



The technological schemas of the cast material production process are given. The optimal schema allowing to receive permeable materials with the required characteristics is proved.

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

УДК 621.74

ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АЛЮМИНИЕВОГО КОКИЛЬНОГО ЛИТЬЯ ИЗ ОТХОДОВ

До настоящего времени, несмотря на отсутствие сырья, высокую стоимость и дефицитность первичных сплавов, большинство алюминиевых отливок ответственного назначения в Беларуси изготавливают только из них. В промышленно-развитых странах алюминиевые сплавы уже давно не подразделяются на первичные и вторичные, что предполагает отсутствие различий в их качестве, содержании примесей и включений, значенных физико-механических и эксплуатационных характеристик.

Научно-исследовательским институтом импульсных процессов с опытным производством (НИИИП с ОП) накоплен богатый опыт применения отходов и лома из отработавших свой ресурс деталей двигателей и других узлов сельскохозяйственной и транспортной техники при изготовлении качественных литых заготовок и деталей из различных марок алюминиевых сплавов.

При приготовлении сплавов из отходов необходимо решить следующие задачи:

- свести до минимума окисление и насыщение водородом сплава при плавке;
- удалить из жидкого сплава до требуемого уровня оксиды, водород, откорректировать при необходимости химический состав.

Отходы, образующиеся на предприятиях при проведении ремонтных работ, содержат загрязнение двух видов: металлические (в основном стальные крепежные детали, втулки и т.п.); неметаллические в виде органических соединений (смазок) и неорганические (пыль, песок, влага).

Кроме того, поверхность отходов покрыта, как правило, толстой рыхлой оксидной пленкой, которая на 30–60% состоит из гидроксида $Al(OH)_3$. При попадании в расплав такой гидроксид способствует повышенному насыщению его водородом и оксидными пленками.

Указанные загрязнения ведут к нежелательным изменениям состава сплава: увеличению

содержания железа, меди, оксидных включений, водорода, который при затвердевании сплава образует газовую пористость. Все это снижает механические и служебные свойства сплава и деталей.

Исходя из перечисленного выше, приготовление сплавов в условиях опытного производства НИИИП с ОП включает в себя следующие основные этапы:

- сортировка и разделка крупногабаритного лома и отходов с использованием импульсной обработки;
- переплав кусковых отходов в индукционной печи с графитовым тиглем и при необходимости введение добавок для корректировки химического состава;
- рафинирующе-модифицирующая обработка алюминиевого расплава в раздаточной печи с графитовым тиглем, включающая обработку флюсами, ввод дегазирующих таблеток и продувку аргоном.

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 проводили 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, сохраняющемуся при последующем литейном переделе с переплавом дробленой шихты [1].

Сильно загрязненные отходы, например, изношенные на 1/3 вставки токоприемника трамваев, пазы которых заполнены маслографитовой смазкой, перед переплавом подогревали до 400–450 °С в течение 1 ч для частичного удаления смазки.

Переплав отходов осуществляли в индукционной печи ИСТ-016 с применением покровно-

рафинирующих флюсов, которые обладают хорошей смачивающей способностью к твердым оксидным включениям, чем облегчают их переход в шлак и удаление. Хорошие результаты показали флюсы, поставляемые ОДО «Эвтектика» (г. Минск).

Пористость сплава после переплава соответствует 3–4-му баллу (ГОСТ 1583-93), что не удовлетворяет техническим требованиям, предъявляемым к деталям пневмо- и гидроаппаратуры, двигателей внутреннего сгорания, поршней дизельных двигателей, пористость которых не должна превышать 1–2 балла.

Более глубокую очистку сплава от растворенного водорода и оксидных включений, а при необходимости и модифицирование сплава проводят в раздаточных печах с графитовыми или чугунными футерованными тиглями. В зависимости от марки сплавов (эвтектические, до- или заэвтектические силумины, деформируемый сплав АД31) и степени загрязнения отходов для обработки расплавов применяют различные комбинации следующих материалов:

- аргон для продувки через пористые фильтры;
- дегазирующие таблетки, дегазирующие таблетки с модифицирующим эффектом (ОДО «Эвтектика»);
- флюсы покровно-рафинирующие (ОДО «Эвтектика»);
- четырехкомпонентные флюсы.

Исследования свойств приготовленных из отходов сплавов показали, что разработанные технологии обеспечивают для разных марок сплавов прочность и твердость не ниже требований ГОСТ 1583-93 (1–2-й балл пористости, содержание оксидных включений — не выше $0,1 \text{ мм}^2/\text{см}^2$ по пробе Добаткина).

Литьем в кокиль из алюминиевых сплавов АК5М2, АК12ММгН, АК12М2МгН, АК18 и др., получаемых из лома, образующегося в автопарках, на авторемонтных заводах и опытном производстве института, производят заготовки деталей пневмо- и гидроаппаратуры: корпуса кранов, поршни компрессоров, крышки, пробки и т.п. для пассажирского транспорта — автобусов, трамваев и троллейбусов, а также поршни дизельных двигателей. Отливки отличаются отсутствием газовой пористости, повышенной пневмоплотностью; прошли длительную эксплуатацию и применяются РУП «Транстехника» в ремонтных целях.

Разработаны комплексная технология и кокильная оснастка для изготовления алюминиевых вставок токосъемников электротранспорта из отслуживших срок службы трамвайных вставок, получаемых горячей экструзией из первичного деформируемого сплава АД 31.

Токосъемная вставка токоприемника трамваев типа РВЗ-6М2 представляет собой изогнутую

деталь балочного типа с поперечным сечением в виде соединенных между собой трех лепестков массой 3,1 кг (рис. 1). Радиус изгиба — 1800 мм, длина вставки — 1300 мм. Наиболее экономически целесообразным вариантом получения такой заготовки является способ литья в металлическую форму (кокиль) с последующим изгибом прямой отливки по радиусу 1800 мм.

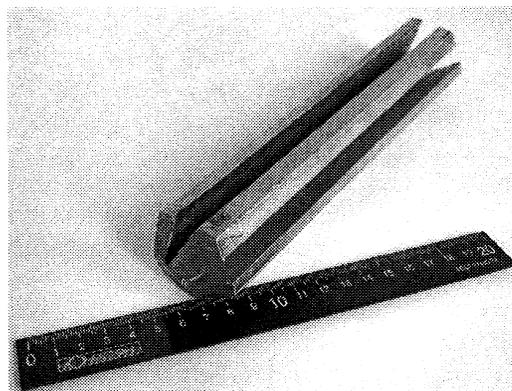
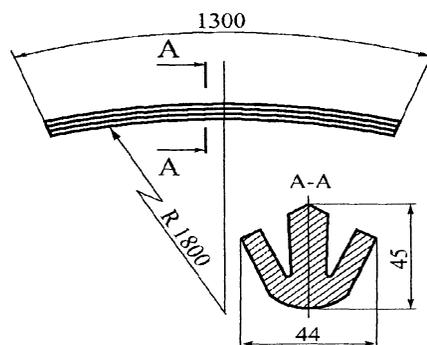


Рис. 1. Профильная алюминиевая вставка

Для каждой конкретной отливки габариты и масса оснастки в первую очередь определяются типом литниковой системы. Применение для такой протяженной отливки как вставка традиционной литниковой системы в виде змеевидного стояка и боковой массивной питающей бобышки привело бы к возрастанию массы кокиля до 200–250 кг и низкому выходу годного (отношение массы заготовки к массе заливаемого металла) — 30–40%. Кроме того, для сборки — разборки такой формы потребовалось бы применение гидropневмомеханических приспособлений (механизмов), что существенно увеличило бы затраты на изготовление оснастки.

В связи с этим за основу технологии приняли схему заливки сплава в торец полости наклоняемого до 45° кокиля (без литниковой системы). При разработке приспособления для изгиба заготовки по дуге радиусом 1800 мм было опробовано несколько вариантов, в том числе и использование трехвалковой гибочной машины со специально изготовленными профильными направляющими роликами. Однако наиболее рациональным оказался следующий вариант деформации встав-

ки: горячая заготовка при температуре 250–300 °С после удаления ее из кокиля помещается в приспособление и оператор с помощью трубчатого рычага изгибает ее до радиуса 1800 мм.

За время отработки технологии и изготовления первых опытных партий заготовок детали «Вставка» произошла существенная деформация (изгиб) вдоль продольной оси обеих стержней кокиля, формирующих продольные пазы в отливке (рис. 2). Величина прогиба в средней зоне достигла 8–9 мм, что привело к нарушению геометрии заготовок и затруднило дальнейшую эксплуатацию кокиля. В полуформах кокиля деформация не наблюдалась. Попытка использовать изогнутые стержни для формирования заготовок с изгибом в нужном направлении не привела к положительным результатам в связи с прогрессирующей деформацией (короблением) стержней.

Проведенный анализ теплового состояния в процессе работы полуформ и стержней кокиля позволил установить, почему стержни, в отличие от полуформ, подвержены короблению. У рассматриваемых стержней кокиля длина намного больше поперечных размеров, конфигурация и размеры поперечного сечения у них постоянны на всей длине. Для одних и тех же участков поперечного сечения условия циклического нагрева-охлаждения, а следовательно, и условия образования остаточных напряжений практически одинаковы на всей длине, кроме концов, и эпюры остаточных напряжений одинаковы в любом поперечном сечении. Изменения напряжений σ в сечении F_c в циклическом процессе нагрева – охлаждения в деталях балочного типа, какими являются стержни кокиля, могут вызвать только удлинение или сжатие вдоль продольной оси Z и изгиб их относительно оси X под действием неуравновешенных продольной силы N и изгибающего момента M_x (рис. 2):

$$N = \int_F \sigma dF_c, \quad M_x = \int_F \sigma y dF_c.$$

Под действием изгибающего момента M_x произойдет изгиб стержня в плоскости YZ , при этом максимальный прогиб f_y будет равен [2]:

$$f_y = \frac{M_x l^2}{8EJ_x},$$

где J_x – момент инерции поперечного сечения относительно оси X ; E – модуль упругости материала стержня.

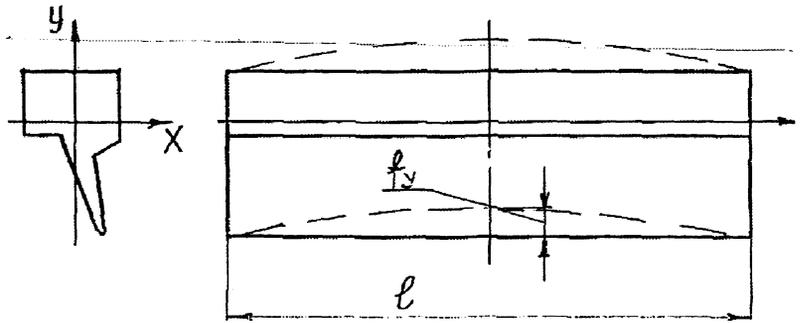


Рис. 2. Схема деформации стержня

По мере уменьшения площади нагрева F возможности для свободного перемещения зон вдоль оси увеличиваются, а возникающие при этом напряжения снижаются, т.е. величина возникающих термических напряжений определяется нереализованными возможностями перемещения зон (сечений) ребра (фактическое перемещение зависит от способности наружной, более массивной и менее нагретой части стержня удерживать тонкое горячее ребро). В пределе, когда площадь нагрева стремится к нулю (стержень очень малой длины), возникающие термические напряжения также стремятся к нулю, т.е. эффект коробления (изгиба) исчезает. В связи с этим, исходя из расчетных данных и конструктивных соображений, была проведена доработка оснастки: каждый стержень с первоначальной длиной 1320 мм расчленен на пять отдельных частей длиной 264 мм, которые закреплены на вспомогательной плите. Эксплуатация составных стержней подтвердила правильность выбранного решения: после изготовления около 3 тыс. заготовок коробление отсутствует во всех частях стержней.

Эксплуатационные испытания износостойкости вставок показали, что литые вставки не уступают импортируемому и соответствуют требованиям ТУ 84-436-88.

Рациональное использование вторичных алюминиевых отходов и лома на основе применения комплексной технологии литейно-металлургического передела позволяет получать кокильные отливки требуемого качества с существенной экономией материальных и энергетических ресурсов.

Литература

1. Андрушевич А.А. Влияние динамического нагружения на свойства алюминиевых литейных сплавов // *Литье и металлургия*. 2000. № 2. С. 31–33.
2. Рудицын М.Н. и др. Справочное пособие по сопротивлению материалов. Мн.: Выш. шк., 1970.