

# ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕННЫХ ИЛИ УНИЧТОЖЕННЫХ МАРКИРОВОЧНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ НА ИЗДЕЛИЯХ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

РАЙГОРОДСКИЙ Владимир Михайлович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

*Работа посвящена оптимизации процесса восстановления измененных или уничтоженных маркировочных обозначений на алюминиевых сплавах АЛ-4 и АЛ-5, применяемых для изготовления блоков двигателей транспортных средств, а также на деформируемых алюминиевых сплавах Д-1 и АД-0. По результатам работы установлены оптимальные режимы проведения процесса восстановления, подобраны травители и электролиты, позволяющие получить качественные и воспроизводимые результаты восстановления маркировочных обозначений.*

Необходимость в восстановлении маркировочных обозначений возникает в случае, когда на изделии, которое должно иметь маркировку, обозначения отсутствуют вовсе либо есть основания предполагать, что они изменены. Уничтожение или изменение маркировочных обозначений проводят, как правило, с целью сокрытия преступлений, таких как угон или кража транспортных средств, антиквариата, незаконного приобретения или кражи оружия, орденов, подделки пробирных клейм на изделиях из драгоценных металлов, изменения маркировочных обозначений на пломбирочных запирающих устройствах и пр.

Восстановление удаленных маркировочных обозначений возможно лишь в тех случаях, когда при их нанесении происходит изменение каких-либо физико-механических или иных свойств материала, например, остаточных напряжений (деформаций) кристаллической структуры, растворимости, остаточного намагничивания, плотности, электропроводности и т.д. Причем эти изменения должны наблюдаться в структуре материала не только в местах набивки знаков, но и в нижележащих слоях, т.е. в слоях, оставшихся на изделии после удаления верхнего слоя материала с обозначением. Эти слои, несущие информацию о маркировке, позволяют выявить штрихи обозначения.

Исходя из этого, для качественного восстановления особое значение имеет способ нанесения обозначений, определяющий степень изменения свойств материала в нижележащих слоях. В работах [4, 5, 7, 9] подробно рассмотрены способы нанесения маркировочных обозначений и показано, что наиболее информативным с точки зрения их восстановления является холодная штамповка, при которой происходит образование деформированных слоев материала на боль-

шую глубину. Кроме того, показано, что наиболее легко реализуемы химический и электрохимический методы восстановления, основанные на селективном растворении поверхностного слоя материала. Селективность в данном случае предполагает различие в скоростях растворения материала в деформированных и недеформированных участках и достигается соответствующим подбором травителей и электролитов.

По сравнению с химическим методом, электрохимический представляет собой процесс растворения металлов в электролитических ваннах с растворами солей или кислот под воздействием электрического тока. Чаще других применяют анодное травление, при этом анодом служит металл, подвергаемый травлению, а катодом – проводящая пластина, изготовленная из материала, нейтрального к действию электролита, например, из свинца или графита.

Реализовать химический и электрохимический методы можно тремя способами [8, 9]: опусканием изделия в ванночку с травителем или электролитом, изготовлением ванночки на самом изделии либо обработкой поверхности ватным тампоном, смоченным травителем или электролитом. Наиболее универсальным является третий способ, поскольку он позволяет проводить процесс восстановления, в т.ч. на маркировочных площадках массивных изделий, а также в тех случаях, когда площадка, на которой проводится процесс восстановления, расположена вертикально. Исходя из его универсальности, данный способ использовали в настоящей работе.

Методы химического и электролитического травления достаточно близки как по механизму воздействия на исследуемый материал, так и по способам реализации. Следует отметить, что процесс восстановления посредством электролитического травления незаслуженно редко





используется специалистами, проводящими восстановление маркировочных обозначений. В то же время данный метод имеет важное преимущество, позволяя регулировать скорость протекания процесса, при необходимости ускоряя или замедляя его [6, 7] регулировкой питающего напряжения.

Возможность уменьшения скорости растворения важна, поскольку в этом случае снижается вероятность удаления уже восстановленных обозначений. Кроме того, чрезмерная скорость травления зачастую сопровождается «вырыванием» металла с поверхности, что приводит к образованию значительных неровностей (излишне развитой поверхности), которые, в свою очередь могут значительно снизить контраст восстановленных обозначений, вплоть до невозможности их зрительной или фотофиксации. Регулировкой тока, а также подбором электролитов, в т.ч. изменением концентрации веществ, входящих в их состав, возможно оптимизировать процесс в том числе и по скорости растворения, сделав его более воспроизводимым и регулируемым.

Большинство авторов [4, 5, 6, 9] рекомендуют в качестве источников электрического напряжения для электролитического травления любые маломощные источники постоянного напряжения 3...12 В, позволяющие обеспечить силу тока 0,2...0,5 А, в т.ч. обычные батарейки. Наши исследования показали, что даже для источников, стабилизированных по току и напряжению и рассчитанных на силу тока до 2 А, происходит значительное «подсаживание» напряжения питания, что значительно замедляет процесс электролитического травления, делает его неуправляемым и невоспроизводимым. Из этого следует, что лабораторный источник напряжения должен иметь предел по току 10...15 А. Для этих целей подходит автомобильная аккумуляторная батарея, в т.ч. для выявления номеров на деталях автомобиля.

Одним из наиболее распространенных конструкционных материалов является алюминий и его сплавы, которые широко используются для изготовления корпусов летательных аппаратов, в автомобилестроении для изготовления блоков двигателей, для корпусов и других элементов различных бытовых изделий, в электротехнике и т.д. Широкое применение алюминиевых сплавов объясняется их уникальными свойствами: малой массой изделий в сочетании с их высокой прочностью, легкостью механической обработки, возможностью изготовления литевых изделий. Полученные изделия обладают герметичностью, что важно, например, при их использовании в качестве блоков цилиндров двигателей автомобиля.

В частности, двигатели с блоками цилиндров из алюминиевых сплавов для автомобилей

ГАЗ «Волга», «Газель» и УАЗ изготавливают Заволжский и Ульяновский моторные заводы. До последнего времени указанные сплавы использовал Уфимский моторостроительный завод для автомобилей «Москвич» ПО «Ижмаш». Блоки цилиндров из алюминиевых сплавов широко используют практически все крупнейшие зарубежные автомобильные гиганты: BMW, Jaguar, Rover, Mercedes-Benz, Porsche, Audi, Chevrolet, стремящиеся снизить массу двигателей, особенно при создании многоцилиндровых моторов с большим рабочим объемом.

Необходимые прочностные свойства стенок цилиндров достигаются дополнительным введением либо в сам материал, либо в область, непосредственно прилегающую к стенке цилиндра, кремния, который прочнее чугуна, традиционно используемого для изготовления блоков цилиндров (Серый чугун используется для изготовления блоков цилиндров всех автомобилей марки ВАЗ. Ранее использовался для изготовления блока цилиндров двигателя МеМЗ-1102 Мелитопольского завода «Мотордеталь» для автомобиля ЗАЗ-1102 «Таврия»).

В настоящей работе решалась задача оптимизации технологии восстановления маркировочных обозначений на алюминиевых сплавах химическим и электрохимическим методами. Оптимизация заключалась в выборе наилучших по составу травителей и электролитов, а также условий проведения процесса.

Исследования проводили на пяти различных марках алюминиевых сплавов: АЛ-4, АЛ-4-1, АЛ-5, АД-0 и Д-1, первые три из которых относятся к литевым сплавам (для изготовления отливок) и используются для изготовления блоков цилиндров двигателей транспортных средств. Сплавы АД-0 и Д-1 относятся к деформируемым сплавам и широко используются для изготовления проката и поковок. При этом сплав АД-0 относится к сплавам с низкой прочностью и высокой пластичностью, что связано с отсутствием легирующих добавок. В этой связи данный вид сплавов относится к техническому алюминию без легирования. В отличие от него сплав Д-1 легирован Al-Cu-Mg и относится к сплавам нормальной прочности (дюралем).

При холодной прокатке и волочении происходит упрочнение сплавов АД-0 и Д-1. Поэтому их относят к сплавам, упрочняемым давлением. Деформационное упрочнение приводит к увеличению прочности и твердости, но уменьшает пластичность. Восстановление пластичности достигается последующим рекристаллизационным отжигом.

Состав исследуемых сплавов представлен в табл. 1, 2.

На всех исследуемых сплавах проводили химическое и электролитическое травление, в т.ч.

**Химический состав алюминиевых литевых сплавов, используемых для изготовления блоков двигателей транспортных средств (в соответствии с ГОСТ 1583-93. Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия)**

Марка сплава	Массовая доля основных компонентов, %						
	Mg	Si	Mn	Cu	Ti	Ni	Al
АЛ-4	0,17–0,30	8–10,5	0,2–0,5	–	–	–	Основа
АЛ-4-1	0,23–0,30	9–10,5	0,2–0,35	–	0,15	–	Основа
АЛ-5	0,35–0,6	4,5–5,5	–	1,0–1,5	–	–	Основа

  

Марка сплава	Массовая доля примесей, %							
	Fe		Cu	Zn	Be	Pb	Sn	
АЛ-4	0,9	Zr+Ti=0,15	0,3	0,3	0,10	0,05	0,01	Ni=0,10
АЛ-4-1	0,3	B=0,1	0,1	0,3	0,1	0,03	0,005	Zr=0,15
АЛ-5	1,2	Mn=0,5	1,8	1,8	–	–	–	Ni=0,5

Таблица 2

**Химический состав алюминиевых деформируемых сплавов Д-1 и АД-0 (в соответствии с ГОСТ 4784-97. Алюминий и алюминиевые сплавы деформируемые)**

Марка сплава	Массовая доля основных компонентов, %									Сумма примесей
	Cu	Mg	Mn	Si	Fe	Zn	Ti	Cr	Al	
АД-0	0,05	0,05	0,05	0,25	0,40	0,07	0,05	–	Осн.	–
Д-1	3,5–4,8	0,40–0,8	0,40–1,0	0,20–0,8	0,7	0,25	0,15	0,10	Осн.	Не более 0,15

для сравнения указанных методов. В обоих случаях травление осуществляли с помощью ватного тампона, смоченного травителем или электролитом.

Источником постоянного напряжения в процессе электролитического травления служил лабораторный блок питания НУ-1500, позволяющий стабилизировать напряжение до 15 В и ток до 2 А. Процесс осуществляли при напряжении и токе, позволяющих получить оптимальную скорость растворения материала. Для улучшения электрического контакта на исследуемых образцах изготавливали винтовое соединение. При отсутствии такого соединения, когда контакт осуществляли лишь механическим прижимом проводника к образцу вручную, электролитическое растворение отсутствовало.

Маркировочные обозначения наносили вручную ударом молотка по клейму. Далее обозначения полностью удаляли с помощью наждачного круга. Перед проведением процесса восстановления площадку подготавливали шлифовкой с помощью шлифовальной бумаги мелкой зернистости.

Химические травители и электролиты готовили, руководствуясь литературными данными о составе растворов, применяемых в криминалистических исследованиях для восстановления измененных и уничтоженных маркировочных обозначений на алюминиевых сплавах [4, 5, 8, 9]. Были опробованы также растворы, используемые в металлографии для изготовления металлографических шлифов [1–3]. Кроме того, были приготовлены растворы, ранее не известные из литературы. Для выбранных травителей и электролитов по результатам предварительных исследований проводили варьирование состава, позволившее найти наилучшее сочетание компонентов. Всего было приготовлено более 30 различных растворов, с помощью которых проводили химическое и электролитическое травление. Среди них были травящие растворы и электролиты на основе едких щелочей КОН и NaOH, кислот: соляной, серной, азотной, уксусной, растворов хлористого натрия, хлорного железа, гипохлорида натрия и двуххромовокислого калия. Были использованы также растворы на основе смеси кислот, в т.ч. с этиловым спиртом и двуххромовокислым калием.



Анализ результатов травления оценивали визуально осмотром площадки с восстановленными обозначениями. В основном оценивали контраст выявленных штрихов маркировочных обозначений, определяемый селективными свойствами травителей и электролитов.

Проведенные исследования показали, что для химического и электролитического травления результаты в целом идентичны, поскольку в обоих случаях процесс состоит из двух этапов: окисления образца с образованием солей или оснований; растворение последних и их переход в раствор. Различие заключается в том, что в процессе электролитического травления подвод диссоциированных ионов к образцу осуществляется под действием электрического напряжения, а в химическом травлении – вследствие диффузии. Это же различие определило разницу в проведении процесса, а именно, электролитическое травление, как и следовало ожидать, оказалось более управляемым процессом, позволяющим регулировать скорость растворения материала величиной подаваемого электрического напряжения. Как указывалось ранее, скорость растворения в значительной степени влияет на контраст выявленных обозначений. В целом процесс электролитического травления происходил быстрее по сравнению с химическим травлением.

Результаты проведенных исследований можно условно разделить на три группы.

1. Растворение образцов протекало крайне медленно, либо не наблюдалось вовсе. В этом случае, вопреки литературным данным, электролит или травитель никак не действовали на исследуемые образцы. На рис. 1 представлен подобный результат, полученный при химическом травлении сплава АЛ-4 в 30 %-ной азотной кислоте. Аналогичные результаты были получены для всех исследуемых сплавов при химическом и электрохимическом травлении при использовании следующих растворов:

смеси азотной (20 %) и соляной (20 %) кислот в воде;

10–20%-х водных растворов азотнокислого натрия;

5–7%-х водных растворов серной кислоты;

5–15%-х водных растворов хлористого натрия;

10%-го водного раствора гипохлорида натрия.

2. Растворение сопровождалось образованием на поверхности образцов темного налета. В некоторых случаях данный налет удавалось убрать обработкой поверхности дистиллированной водой или этиловым спиртом, в других случаях смыть налет оказалось невозможно. Контраст выявленных маркировочных обозначений в этом случае почти или полностью отсутствовал. Подобный результат для сплава Д-1 при электро-

химическом травлении в 15%-м растворе едкого натра приведен на рис. 2. Аналогичные результаты для всех исследуемых сплавов были получены при химическом и электрохимическом травлении с использованием 35%-го водного раствора соляной кислоты, а также смеси водных растворов: 10%-го соляной кислоты и 0,3%-го хлорного железа (рис. 3).

3. Растворение приводило к выявлению штрихов маркировочного обозначения, имеющих хороший контраст. Поверхность образцов при этом оставалась светлой или чуть сероватого цвета, не мешающего наблюдению выявленных штрихов. Данные результаты считали оптимальными. Для сплавов Д-1 и АД-0 они представлены на рис. 4, 5.

Среди выбранных сплавов наиболее сложным для выбора оптимальных составов травителей и электролитов оказался сплав Д-1. В этом случае в большинстве случаев происходило образование темного налета, в т.ч. при использовании растворов едких щелочей КОН и NaOH, которые рекомендуют большинство литературных источников. Образование данного налета, вероятно, связано с повышенным содержанием в сплаве легирующих компонентов Cu, Mg и Mn, образующих при взаимодействии с травителем или электролитом соли темного цвета, плохо растворимые в воде.

Наилучшие результаты для алюминиевого сплава Д-1 были получены при использовании в качестве травителя или электролита 8–10%-го водного раствора соляной кислоты. При этом полностью исключалось образование на поверхности образца темного налета. Возможно увеличение содержания соляной кислоты до 20 %. При дальнейшем увеличении соляной кислоты процесс становится менее воспроизводимым и управляемым.

Для сплава АД-0 набор электролитов и травителей, дающих положительный результат травления, оказался гораздо шире. Это понятно, поскольку в данном сплаве практически отсутствуют легирующие компоненты. Наилучшие результаты были получены при использовании в качестве электролитов и травителей следующих растворов:

водного раствора соляной кислоты с вариацией ее содержания от 10 до 20 %;

15–45%-й водный раствор едкого натра;

смеси водных растворов: 10%-го соляной кислоты и 0,3%-го хлорного железа с последующей обработкой поверхности этиловым спиртом и последующим интенсивным промыванием водой.

Аналогичные результаты были получены для сплавов АЛ-4, АЛ-4-1, АЛ-5, несмотря на повышенное содержание кремния в них. Последнее указывает на то, что образующиеся соли и осно-





**Рис. 1. Отсутствие растворения сплава АЛ-4 при использовании в качестве травителя 30%-й азотной кислоты**



**Рис. 2. Потемнение площадки после электрохимического травления сплава Д-1 в 15%-м растворе едкого натра**



**Рис. 3. Потемнение площадки после химического травления сплава АЛ-4 в водном растворе 10%-й соляной кислоты и 0,3%-го хлорного железа**



**Рис. 4. Восстановление обозначений на сплаве Д-1 в результате электрохимического травления в 20%-м водном растворе соляной кислоты**



**Рис. 5. Восстановление обозначений на сплаве АД-0 в результате химического травления в 25%-м водном растворе едкого натра**

вания кремния имеют светлую окраску и хорошо растворимы в воде.

Таким образом, в работе найдены составы травителей и электролитов, использование которых позволило восстановить маркировочные обозначения с максимальным контрастом. Сравнивая химический и электрохимический методы восстановления, предпочтение следует отдать электрохимическому, так как время растворения материала в этом случае значительно уменьшается, а качество поверхности площадки, на которой проводилось электролитическое травление, не хуже, чем при химическом методе. Это же относится к результатам восстановления маркировочных обозначений на исследуемых алюминиевых сплавах. Электролитический метод травления, помимо прочего, позволяет регулировать процесс растворения материала изменением параметров (напряжения и тока) протекания процесса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранова Л.В., Демина Э.Л. Металлографическое травление металлов и сплавов: справ. изд-е. – М.: Металлургия, 1986. – 256 с.
2. Беккерт М., Клемм Х. Способы металлографического травления. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1988. – 400 с.
3. Коваленко В.С. Металлографические реактивы: справочник. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1981. – 122 с.
4. Кочубей А.В. Восстановление удаленных маркировочных обозначений на металлах и сплавах // Криминалистическое исследование веществ, материалов и изделий: курс лекций. – Волгоград: ВЮА МВД РФ, 2002. – 325 с.
5. Поль К.Д. Естественнонаучная криминалистика. (Опыт применения научно-технических средств при расследовании отдельных видов преступлений) / пер. с нем. – М.: Спарк, 1985. – 368 с.
6. Райгородский В.М. Возможности и особенности проведения экспертизы восстановления измененных или уничтоженных маркировочных обозначений на различных материалах // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 1. – С. 48–53.
7. Райгородский В.М. Экспертиза по восстановлению измененных и уничтоженных маркировочных



обозначений на различных материалах // Вестник криминалистики / отв. ред. А.Г. Филиппов. – Вып. 3 (35). – 2010. – С. 57–62.

8. Райгородский В.М., Хрусталева В.Н., Ермолаев С.А. Экспертиза восстановления измененных и уничтоженных маркировочных обозначений: учеб. пособие. – Саратов: СЮИ МВД РФ, 1999. – 72 с.

9. Хрусталева В.Н., Райгородский В.М. Криминалистическое исследование веществ, материалов и изделий: курс лекций. – Саратов: СЮИ МВД России, 2005. – 492 с.

**Райгородский Владимир Михайлович**, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.  
Тел.: (8452) 74-96-51.

**Ключевые слова:** маркировочные обозначения; восстановление маркировочных обозначений; химическое травление; электролитическое растворение; алюминиевые сплавы; легирующие компоненты.

#### OPTIMIZATION OF THE RECOVERY PROCESS IS ALTERED OR DESTROYED IDENTIFICATION NUMBERS ON PRODUCTS FROM ALUMINUM ALLOYS

**Raigorodskii Vladimir Mikhailovich**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the chair "Engineering physics, Electrical Equipment and Electrical Technologies", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Russia.

**Keywords:** markings; restoration of markings; chemical etching; electrolytic dissolution, aluminum alloys; alloying components.

*The work is devoted to optimization of the recovery process is altered or destroyed identification numbers on aluminum alloys AL-4 and AL-5 used for the manufacture of engine blocks of vehicles, and also wrought aluminum alloys D-1 and AD-0. The results of the work determined the optimal modes of carrying out the recovery process, the selected etchants and electrolytes, allowing obtaining high quality and reproducible results recovery of markings.*

УДК 637.3.071

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ ВЗБИТОГО ПЛАВЛЕНОГО СЫРНОГО ПРОДУКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖМЫХОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

**СИМОНЕНКОВА Анна Павловна**, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева  
**СУЧКОВА Татьяна Николаевна**, Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина

**СОЛОВЬЕВА Анна Олеговна**, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева  
**ЯРКИНА Марина Васильевна**, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

*Жмыхи из растительного сырья содержат в своем составе сбалансированный комплекс белков, эссенциальные полиненасыщенные жирные кислоты, пищевые волокна, минеральные вещества, витамины, антиоксиданты, что открывает перспективы для их применения в качестве функциональной пищевой добавки в производстве плавленых сырных продуктов. Комплексная оценка конкурентных преимуществ разработанного продукта проведена на основании изученных функционально-технологических свойств используемых жмыхов, обоснования технологических режимов производства, исследований органолептических и физико-химических характеристик взбитого плавленого сырного продукта.*

В условиях появления на отечественном рынке широкого ассортимента зарубежных плавленых сыров особую актуальность приобретает проблема повышения качества, а значит, и конкурентоспособности отечественных продуктов. Пути решения этой проблемы связаны с различными аспектами производства плавленого сыра: свойствами сырьевых компонентов, технологическими режимами, соблюдением санитарно-гигиенических требований, условиями реализации и т.д. [2, 3, 6].

Несмотря на имеющийся определенный опыт использования в технологии плавленых сырных продуктов сырья не молочного происхождения, возможности расширения его ассортимента не

исчерпаны. Представляет интерес как привлечение в отрасль новых сырьевых источников, так и разработка оригинальных, эффективных способов подготовки и обработки растительных компонентов с целью стабилизации качества готовых продуктов. Примером оригинальных технологических решений, на наш взгляд, может служить создание взбитых плавленых сырных продуктов. Процесс взбивания обеспечит экономию дорогостоящего сырья, снизит себестоимость, а также улучшит органолептические показатели продукта [7, 8]. При этом должны решаться задачи не только экономического характера, но и немаловажные проблемы сохранения пищевой и биологической ценности готовых продуктов,