



*Using of pulse processing of different intensity for production of high-grade castings and details of aluminium alloys, including of secondary aluminium waste and scrap, is possible on the basis of application of complex technology of foundry-metallurgical redistribution and provides achievement of increased physical and mechanical and required exploitation characteristics.*

А. А. АНДРУШЕВИЧ, И. Н. КАЗАНЕВСКАЯ, М. Н. ЧУРИК, НИИИП с ОП

УДК 621.746

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ИМПУЛЬСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В промышленно-развитых странах в настоящее время алюминиевые сплавы не подразделяются на первичные и вторичные, что предполагает отсутствие различий в их качестве, особенно по физико-механическим и эксплуатационным характеристикам. До недавнего времени большинство отливок ответственного назначения в Беларуси изготавливалось только из первичных сплавов, несмотря на отсутствие сырья, высокую стоимость и дефицитность этих сплавов. В Научно-исследовательском институте импульсных процессов с опытным производством (НИИИП с ОП, г. Минск) имеется опыт применения отходов и лома из отработавших свой ресурс алюминиевых деталей двигателей и других узлов машин для получения литых материалов и заготовок повышенного качества с использованием динамических воздействий различной интенсивности.

Импульсные методы обработки характеризуются значительными температурно-силовыми нагрузками в диапазоне  $20-1500\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $5 \cdot 10^{-4}-10^2\text{ ГПа}$  при малой длительности временного действия, составляющего от  $10^{-2}$  до 1 с. Как было установлено, эти нагрузки позволяют управлять литой структурой и свойствами формируемых заготовок на различных стадиях литейно-металлургического передела [1].

На стадии подготовки шихты, особенно при разделке крупногабаритного лома и отходов алюминиевых сплавов (картера, корпуса двигателей, сливы и т.п.), нашли применение методы импульсной обработки их энергией взрыва. Дробление шихты проводится на куски размерами в поперечнике не более 100–120 мм. Динамическое взрывное нагружение вследствие одновременного импульсного воздействия термического и деформационного факторов приводит к упрочнению сплавов, сохраняющемся при последующем литейном переделе с переплавом дробленной шихты [2]. В результате сохранения эффекта наследственности, например для сплава АК5М2, предел прочности повышается в 1,2–1,3 раза при увели-

чении твердости от 60 до 75 НВ. При этом время плавки сокращается на 15–20%, угар металла сохраняется на уровне 1–2%.

Разработана технология и освоено производство отливок поршней двигателя КАМАЗ для ПО «Авторемонт» (г. Минск) из лома изношенных поршней [3]. Уровень механических свойств приготавливаемого вторичного сплава АК18 соответствует техническим требованиям.

Приготовление алюминиевых сплавов включает в себя следующие этапы:

- сортировка и разделка лома и отходов с использованием импульсной обработки;
- переплав кусковых отходов в индукционной печи с графитовым тиглем с подшихтовкой до требуемого химического состава;
- рафинирующе-модифицирующая обработка алюминиевого расплава в раздаточной печи с графитовым тиглем, включающая обработку универсальным четырехкомпонентным флюсом и продувку аргоном через титановую трубку.

Литьем в кокиль алюминиевых сплавов АК5М2, АК12ММгН, АК12М2МгН и др., получаемых из лома, образующегося в автопарках и на авторемонтных заводах, производятся также заготовки деталей пневмо- и гидроаппаратуры, корпусов кранов, поршней и шатунов компрессоров, крышек, пробок и т.п. для пассажирского транспорта — автобусов, троллейбусов и железнодорожных вагонов. Отливки отличаются повышенной пневмоплотностью, отсутствием газовой пористости, прошли длительную эксплуатацию и применяются РУП «Транстехника» (г. Минск) для комплектации узлов пневмооборудования в основном при капитальном ремонте автобусов «Икарус».

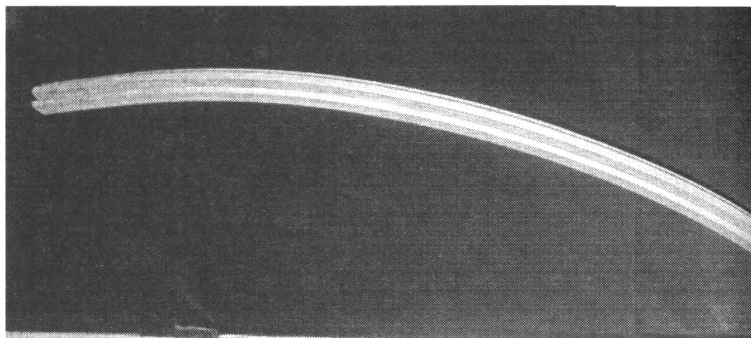
Предложены комплексная технология и кокильная оснастка для изготовления длинномерных алюминиевых вставок токосъемников электротранспорта из отслуживших свой срок службы трамвайных вставок, которые практически полностью решили задачу обеспечения Минского

трамвайного депо этими изделиями [3]. Эксплуатационные испытания показали, что износостойкость вставок токоотъемников трамваев, производимых литьем в кокиль, сохраняется на прежнем уровне при снижении их стоимости на 20–30%, по сравнению с поставляемыми из России по импорту, получаемых горячей экструзией из первичного деформируемого сплава АД 31 (см. рисунок).

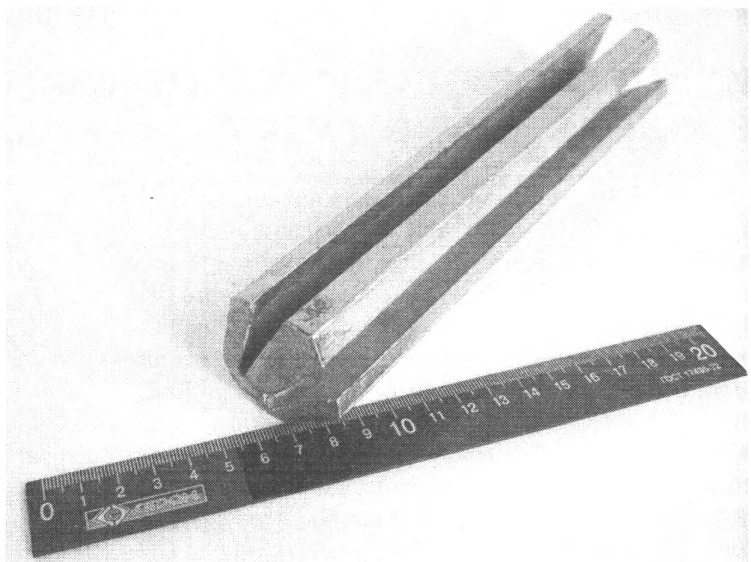
Для формирования мелкокристаллической алюминиево-титановой лигатуры Al–Ti с требуемыми размерами и морфологией интерметаллидов  $Al_3Ti$  применяли импульсную взрывную обработку залитых в кокиль плоских заготовок накладными зарядами при нагрузке 2–15 ГПа. Если в литом сплаве преобладают интерметаллиды значительных размеров 120–700 мкм в виде игольчатых образований, то после динамического воздействия происходят уменьшение размеров  $Al_3Ti$  до 25–75 мкм и изменение их формы за счет дробления игл, а также более равномерное их распределение в алюминиевой основе. Результаты оценки модифицирующей способности алюминиево-титановой лигатуры (4–5% Ti) после импульсной обработки для алюминиевого сплава АК7 подтвердили эффективность этого метода, особенно при получении лигатуры с однородной структурой и средними размерами интерметаллидных включений 20x35 мкм.

В НИИИП с ОП разработана технология получения литых композиционных материалов и изделий с алюминиевой матрицей, армированных каркасами повышенной твердости и износостойкости, жидкофазной пропиткой. Пропитка осуществляется под внешним импульсным давлением в диапазоне 0,3–10,0 МПа и совместима с процессом получения фасонной отливки в кокиле из алюминиевых сплавов. При этом в отливке возможно формирование локально упрочненных зон с резко отличными от основы физико-механическими свойствами.

Невысокие импульсные давления до 10 МПа, при которых достигается инфильтрация алюминиевого расплава в армирующий пористый каркас, обеспечивают ряд преимуществ данной технологии литья: высокая стойкость оснастки, использование различных видов материалов для каркасов, упрочнение локальных зон изделия, широкое варьирование объема каркаса в заготовке, получение отливок любой геометрии и т.д. Проведенные исследования показали возможность изготовления композиционных отливок деталей автотракторных двигателей, испытывающих при эксплуатации значительные термомеханические



a



б

Литая заготовка (а) и ее фрагмент (б)

нагрузки. Например, поршни автотракторных дизельных двигателей из сплавов АК18, АК12ММгН, АК12М2МгН, изготовленные с использованием предложенной технологии, в сравнении с обычными поршнями имеют при повышенных температурах в зонах, упрочненных керамическими каркасами, значения прочности и твердости на 20–30% выше.

Одним из вариантов использования импульсного газового нагружения по разработанной технологии является получение литых пористых материалов и изделий. Для этого под небольшим давлением до 2 МПа осуществляют инфильтрацию жидкого расплава через свободно засыпанный в кокиль порошок или пористую вставку из хлористого натрия, которые после извлечения заготовки из формы растворяются или вымываются. Свойства пористых материалов, полученных литьем в кокиль из вторичного сплава АК12 (пористость 0,6–0,8; средний размер пор 80–200 мкм), находятся на уровне материалов, изготовленных методами порошковой металлургии, и свидетельствуют о возможности изготовления подобных материалов из алюминия и его сплавов с требуемыми характеристиками специальными методами литья [4].

Использование импульсной обработки различной интенсивности для получения качествен-

ных отливок и деталей из алюминиевых сплавов, в том числе из вторичных алюминиевых отходов и лома, возможно на основе применения комплексной технологии литейно-металлургического передела и обеспечивает достижение повышенных физико-механических и требуемых эксплуатационных свойств.

#### Литература

1. Андрушевич А.А. Управление литой структурой алюминиевых сплавов при импульсной обработке // Литейное производство. 2001. № 5. С.12–14.

2. Андрушевич А.А. Влияние динамического нагружения на свойства алюминиевых литейных сплавов // Литье и металлургия. 2000. № 2. С. 31–33.

3. Андрушевич А.А. Казаневская И.Н., Чурик М.Н. и др. Приготовление вторичного Al–Si-сплава для изготовления поршней // Литейное производство. 1999. № 3. С. 23–24.

4. Андрушевич А. А., Чурик М.Н., Капцевич В.М., Кусин Р.А. Получение литых проницаемых материалов на основе алюминия // Литье и металлургия. 2003. № 4. С. 94–97.