

СЕКЦИЯ 4. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РАСПЛАВА АК12 НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ

Антонов М.М., Богданова Т.А., Чеглаков А.В.

*Руководитель – доцент, канд. тех. наук Орелкина Т.А.
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск
emaciate@mail.ru*

Литые диски автомобильных колес из сплава АК12, способные работать без разрушения в сложных условиях эксплуатации, должны соответствовать высоким требованиям к технологии изготовления и качеству отливок на всех этапах производства.

Алюминиевые сплавы в жидком состоянии активно взаимодействуют с кислородом, водородом, азотом, углеродом, которые присутствуют в составе шихты, атмосфере окружающей среды, футеровке печи, огнеупорных материалах, что и является источниками газонасыщения расплава.

Алюминий практически не растворяет кислород, и образует свободные оксиды ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) в виде защитной пленки на поверхности расплава. Высокая степень дисперсности кристаллов и межкристаллитной пористостью пленки Al_2O_3 способствует адсорбции водорода из водяных паров, что способствует изоляции плотной оксидной пленки от кислорода. В связи с этим, повышается содержание водорода с увеличением температуры расплава. Результатом такого взаимодействия алюминиевого расплава с влагой и газами атмосферы является присутствие в отливках газовой пористости, неметаллических и оксидных включений в виде взвесей и плен, что приводит к снижению механических и эксплуатационных свойств готового изделия.

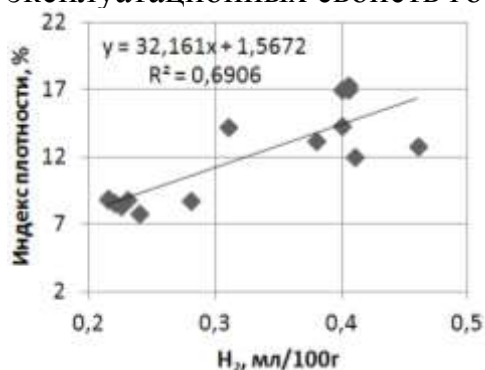


Рисунок 1 – Зависимость индекса плотности от содержания водорода

Объектом исследования в работе был выбран сплав АК12 в жидком и твердом состоянии.

Проводили анализ содержания водорода в расплаве косвенными методами: индекс плотности (И.П.) и электрохимический метод с помощью прибора ALSPEK H MINI. Результаты измерения индекса плотности и содержания водорода в расплаве марки АК12 представлены на рисунке 1. Коэффициент детерминации $R^2=0,69$ определяет среднюю зависимость между значениями индекса плотности и содержанием водорода.

Следовательно, индекс плотности в исследованных условиях приготовления расплава показывает не только изменение содержания водорода, но и загрязненность расплава неметаллическими включениями.

На производстве при стендовых испытаниях регламентированных ГОСТ Р50511 выявилась тенденция к развитию трещины в зоне ступицы, характеризующие усталостное разрушение.

Причиной появления очагов усталостного разрушения могут быть неметаллические включения, в том числе оксидные пленки, которые являются местами концентраторов напряжений. Наличие оксидных пленок ослабляет конструкцию колеса и может служить причиной его разрушения в процессе эксплуатации и создание аварийной ситуации.

Поэтому необходимо количественно оценить присутствие оксидных пленок в отливках сплава АК12. Метод оценки загрязненности оксидными пленками по технологической пробе был разработан В.И. Добаткиным. Однако, его исследования были направлены на оценку качества деформируемых сплавов, широко применяемых для изделий ответственного назначения, например в авиастроении.

В дальнейшем проводили количественную оценку загрязненности отливок из сплава АК12 оксидными пленками по технологической пробе. Метод технологической пробы заключается в анализе структуры изломов осажённых галет, полученных в процессе горячей деформации открытыми бойками образцов, отлитых в специальный кокиль, изготовленный на предприятии ООО «КиК». Процесс осадки способствует развитию дефектов, а последующий нагрев галет до температуры 450 °С и выдержка при этой температуре в течение двух часов, приводит к фиксации дефектов (оксидных пленок). Количественным результатом анализа является расчетный коэффициент пораженности оксидными пленками K_d , который определяется отношением площади дефектов, обнаруженных в изломах технологических проб S_d (см²), к общей площади исследуемого излома $S_{изл}$ (см²):

$$K_d = (S_d / S_{изл}) \cdot 100\%$$

Для оценки эффективности применения метода осадки проб проводили сравнительный анализ проб, отлитых при одинаковых условиях, до и после рафинирования с обязательным контролем содержания водорода экспресс методом, контролем индекса плотности расплава и коэффициентом пораженности оксидными пленками.

На изломах проб видно, что после рафинирования изменяется количество и размеры площадок (расслоений) на поверхности излома, и как следствие, коэффициент пораженности оксидными пленками, рисунок 2.

Полученные изломы исследовали с использованием растрового электронного микроскопа. Анализ показал, что разрушение заготовок происходит по оксидным пленкам, расположенным по границам зерен и развитых в процессе деформации в виде площадок, рисунок 3.

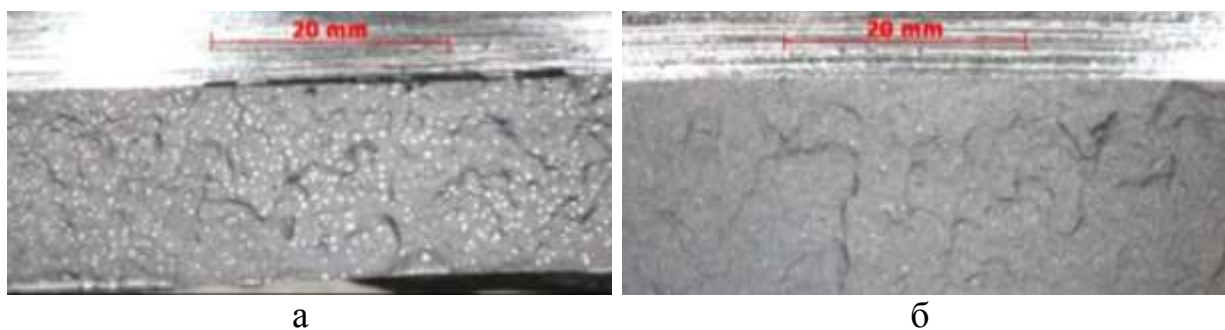


Рисунок 2 – Изломы технологических проб а – до рафинирования; б – после рафинирования

Микроструктура излома характеризуется большим количеством мелких ямок, что говорит о значительной пластической деформации. Большая деформация наблюдается на границах площадок, которые в свою очередь являются бесструктурными, и являются результатом хрупкого разрушения по оксидной плене.

Метод технологических проб позволяет оценивать эффективность выбранной технологии приготовления расплава. Поэтому важно установить связи K_d , значений И.П. и содержания водорода в расплаве марки АК12 с целью прогнозирования загрязненности расплава неметаллическими включениями и исключения условий, приводящих к снижению качества сплава.

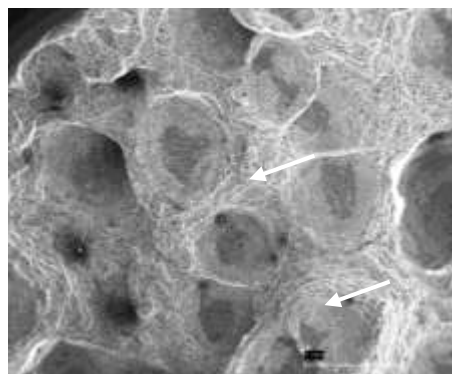


Рисунок 3 – Структура излома технологической пробы до рафинирования, растровая микроскопия; x50

На заключительном этапе исследования были установлены зависимости между содержанием водорода в сплаве, K_d и значениями И.П. Определено, что повышение уровня K_d больше 2% и содержания водорода в расплаве больше 0,25 мл/100г сопровождается резким увеличением индекса плотности, а следственно и снижением качества расплава.

На основании экспериментальных данных, был выполнен множественный регрессионный анализ и построена математическая модель для прогнозирования качества расплава: $y_{K_d} = 0,51 \cdot x_1 - 0,275 \cdot x_2 - 2,99$, где x_1 - индекс плотности, x_2 - содержание водорода

Таким образом, в работе разработана и реализована методика технологических проб по оценке пораженности оксидными пленами, и получена математическая модель, оценивающая технологию приготовления расплава. Результаты исследования рекомендуется использовать в условиях производства ООО «КиК» для контроля качества отливок.