

ISSN 2091-5527  
№ 4/2025

Ўзбекистон

# **K**ompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал  
**Композиционные материалы**

## АНАЛИТИКА ПРОЦЕСС НАСЫЩЕНИЯ СПЛАВА АЛЮМИНИЯ С ГАЗОВЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ

<sup>1</sup>Турахужаева Ш.Н., <sup>2</sup>Шарипов К.А., <sup>3</sup>Мардонакулов Ш.О.

<sup>1</sup>PhD, доцент, Политехнический университет Турина, Италия

<sup>2</sup>д.т.н., профессор, Министерство Высшего образования, науки и инноваций РУз.

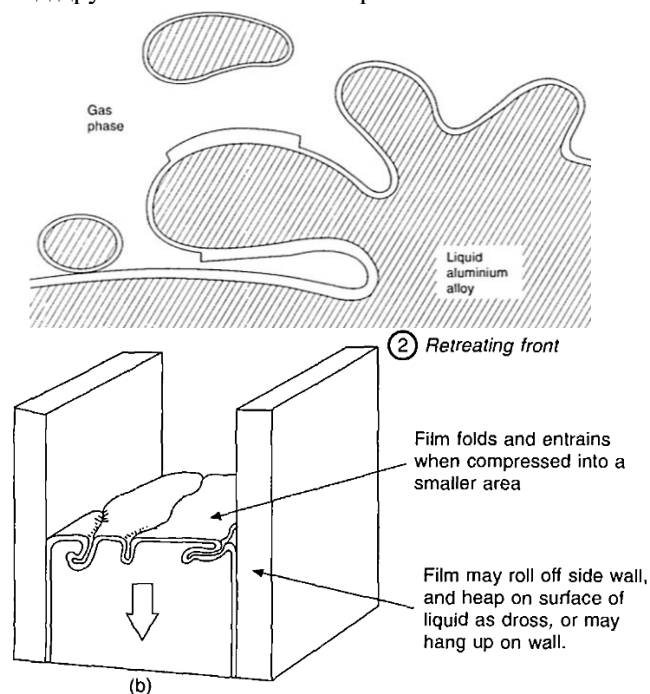
<sup>3</sup>Независимый исследователь, Ташкентский Государственный технический университет

**Ведение.** Проблема с экологией «трогает» все направления, особенно производства в отрасли металлургии, где из-за переработки одного или другого вида сплава, сопровождающиеся выделением опасных газов в атмосферу. Извлечение металлов из руд требует огромное количество энергии, посредством чего выделяются газы серы и карбонатов что сильно ухудшают атмосферную среду [1]. А переработка металлов позволяет сохранить электроэнергию и особенно экологию, что сейчас очень важно. Но, к сожалению, не все металлы подвергаются ко вторичному переработку. В металлургической арене металл алюминия принято назвать еще и «зеленым» или «экометаллом». Алюминий подвергается к переработке практически бесконечно, и переработка 1 кг алюминия позволяет сэкономить 8 кг бокситов и 14 000 кВт·ч электроэнергии. Переработка алюминия требует до 95% меньше энергии, чем производство из руды, что позволяет избежать выбросов, включая парниковые газы. Кроме этого, около 75 % из переработанного алюминия, когда-либо произведенного, до сих пор находится в продуктивном использовании. В среднем, переработка одной тонны алюминия экономит более 16 тонн выбросов парниковых газов в мире. Это эквивалентно поездке на автомобиле на расстояние более 40 000 миль [2].

Плавка алюминиевых сплавов не является сложным процессом, но этот процесс осуществляется с насыщением алюминия газовыми включениями. К таким неметаллам, в основном, относятся такие элементы как водород и кислород, которые могут значительно ухудшить свойства конечных деталей. При плавке на атмосферной среде, алюминий насыщается с водородом и кислородом образуя стабильных и нестабильных соединений в зависимости от условия, температур и состава сплава. На первом этапе, алюминий соединяется с кислородом образуя оксид алюминия ( $Al_2O_3$ ). Это соединение, в первую очередь, защищает металла от коррозии, а также увеличивает ряд механических свойств. Однако, в то же время, его попадание в расплав сильно увеличивает пористости сплава, образуя в дальнейшем трещин на месте скопления газов. Окисная

пленка еще служит как источник насыщения расплава водородом. Кроме оксидных включений, в расплаве еще встречаются и интерметаллиды, такие как нитриды, сульфиды, карбиды. Присутствие активных (щелочные и щелочноземельные) металлов увеличивает проницаемость оксида в расплав, а легирующие элементы (медь, цинк, кремний) разрыхляют оксидную пленку, что способствует насыщению расплава водородом [3].

**Объект и методы исследования.** По сути, растворимость кислорода в жидком алюминии очень низка, почти близка к нулю. И чтобы кислород взаимодействовал с жидким расплавом нужен доступ к внутренним слоям, где идет уже не химический, а механический процесс. Окисная пленка и условна следующий жидкий слой в расплаве хорошо смачиваемый, где условия неблагоприятная для трещин [4-5]. Поверхность алюминия очень полезна тем, что она защищает сплава от окисления и увеличивает твердость в несколько раз. Оксидная пленка не вредна пока она на поверхности, но при турбулентности поверхности расплава, оксидный слой не реагирует друг с другом и условные верхние (оксидный, сухой) слои «складываются» друг над другом как показано на рис. 1.



При турбулентности сплав начинается насыщаться кислородом и избавиться от таких оксидов очень трудно, так как энергия связи между кислородом и алюминием очень велика ( $U=15,9 \times 10^3$  кДж/моль ( $\approx 15,9$  МДж/моль)) и этим объясняется высокая точка плавления,

твердость и химическая стойкость сплава. С учетом устойчивости оксидного сплава был разработан новый состав флюса (табл.1), где флюс способствует к разрушению оксида алюминия и поможет очистить расплав от газов.

Таблица 1

№	Назначение флюса	Составляющие флюса в весовых процентах, %								
		NaCl	KCl	NaF	NaN	KN	CaO	CaCl <sub>2</sub>	Li	Li[AlH <sub>4</sub> ]
1	В качестве защитного слоя	40	20	5	3	3	10	15	2	2
2	В качестве защитного слоя	40	30	5	3	3	10	5	2	2
3	В качестве защитного слоя	50	20	3	2	3	8	7	3	4
4	В качестве защитного слоя	50	30	3	3	2	2	2	5	3
5	В качестве защитного слоя	40	30	5	5	5	4	2	5	4
6	В качестве защитного слоя	40	30	2	2	2	12	7	1	4

Режим загрузки шихты (табл. 2)

Таблица 2

№ флюса	Режим введения в расплав	Количество окиси алюминия в расплаве, %	Количество водорода в расплаве, см <sup>3</sup> /100 гр.
7	В качестве защитного слоя над жидким расплавом в печи	5-7	0,38-0,40
7	В процессе загрузки шихты в печь	2-5	0,28-0,32
7	В раздаточный ковш перед сливом расплава из печи	3-5	0,30-0,36
7	В раздаточный ковш после слива расплава из печи с перемешиванием миксером	5-6	0,33-0,35
7	В качестве защитного слоя над жидким расплавом в раздаточном ковше	6-7	0,36-0,40

**Результаты.** Результаты анализов показали, что при изменении состава флюса и режима загрузки флюса, газовые включения в расплаве уменьшились на 6-8%, что способствовало к улучшению структуры и увеличению механических свойств сплава.

Для определения влияния состава флюса на качество сплава и на механические свойства были проведены лабораторные испытания и результаты были внедрены на производства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Turakhujaeva, Shirinkhon et al. "Mathematical Modeling of Quantitative Changes in Hydrogen and Oxide Inclusions in Aluminum Alloy." E3S web of conferences. 365 (2023): n. pag. Web.
2. <http://www.world-aluminium.org/cache/fl0000148.pdf>
3. Atomic and electronic structures of-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> surfaces Takahiro Kurita, \*Kazuyuki Uchida, and Atsushi Oshiyama† Department of Applied Physics, The University of Tokyo, Hongo, Tokyo 113-8656, Japan and CREST, Japan Science and Technology Agency, Sanbancho, Tokyo 102-0075, Japan Received 2 June 2010; revised manuscript received 22 September 2010;
4. J. Campbell: Castings, 2nd ed., Butterworth-Heinemann, Oxford, U.K., 2003, pp. 17-69.
5. J. Campbell: Complete Casting Handbook/ Metal casting processes, Metallurgy, Techniques and design book/ second edition, Butterworth-Heinemann, Oxford, U.K., 2015, pp. 163-188./ <https://doi.org/10.1016/C2014-0-01548-1>

<b>Jalilov Sh.N., Qilichov Z.Z., Rasulova N.F., Rajabbojeva M.X.</b> Epixlorgidrin yordamida mochevina-formaldegid smolasini modifikatsiyalash asosida kompozitsion yog'och plita materiallar uchun kley olish texnologiyasi .....	205
<b>Dustqobilov E.N., Yuldashev T.R.</b> Qayta ishlanadigan tabiiy gazlarini gazsimon va dispers zarrachalardan ajralish samaradorli ko'rsatgichlarini tadqiqotlash .....	207
<b>Omonov Z.J.</b> Takomillashtirilgan ta'minlagichni mahsulot sifatiga va jin samaradorligiga ta'sirining tadqiqoti..12	
<b>Асадова Х., Абдурахмонова С., Билалова Д.</b> Оптимизация технологии радиального бурения для повышения эффективности разработки обводненных месторождений .....	218
<b>Jalilov Sh.N., Amonov M.R., Rasulova N.F.</b> Mochevino–formaldegid smolasini epixlorgidrin va melamin asosida modifikatsiyalash orqali olingan yelimlovchi kompozitning sintez va IQ tahlilini o'rganish .....	221
<b>Qurbonov A.R., Yusupov F.M., Raximov X.Yu.</b> Gaz quvurlari uchun yaratilgan korroziyaga qarshi samarali tarkibni olish texnologiyasini ishlab chiqish .....	224

## 7. Вести из лаборатории

<b>Негматов С.С., Холматов Э.А., Абед Н.С., Негматов Ж.Н., Косимов Ш.Б., Халимжанов Т.С.</b> Исследование триботехнических характеристик композиционных полимерных материалов при трении с хлопком-сырцом .....	227
<b>Abdullayev A.X.</b> Plug lemexining ishchi yuzasiga yeyilishbardosh qoplama qoplash bilan ish unumdorlikni oshirish .....	228
<b>Негматов Ж.Н., Хурсанов А.Х., Курбонов У.М., Негматова К.С., Негматов С.С., Абед Н.С., Икрамова М.Э., Рахимов Х.Ю.</b> Исследование структуры, химического состава и физико-химических свойств органо-неорганических ингредиентов на основе местного сырья и отходов производств для создания химических композиционных флотореагентов–вспенивателей .....	231
<b>Якубов М.М., Джумаева Х.Ю.</b> Флотационное обогащения руд месторождения Ёшлик I от крупности питания .....	234
<b>Намозов С.С., Негматов С.С., Негматова К.С., Абед Н.С., Саидкулов С.А., Султанов С.У., Жовлиев Ш.Х., Дусмуродов Э.Б.</b> Исследование характеристики отдельных фракций госсиполовой смолы, физико-химические свойства аминоспиртов и разработка ингибиторов коррозии на их основе .....	236
<b>Турахужаева Ш.Н., Шарипов К.А., Мардонакулов Ш.О.</b> Аналитика процесс насыщения сплава алюминия с газовыми включениями .....	238
<b>Maksudxo'jayeva M.S.</b> Temir metall lomidan temir kuporos ishlab chiqarish .....	240
<b>Маматов Б.А., Исломов Ш.А., Абед Н.С., Улмасов Т.У., Негматов С.С., Ибодуллаев Т.Н., Туляганова В.С., Бозорбоев Ш.А.</b> Технологические оборудование для изготовления акустических композиционных полимерных материалов, содержащих природные наполнители с открыто-пористой и волокнистой структурой .....	241
<b>Негматов С.С., Бабаханова М.А., Рахимов Х.Ю., Саидкулов С.А., Намозов С.С.</b> Композицион лок-бўёк ва унинг асосидаги материалнинг иссиқликка чидамлигини ўрганиш .....	243
<b>Негматова К.С., Негматов С.С., Субанова З.А., Бозоров А.Н.</b> Металлургия саноати техноген чиқиндиларидан ренийни ажратиш олишда ишлаб чиқилган композицион ион алмашувчи сорбентларни саноат миқёсида қўллаш механизми .....	244
<b>Sadullayeva G.B., Ibragimova M.R.</b> 1,2,4-triazol hosilalarining kompleks birikmalari sintezi va biologik ahamiyati .....	245
<b>Yaxshieva Z.Z., Sobirova Z.O.</b> Cr(III) ionini 5-metoksi-2-nitrozofenol bilan konservalangan mahsulotlarda xromoamperometrik usul ishlab chiqish .....	248
<b>Нуруллаев Ш.П., Рузметов И., Саидмирзаева Д.Б., Турдимуродова М.М., Маматов А.М.</b> Математическая модель получения композиционного адсорбента на основе отходов древесного волокна и роторного шлака .....	250
<b>Jalilov Sh.N., Amonov M.R.</b> Study and analysis of polymeric binders used in wood-based panel production and their limitations .....	253