.213

## СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ПОРОШКОВ СИСТЕМЫ Fe -Cr -Mo -B

**Г. Н. Лукина**

Кандидат технических наук, доцент  
Кафедра сварочного производства, диагностики и  
восстановления металлоконструкций  
Национальный университет «Львовская политехника»  
ул. С. Бандеры, 12, г. Львов, Украина, 79013  
Контактный тел.: (032) 267-12-97, 097-383-48-99  
E-mail: g.n.lukina@gmail.com