



In the article there are examined the problems of using of impulse processing of different intensity for production of cast articles from aluminium alloys.

А. А. АНДРУШЕВИЧ, И. Н. КАЗАНЕВСКАЯ, М. Н. ЧУРИК, НИИ ИП с ОП

УДК 621.4002; 621.741

ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Импульсные методы обработки материалов, которые характеризуются значительными температурно-силовыми нагрузками и малыми длительностями временного воздействия, позволяют управлять структурой и свойствами формируемых изделий на различных стадиях литейно-металлургического передела [1,2]. Диапазон применяемых давлений и температур довольно широк и находится в интервалах $5 \cdot 10^{-4} - 10^2$ ГПа при продолжительности действия импульсов от 10 мкс до 1 с при температурах до 1500 °С.

Перспективность использования избыточных давлений при затвердевании для обеспечения повышенных и стабильных свойств материалов, формирования литых заготовок с заданными свойствами подтверждается многими исследованиями.

В НИИ импульсных процессов с опытным производством (НИИ ИП с ОП) разработаны технологические процессы получения литых материалов и изделий со специфическими свойствами при использовании импульсных динамических воздействий различной интенсивности на алюминиевые сплавы в жидком и твердом состояниях.

Известно, что металлы в литом состоянии обладают относительно невысоким уровнем физико-механических и эксплуатационных свойств, которые могут быть существенно улучшены обработкой на различных стадиях своего метастабильного состояния путем внешних физических воздействий. Формирование структуры и, как следствие, свойств происходит в условиях одновременного действия «термического» и «деформационного» факторов, что обеспечивает получение микро- и субструктуры, отличной от получаемых при традиционных «статических» методах обработки [3]. Специфические особенности последствий импульсной обработки заключаются в следующем:

- диспергирование и сфероидизация избыточных фаз и первичных выделений;

- формирование особой субзеренной структуры сплавов;
- частичное или полное заполнение пор;
- формирование литых композиционных материалов с особыми функциональными свойствами (матрица-каркас);
- получение литых изделий с заданной структурой и свойствами.

Перечисленные особенности наиболее сильно проявляются в условиях, обеспечивающих существенное ускорение диффузионных процессов.

Для повышения прочности, твердости и износостойкости деталей широко используются литые композиционные материалы (ЛКМ), которые упрочняются пористыми каркасами, полученными методами шликерного литья, порошковой металлургии из волокон, зерен оксидов, нитридов, карбидов различных металлов.

Разработана технология получения ЛКМ жидкофазной пропиткой под импульсным давлением алюминиевыми сплавами армирующих каркасов. Она совместима с процессом изготовления фасонной отливки в кокиле и позволяет формировать в конкретной детали локальные упрочненные зоны с резко отличающимися от матричного алюминиевого сплава физико-механическими свойствами.

Установлено, что определяющими условиями полной пропитки каркаса являются тепловые условия системы «форма-каркас-расплав» и величина внешнего давления, прикладываемого к поверхности расплава. Определены нижние пределы температур и давлений процесса пропитки и условия полной пропитки. Температура каркаса перед установкой в форму должна быть не ниже 500–520 °С, при оптимальном давлении обеспечивается полная пропитка каркаса за время менее 1 с. Влияния на время пропитки материала волокон и плотности каркасов исследованных типов не обнаружено.

Невысокие импульсные давления (до 10 МПа), обеспечивающие принудительную пропитку алюминиевым расплавом армирующего каркаса (за время 0,5 – 1,0 с), позволяют получить ряд существенных преимуществ (высокая стойкость оснастки, получение изделий любой геометрии). Разработанные ЛКМ имеют низкую себестоимость, могут содержать до 50% (по объему) мелкодисперсных волокон различных оксидов (SiO_2 , Al_2O_3 , $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$, ZrO_2 и др.) и металлических волокон с широким спектром свойств.

Результаты исследований показали возможность применения ЛКМ для изготовления деталей автотракторных двигателей, испытывающих повышенные механические и термические нагрузки, с макрозоной упрочнением требуемых зон алюминиевых отливок. Дизельные поршни, полученные с использованием данной технологии, по сравнению с обычными поршнями из алюминиевых сплавов имеют в упрочненных зонах более высокие значения твердости и прочности (на 20–50 %) при повышенной температуре (рис. 1).

Альтернативой получения пористых заготовок методами порошковой металлургии является формирование пористых проницаемых материалов литейной технологией с использованием импульсного газового воздействия. Способ заключается в засыпке порошка или установке пористого каркаса в подогретую металлическую форму, заливке жидкого сплава в форму, наложении на поверхность расплава избыточного импульсного давления и пропитке наполнителя расплавом, удалении заготовки из формы, растворении (вымывании) наполнителя из заготовки. Как и при формировании ЛКМ, дополнительное вакуумирование наполнителя создает более благоприятные условия пропитки.

При импульсном взрывном нагружении (ВН) металлов и сплавов, которое отличается наложением высоких температур и давлений в течение малых временных промежутков, на порядок превышающих аналогичные величины при традиционных видах обработки материалов, отмечаются существенные структурные изменения [1]. Это позволяет использовать такую динамическую обработку для измельчения литой структуры в системе «шихта–расплав–отливка».

Импульсная обработка алюминивно-титанового сплава $\text{Al}-4\%\text{Ti}$ с целью получения мелкокристаллической лигатуры с заданными

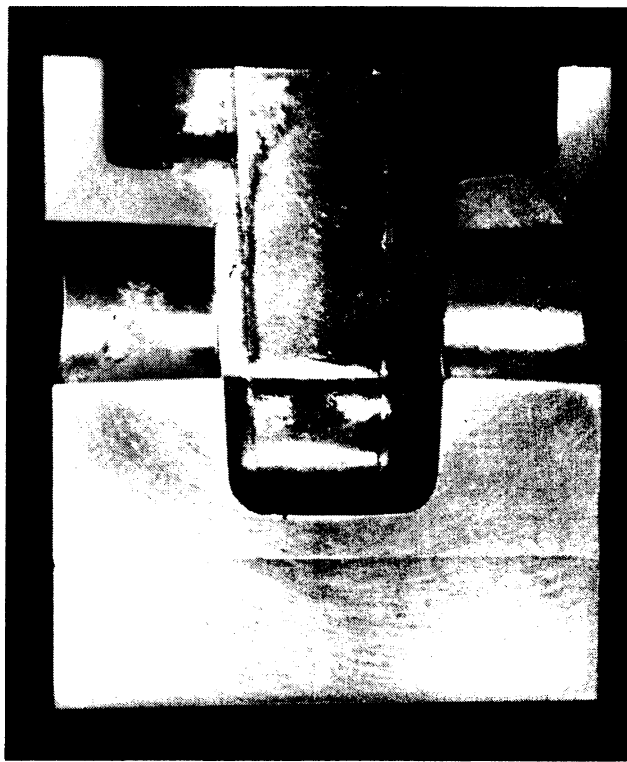


Рис. 1. Сечение дизельного поршня диаметром 130 мм из сплава Al12MMgH с днищем из композиционного материала

размерами и морфологией интерметаллидов AlTi , является ярким тому примером. Динамическому воздействию, однократному и многократному, в диапазоне 2–15 ГПа подвергались литые заготовки в виде пластин.

В литом в кокиль сплаве преобладают интерметаллиды Al_3Ti значительных размеров в диапазоне 120 – 700 мкм (рис. 2, а). Обработка зарядами небольшой мощности (давление 2,0–3,4 ГПа) практически не приводит к изменению размеров интерметаллидов, а только видоизменяет расположение иглообразных включений. Импульсная обработка при нагружении более 10 ГПа способствует изменению размеров до 45 – 180 мкм и формы включений интерметаллидов за счет их дробления, а также более равномерному распределению в алюминиевой матрице (рис. 2, б), причем в 2–3 раза уменьшится количество интерметаллидов. Аналогичный эффект дает применение многократного нагружения, что позволяет использовать меньшие мощности при обработке.

Результаты оценки модифицирующей способности лигатуры Al-Ti , подвергнутой импульсной обработке взрывом, подтвердили ее эффективность.

Применение импульсных воздействий на различных стадиях литейно-металлургического



a



б

Рис. 2. Микроструктуры сплава Al-4%Ti: *a* – литой; *б* – после импульсного нагружения 15 ГПа. х 200

предела дает возможность получать материалы со специфическими свойствами (пористые, композиционные и др.), достигая эффекта измельчения структуры, повышения степени ее однородности, тем самым существенно повысить физико-механические и эксплуатационные свойства литых изделий.

Сегодня НИИИП с ОП предлагает новые промышленные технологии производства литых изделий из сплавов алюминия, меди и других металлов с использованием импульсной обработки различной мощности.

Литература

1. Андрушевич А. А. и др. Изменение структуры и свойств литых материалов при динамических нагружениях // Динамическая перестройка структуры материалов / Под ред. С. М. Ушеренко. М.: НИИ ИП с ОП, 2000. С. 101–121.
2. Андрушевич А. А. Управление литой структурой алюминиевых сплавов при импульсной обработке // Литейное производство. 2001. № 5. С. 12–14.
3. Эпштейн Г. Н. Строение металлов, деформированных взрывом. М.: Металлургия, 1988.