

9 14
827

Старш. научн. сотр. И. Ф. ЗУДИН

ПОЛУЧЕНИЕ ЖАРОСТОЙКИХ
ПОВЕРХНОСТЕЙ
СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ
(алитирование)

Под редакцией
проф. докт. техн. наук Т. А. ЛЕБЕДЕВА





43 - 14804

ВВЕДЕНИЕ

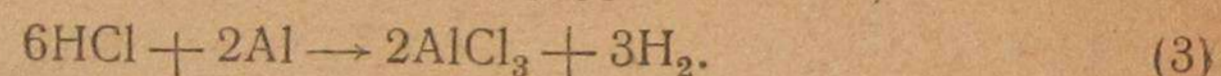
Поверхностное насыщение сталей различными элементами, в частности алюминием, при помощи диффузионных процессов позволяет получить большую стойкость изделий против окисления при высоких температурах.

Широкое распространение нашёл способ алитирования при помощи смеси порошков Al и FeAl и NH_4Cl с какими-либо инертными добавками, например окисью Al, шамота, песка, белой глины. Химизм этого процесса можно представить в следующем виде.

Нашатырь (NH_4Cl), находящийся в смеси, разлагается при высоких температурах на NH_3 и HCl :



Хлористый водород хлорирует Al (или ферроалюминий):



В дальнейшем процесс насыщения алюминием протекает так же, как и в среде паров AlCl_3 . Реакция взаимодействия Fe и пара AlCl_3 происходит следующим образом:



Вытесненный из этого летучего хлорида Al, осаждаясь на поверхности изделия, диффундирует затем внутрь Fe при наличии достаточно высокой температуры.

H_2 и N_2 реакций (2) и (3) в период их течения играют роль защитной атмосферы, предохраняющей изделия от окисления.

МЕТОДЫ ПРОМЫШЛЕННОГО АЛИТИРОВАНИЯ, РАЗРАБОТАННЫЕ ЦНИИТМАШ

Нами рекомендуется способ алитирования железных, стальных и чугунных деталей в порошкообразном сплаве Fe-Al-Cu с добавкой к нему 0,5—2% NH_4Cl . В этот сплав входит: 37—47% Fe, 2—4% Cu, остальное — Al с небольшими примесями Mn, Si и др.

Этот способ алитирования обладает следующими достоинствами: 1) алитирование в порошке позволяет производить процесс с предметами любых размеров и форм; 2) получается хорошее качество алитированной поверхности; 3) алитированные по этому способу Fe и сталь можно применять при температурах до 900—950°, а детали из серого или жовкого

чугуна — при температурах до 800—700°; 4) алитированные изделия можно сваривать.

К специфическим особенностям этого процесса следует отнести:

1) некоторую шероховатость алитированного слоя; 2) необходимость применять алитирование только к изделиям в окончательно обработанном виде.

Простота технологического процесса алитирования позволяет использовать низкоквалифицированную рабочую силу, за исключением нагревателя при печах.

Опыты, проведённые в ЦНИИТМАШ и других исследовательских учреждениях СССР для установления стойкости при высоких температурах покрытий, полученных методом алитирования, показали, что лучшим способом является алитирование в порошке Fe-Al или Fe-Al-Cu с небольшими добавками NH_4Cl (0,25—2%).

Применение добавок к Fe-Al, например шамота, огнеупорной глины, каолина (белая глина, содержащая 37—45% Al_2O_3), как показали наши исследования, понижает качество алитированного слоя, не обеспечивая в отдельных случаях достаточной жароупорности алитированных изделий.

Повторное применение смесей Fe-Al + шамот, Fe-Al + технический каолин (до 45% Al_2O_3), Fe-Al + песок недопустимо вследствие быстрого окисления этих смесей на воздухе — через 5—8 дней после алитирования. Такое явление, очевидно, следует приписать способности этих смесей к поглощению влаги. Аналогичные смеси с порошком чистого Al в таких же условиях практически окисляются слабо и могут применяться повторно, кроме смеси с каолином. Ферроалюминиевый же сплав без указанных примесей не окисляется и остаётся достаточно активным и пригодным к употреблению после 200 час. и более при 1000°.

За границей в машиностроении, в нефтяной промышленности и других областях алитирование или калоризация применяется в широком масштабе. В США и Англии алитирование изделий (преимущественно из мягкой стали) вошло в практику для следующих назначений: цементационные ящики, муфели и реторты для различных печей, крекинг-трубы, сопла нефтяных форсунок и газовых горелок, пароперегреватели и воздухонагреватели, топочные детали, сосуды для плавки серы, колосники для печей, решётки и части каминов, стальные тигли для цементации, чехлы для термпар.

У нас, в СССР, алитирование в порошке Fe-Al и Al + шамот применяется в широком масштабе на некоторых заводах.

Далее кратко излагаются работы ЦНИИТМАШ по исследованию процесса алитирования в порошке Fe-Al и Fe-Al-Cu и опыты по применению этих способов алитирования для различных изделий металлопромышленности.

А. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Выплавка Fe-Al

Промышленные сплавы Fe-Al-Cu и Fe-Al получают выплавкой в любой плавильной печи.

Рекомендуемый нами для алитирования сплав Fe-Al-Cu, получаемый из отходов дюралюминия, имеет следующий состав: 37—47% Fe, 2—4% Cu, остальное — Al с небольшими примесями Mn, Si и пр. Но можно

применять также более дорогой ферроалюминиевый сплав состава: 37—47% Fe, остальное — Al.

Выплавка сплавов Fe-Al-Cu и Fe-Al производится различными способами. По первому варианту в сталеплавильную электропечь вначале загружаются и расплавляются обрезки или железный лом. Затем в расплавленную ванну добавляется чушковый Al или слитки, выплавленные из отходов дюралюминия, в требуемом по расчёту количестве с добавкой на угар 10—12% от расчётного веса. По расплавлению, наведении шлака и после тщательного перемешивания сплав разливается в железные ящики, футерованные огнеупорным кирпичом.

По второму варианту в плавильную печь загружаются и расплавляются обрезки и железный лом. Одновременно в тигельной или любой конструкции газовой печи расплавляются чушковый Al или слитки дюралюминия в требуемом по расчёту количестве с добавкой на угар 8—10% от расчётного веса. Расплавленное Fe из электропечи сливается в предварительно тарированный ковш и затем переливается в ковш с расплавленным Al или, наоборот, Al переливается в ковш с Fe. Переливание Al в расплавленное Fe или, наоборот, Fe в Al ведётся постепенно, тонкой струей. Одновременно производится тщательное перемешивание сплава и затем разливка его в железные футерованные изложницы.

Сплав Fe-Al-Cu с содержанием 37—47% Fe получался относительно плотным и достаточно хрупким. Часть кусков сплава после вылёживания на воздухе (около 10—15 дней) рассыпалась в порошок. Измельчение сплава в порошок в шаровых мельницах не представляло затруднений. Нами применялась мельница с барабаном ϕ 900/854 мм и высотой 854 мм. Производительность мельницы 200—240 кг в сутки при измельчении порошка со средним поперечным размером зёрен менее 0,5 мм.

Крупные куски дают слабый контакт между диффузионной смесью и алитруемым изделием и вследствие этого ослабляют скорость алитирования. Вероятно, здесь играет роль то обстоятельство, что в промежутках между отдельными зёрнами помещается большее количество O_2 , что необходимо для равновесия газовой среды.

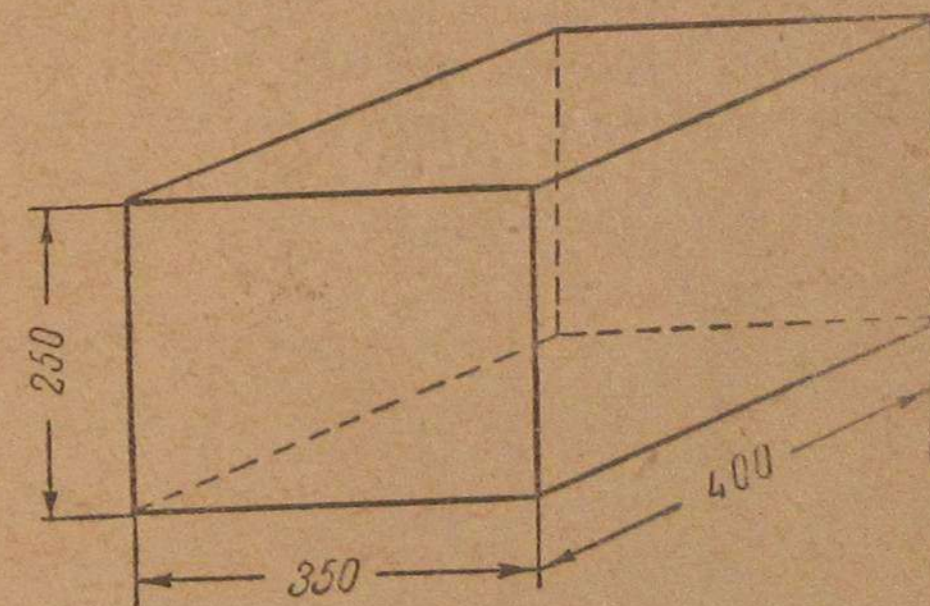
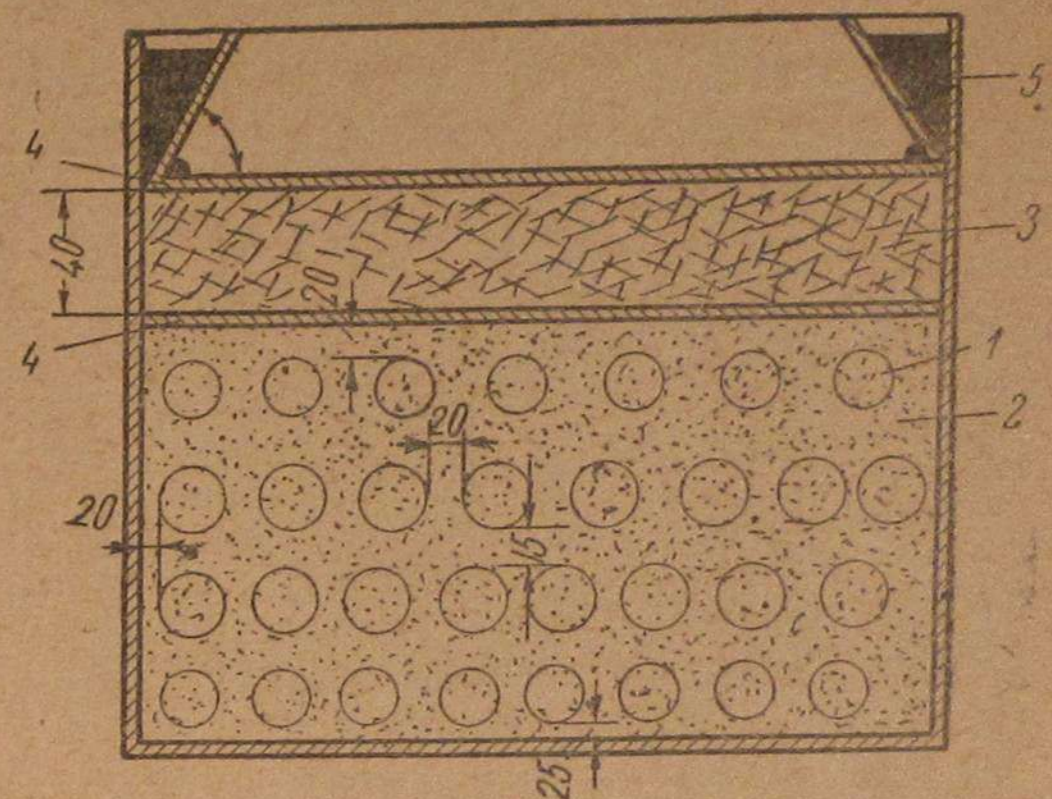
Для заводской практики нами рекомендуется пользоваться мелким (0,5 мм) зерном порошка сплава и в отдельных случаях — мелкой тонкой стружкой средней величины.

2. Подготовка поверхности к алитированию

Наши исследования показали, что для приведения поверхности чёрных стальных и чугунных деталей в состояние, пригодное для алитирования, следует производить очистку её при помощи пескоструйного аппарата, что фактически и делается в производстве. При этом поверхность приобретает матовый вид, и с неё удаляются жирные пятна, ржавчина и окалина. Протравливание деталей также возможно растворами кислот H_2SO_4 и HCl; сухая протравленная поверхность алитруется не менее эффективно. Но при ржавлении поверхности или оставлении на ней осадка извести при нейтрализации деталей после травления в известковом молоке и недостаточной промывки их результаты алитирования ухудшаются. Со шлифованной или строганой поверхностью, как более гладкой, слой алитирования, механически связывается менее прочно.

3. Упаковка деталей в ящик перед алитированием

Подлежащие алитированию детали упаковываются в цементационный ящик. На дно ящика насыпается порошок сплава Fe-Al-Cu слоем толщиной 40 мм. Между изделиями оставляется зазор 20—35 мм, в который засыпается алитрующий порошок, а поверх изделий он засыпается слоем толщиной 50—60 мм. На фиг. 1 показан эскиз цементационного ящика. Для устранения окисления засыпают крышку слоем чугунной стружки до верхней кромки ящика (толщиной до 50 мм и более), затем накрывают ящик второй крышкой и промазывают зазоры линитом (белая глина и тальк в отношении 3:1, замешанные до сметанообразного состояния в растворе жидкого стекла). Линит после промазки подсушивается в тёплом месте.



Фиг. 1. Эскиз цементационного ящика для алитирования: 1 — изделия; 2 — сплав Fe-Al-Cu; 3 — чугунная стружка; 4 — железная крышка; 5 — линит.

4. Процесс алитирования

Ящики с изделиями после подготовки загружаются в печь таким образом, чтобы обеспечить наилучшее и всестороннее излучение на них тепла стенками печи и омывание их печными газами.

Подъем температуры в печи производится с нормальной скоростью в зависимости от размеров и типа печи и ящиков.

При температуре около 150—180° производится выдержка около получаса для просушки и удаления влаги.

Печь доводится до такой температуры, чтобы внутри ящиков было 975—1050°. По окончании выдержки производится охлаждение в печи ящиков вместе с изделиями до 500—400°.

Глубина диффузии Al после алитирования (до отжига) должна устанавливаться в зависимости от назначения изделий. При алитировании она регулируется в основном временем выдержки, а также температурой нагрева и составом смеси и колеблется в пределах от сотых до десятых долей миллиметра.

Для понижения хрупкости алитированного слоя и для более прочной связи его с сердцевиной деталей после алитирования в большинстве случаев не требуется произвести диффузионный отжиг деталей при 950—1050° с выдержкой в течение 3—8 час., в зависимости от применённого процесса и требований к деталям.

5. Свойства алитированного слоя

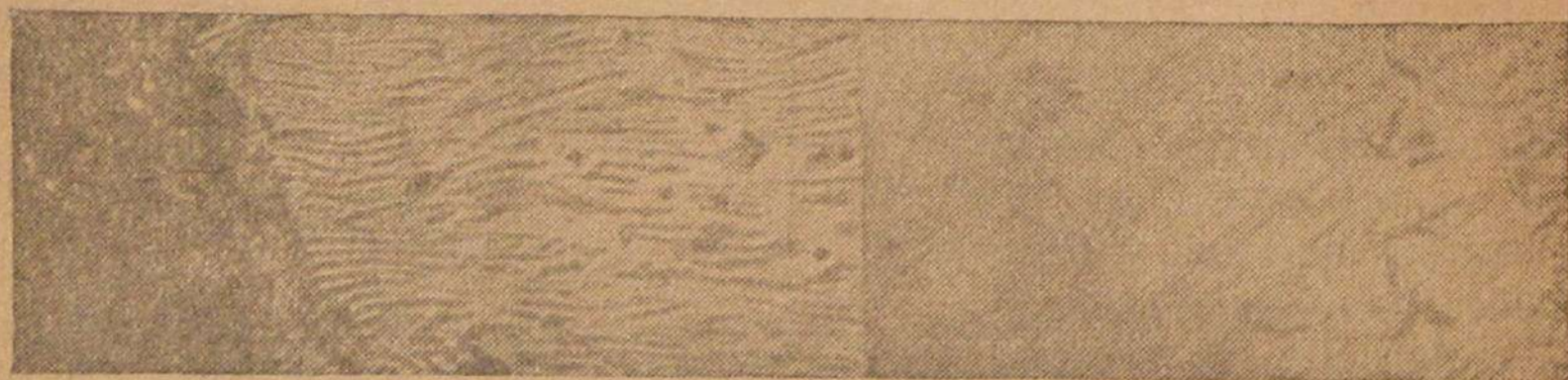
В соответствии с диаграммой состояния сплава Fe-Al микроанализ диффузионного слоя после алитирования стали при температурах 950—1000° в течение 3—6 час. показал, что получаемая в поверхностном



Фиг. 2. Микроструктура диффузионного слоя после алитирования стали при температурах 950—1000° в течение 3 час.

слое малоуглеродистой стали (0,13—0,18% C) составляющая представляет твёрдый раствор Al в Fe, обозначаемый δ -фазой. Этот слой глубже переходит в обезуглероженную зону (обеднённую перлитом), которая далее непосредственно примыкает к нормальной структуре сердцевины изделия, не затронутой процессом диффузии Al (фиг. 2). При алитировании с более высокими температурами в структуре снаружи получают зёрна эвтектоида (фиг. 3).

Стойкость при высоких температурах, достигающих 1000°, которую придаёт δ -фаза изделиям из Fe, стали и чугуна, и является главной причиной широкого распространения процесса алитирования в практике.



Фиг. 3. Микроструктура диффузионного слоя после алитирования при температурах выше 1000°.

Содержание Al в δ -фазе после алитирования может колебаться в пределах 20—36%, а после диффузионного отжига допустимо снижение Al до 15—20%. При наличии эвтектоида содержание Al в слое повышается.

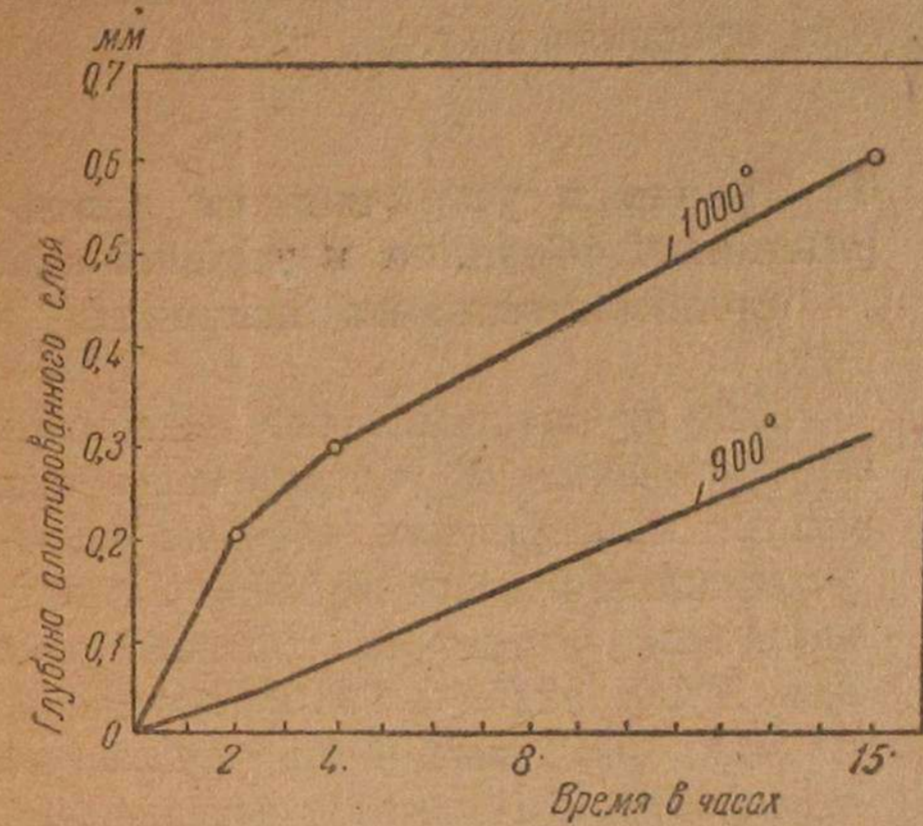
Глубина диффузионного слоя малоуглеродистой стали (0,13—0,18% C) после алитирования в порошке сплава Fe-Al-Cu (с содержанием 52,3% Al; 45,8% Fe; 1,9% Cu) + 0,25% NH₄Cl в течение 6 час. при различных температурах указана в табл. 1.

Таблица 1

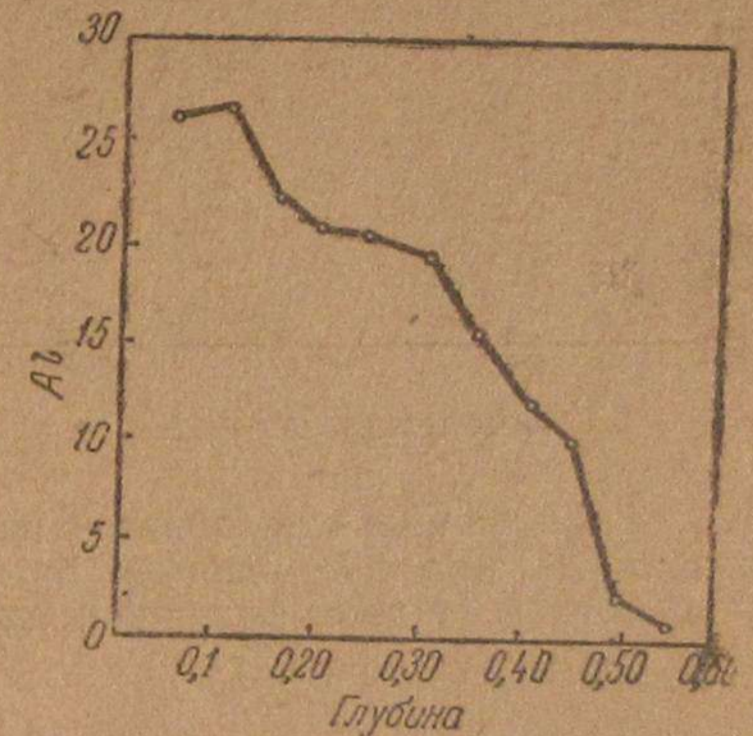
Температура алитирования °C	875	900	925	950	975	1000	1025	1050
Глубина слоя, мм	0,05	0,11	0,13	0,20	0,25	0,37	0,45	0,50

Обычно алитирование ведётся при температурах 950—1050°. При употреблении указанного выше порошка влияние продолжительности алитирования на глубину слоя при различных температурах показано на фиг. 4.

Кривая концентрации Al в диффузионном слое в зависимости от глубины дана на фиг. 5. Эта диаграмма получена при следующем ведении процесса алитирования: порошкообразная смесь — сплав Fe-Al-Cu с добавкой 0,25% NH₄Cl; алитирование производилось в течение 6 час. при температуре 1050°; материал — железо армко.



Фиг. 4. Диаграмма влияния длительности выдержки на глубину алитирования.



Фиг. 5. Диаграмма содержания Al в алитированном слое.

При дальнейшем диффузионном отжиге, который, как отмечено выше, обычно проводится при температуре 950—1050° с выдержкой 3—8 час., поверхностный алитированный слой обедняется алюминием.

То же происходит и при условиях дальнейшей работы деталей — при высоких температурах.

По данным Гаутмана, высокая жароупорность стальных изделий против окисления обеспечивается лишь при условии концентрации в поверхностном слое их не менее 12% Al, который находится в твёрдом растворе в Fe. При дальнейшем обеднении алюминием поверхностного слоя и при нагреве изделий свыше 900—1000°, когда скорость диффузии Al в Fe сильно возрастает, защитное действие алитированного слоя быстро ослабевает вследствие обеднения алюминием.

На фиг. 6 приводятся данные об изменении концентрации Al в алитированном слое образцов по мере их дальнейшего отжига.

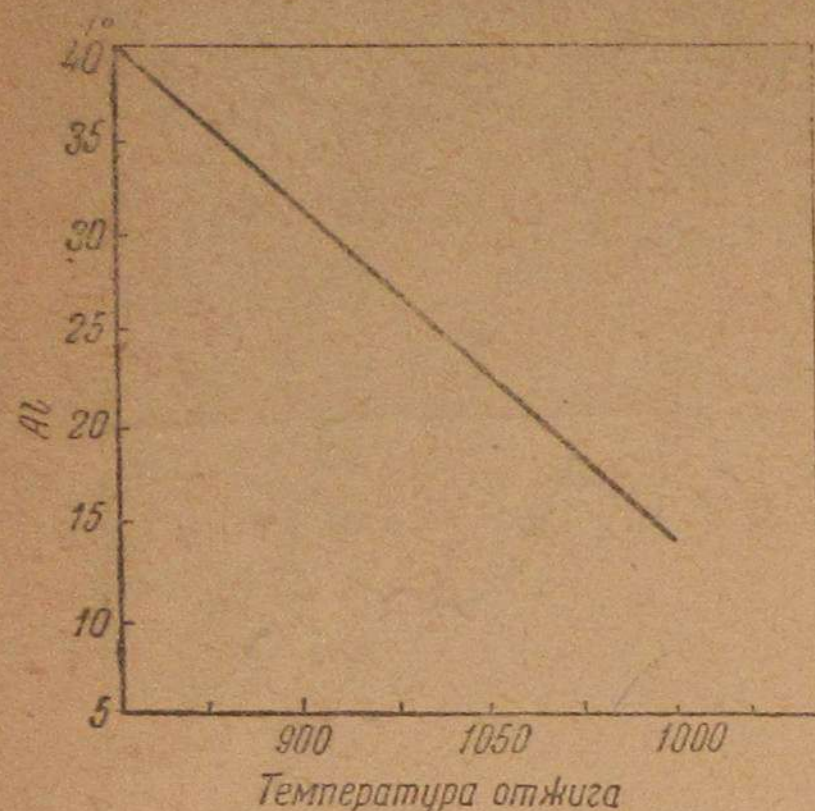
Характер распределения твёрдости в поверхностных слоях стали 1010 после алитирования её в порошке сплава Fe-Al-Cu показан на фиг. 7.

Эти данные целиком подтверждают результат металлографического анализа.

Технологические требования, предъявляемые к алитированному слою, следующие:

- 1) получение равномерного слоя;
- 2) снижение хрупкости алитированного слоя путём диффузионного отжига и отсутствие эвтектоида в наружной зоне алитированного слоя;

3) достаточная вязкость и связь алитированного слоя с сердцевиной, гарантирующая его от выкрашивания и отслаивания. Максимальное значение твёрдости по Виккерсу (с нагрузкой 1 кг) — до 550—700 единиц, не дающая продавливания.

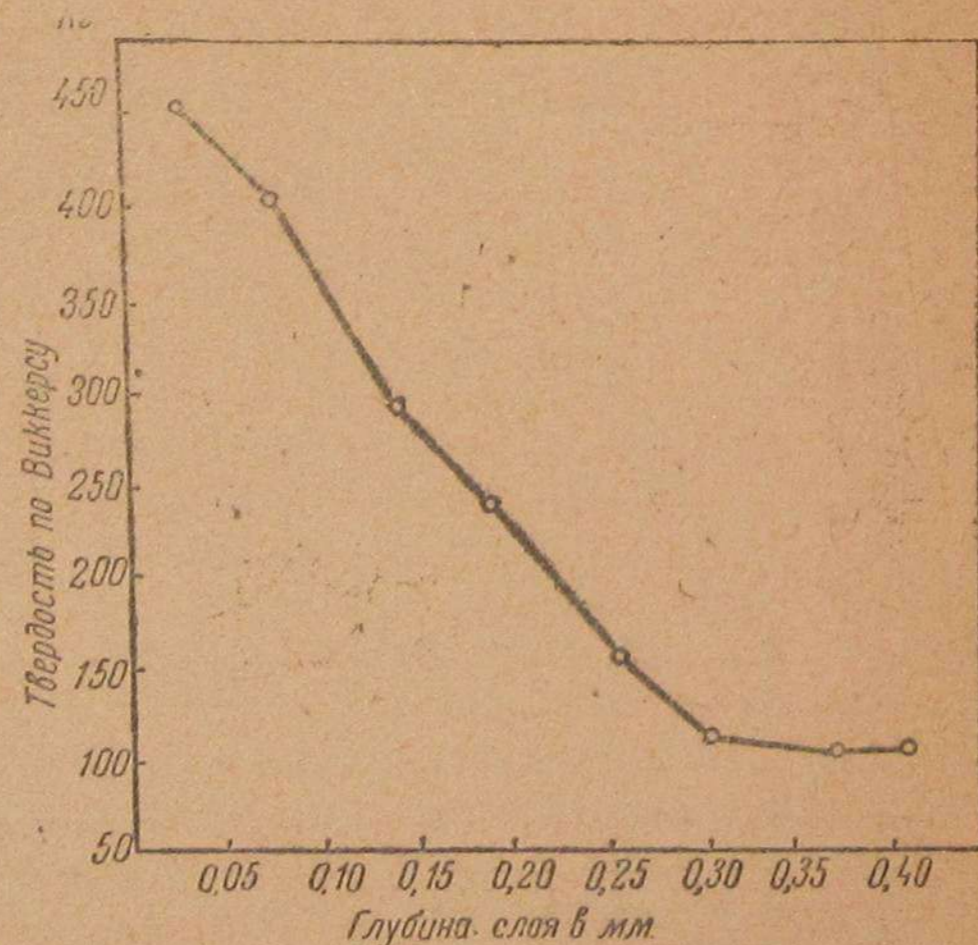


Фиг. 6. Диаграмма изменения концентрации Al в алитированном слое в зависимости от температуры отжига.

6. Проверка устойчивости алитированных образцов и изделий при продолжительных нагревах

Для предварительного испытания жароустойчивости алитирования при разных температурах образцы малоуглеродистой стали (0,15% C) подвергались нагреву в газовой печи при 1050, 1125 и 1200° в течение 8 час. на каждой из указанных температур. Результаты взвешивания

образцов до испытания и после него показывают, что среднее уменьшение веса равно всего 0,0011 г/см²/час (при 1200°), 0,0008 г/см²/час (при 1125°) и 0,0007 г/см²/час (при 1050°). Внешний вид алитированных образцов почти совсем не изменялся, между тем как неалитированные образцы сильно обгорают, и при температуре 1200° железный образец сгорел через 7 час. В согласии с обычными представлениями о причинах пассивности следует думать, что непосредственной её причиной является плёнка из окислов двух металлов, представляющая, вероятно, твёрдый раствор этих окислов, выгодно отличающаяся от плёнок чистого Fe особой стойкостью.



Фиг. 7. Диаграмма изменения твёрдости по глубине слоя стали 1010, алитированной в порошке сплава Fe-Al-Cu при 1025° и выдержке 3 часа.

Твёрдые растворы металлов в свою очередь создают особо благоприятные условия для образования на них

устойчивых плёнок-слоёв, саморегенерирующихся в случае повреждений.

Затем было проведено параллельное сравнение устойчивости против окисления при нагреве двух железных трубок: первой — алитированной в течение 3 час. при 1050° в порошке сплава Fe-Al-Cu (содержащего 43% Fe, 2% Cu, остальное — Al) + 0,5% NH₄Cl, второй — неалитированной. Трубки имели внешний диаметр 22 мм, толщину 3 мм. Неалитированная трубка сильно окислялась после нагрева в течение 28 час. при 850—900° и при изгибе её окалина отлетела, обнаружив сохранившийся железный сердечник диаметром около 1 мм. Алитированная трубка выдержала нагрев до 850—900° в течение 500 час. и после этого снаружи не изменилась, сохранив шероховатую поверхность с переходом в кирпичный цвет.

Приведённые данные показывают, что алитирование порошком сплава Fe-Al-Cu (по способу ЦНИИТМАШ) практически даёт достаточную жаростойкость стальным изделиям. Таким образом, метод цементации изделий алюминием (алитирование), имеющий большое промышленное значение, получивший за границей на многих заводах широкую практическую разработку в применении к различным изделиям и оказавшийся вполне экономичным, должен более широко заинтересовать и заводы СССР.

Б. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АЛИТИРОВАНИЯ

Применение алитирования в качестве средства защиты стальных изделий от окисления при высоких температурах может быть широким и разнообразным и имеет большой практический интерес как метод получения жароупорных изделий без применения остродефицитных металлов (Ni и др.). Алитирование в порошке сплавов Fe-Al-Cu можно с успехом производить в любой форме и при любых размерах цементационных ящиков, причём приготовление сплава следует производить, используя отходы вторичного Al (с содержанием Cu до 4%).

Алитированию можно подвергать всевозможные стальные и чугунные изделия, работающие при высоких температурах (до 900—950°):

- 1) топливники газогенераторных автомашин;
- 2) муфели печей для нитроцементации;
- 3) реторты для пиролиза керосина;
- 4) колосники топочных решёток;
- 5) оболочки для электротиглей по разливке цветных металлов (силумина, дюралюминия и др.);
- 6) ковши для разливки Al;
- 7) защитные трубки для термонар;
- 8) цементационные ящики.

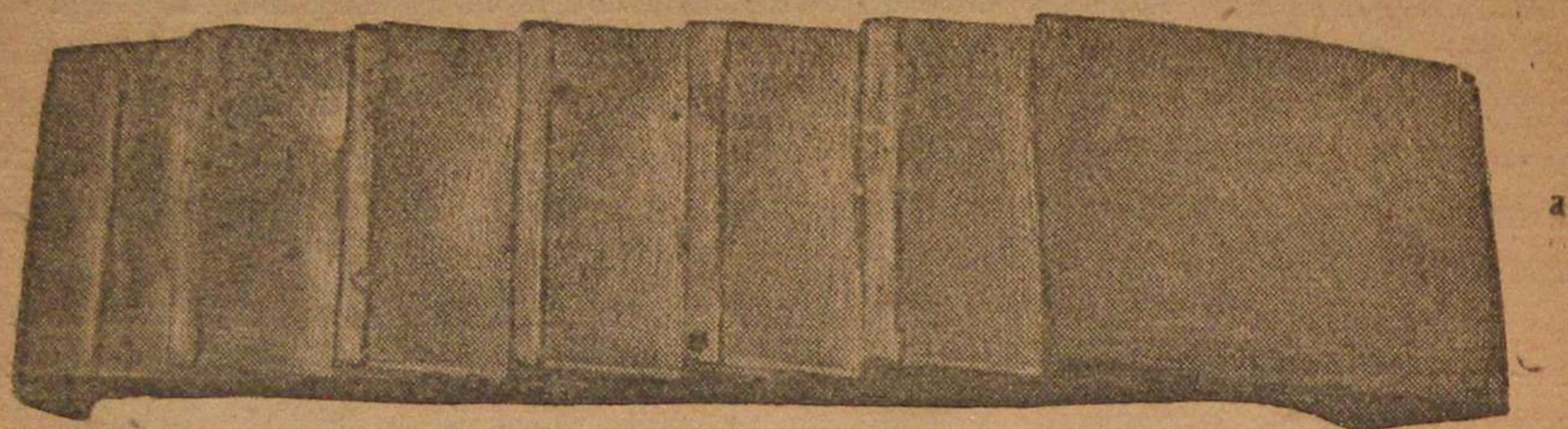
Алитирование должно найти обширное применение на машиностроительных заводах, в автотракторном производстве, в котельных установках, в нефтяной промышленности. В частности, алитирование должно более широко применяться для топливников газогенераторных автомашин.

Для деталей любой формы и любого сечения (более 3 мм) процесс алитирования можно считать в основном освоенным, но ещё недостаточно широко применяемым на заводах СССР.

В. ОПЫТЫ ПО ВНЕДРЕНИЮ ПРОЦЕССА АЛИТИРОВАНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Нами было проведено алитирование при различных режимах таких деталей:

- 1) колосники чугунные (фиг. 8, а и б);
- 2) муфель для нагрева игл перед закалкой;



а



б

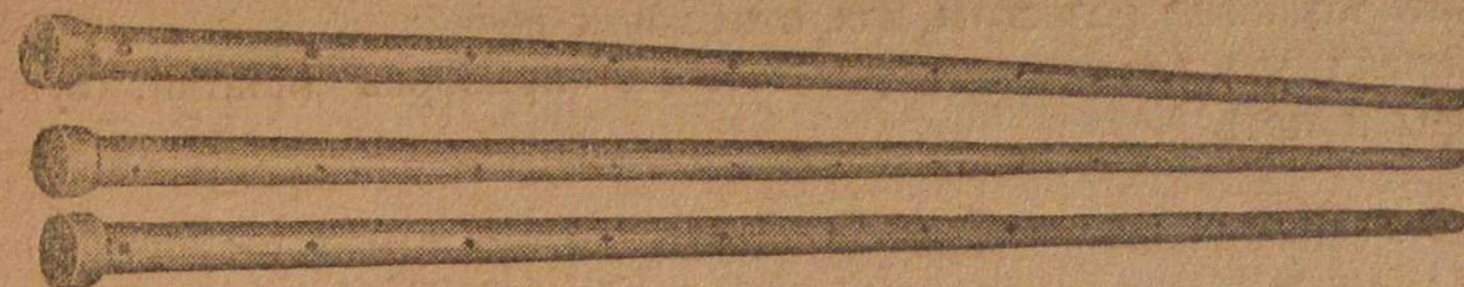
Фиг. 8. Колосники чугунные, алитированные 6 час. при 980—1000° в порошке сплава Fe-Al-Cu (с содержанием 42,2% Fe, 2,2% Cu) + 2% NH₄Cl; слой алитирования — около 0,2 мм; диффузионный отжиг 3 часа при 900°.



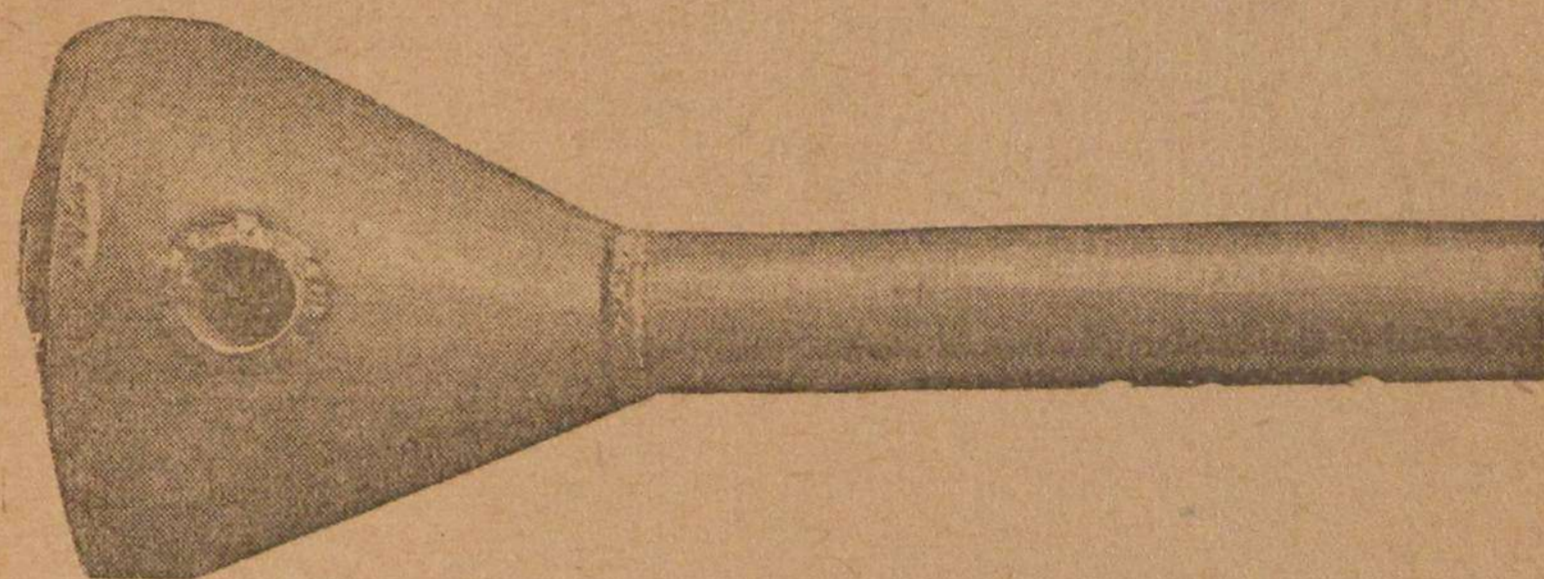
Фиг. 9. Муфель для нитроцементации, алитированный 6 час. при 980° в порошке сплава Fe-Al-Cu (с содержанием 55% Al, 3,4% Cu) + 0,25% NH₄Cl; расход старого сплава 75% + 25% свежего сплава.

- 3) муфель для нагрева изделий при нитроцементации (фиг. 9);
- 4) реторты для пиролиза керосина;
- 5) реторты для цементационных печей небольшого размера;

- 6) ковши для разлики цветных металлов (дюралюминия и др.);
- 7) трубы обдувочные (фиг. 10);
- 8) железные примусовые головки;
- 9) железная колонка для нагрева воды с дровяной топкой (фиг. 11);
- 10) чугунные детали керосинки;
- 11) детали железной керосинки;
- 12) конусы и скобки цементационных печей;



Фиг. 10. Трубы сажеобдувочные и пароперегревательные Ø 50 мм длиной 3 м, алитированные 6 час. при 1000° в порошке сплава Fe-Al-Cu (с содержанием 42,2% Fe, 2,2% Cu) + 0,5% NH₄Cl; слой алитирования — около 0,3 мм; без диффузионного отжига.



Фиг. 11. Железная колонка для нагрева воды с дровяной топкой из листового жел.-з. толщиной 1 мм, алитированная 3 часа при 900—925° в порошке сплава Fe-Al-Cu (с содержанием 52,3% Al, 1,9% Cu) + 0,5% NH₄Cl; расход старого сплава 90% и 10% свежего сплава; без диффузионного отжига.

- 13) чехлы для термопар;
 - 14) ящики для цементации;
 - 15) оболочки для графитовых тиглей, применяемые для разлики силумина;
 - 16) оправки для спиралей.
- Алитирование может найти, по нашему мнению, широкое применение для таких изделий:
- 1) колосники для паровозных топок;
 - 2) железные колпачки и газовые лопатки для пароперегревателей паровозов;
 - 3) трубы для патентирования проволоки;
 - 4) трубы для крекинг-процесса нефти;

5) разные части печей с выдвижным подом, а также части ретортных и туннельных печей;

6) части котлов для локомотивов;

7) выхлопные патрубки для мотоциклов;

8) сопла нефтяных форсунок и газовых горелок;

9) поддоны к цементационным ящикам;

10) листы для цементационных ящиков;

11) коробки для отпускных печей типа „Хомо“;

12) гайки и болты к звеньям для конвейерных закалочных печей;

13) алитированные резистры для отпускных печей;

14) спирали для электроподогревательных приборов (плитки, сушильные шкафы и пр.).

ПРИЛОЖЕНИЕ

ИНСТРУКЦИЯ

ПО АЛИТИРОВАНИЮ СТАЛЬНЫХ И ЧУГУННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Технологический процесс алитирования в основном состоит из следующих операций:

- 1) выплавка сплава и приготовление порошка;
- 2) подготовка изделий (пескоструйная очистка или травление);
- 3) упаковка изделий в ящик;
- 4) процесс алитирования;
- 5) диффузионный отжиг.

1. Выплавка Fe-Al и Fe-Al-Cu сплавов

1. Применяемый для алитирования сплав Fe-Al-Cu, получаемый из отходов дюрала, имеет следующий состав:

Fe = 37 — 47%; Cu = 2 — 4%, остальное — алюминий с небольшими примесями Mn, Si и пр. В дюрале должен отсутствовать Zn. Помимо этого сплава может быть применён сплав из чистого Al и Fe.

2. Выплавка сплава Fe-Al-Cu и Fe-Al производится следующим образом. В сталеплавильную электропечь вначале загружаются обрезки или железный лом и расплавляются. Затем в расплавленную ванну добавляется чушковый Al или слитки отходов дюрала в требуемом по расчёту количестве, с добавкой на угар 10 — 12% от расчётного веса. По расплавлению добавок и наведения шлака и после тщательного перемешивания сплав разливается в железные ящики, футерованные огнеупорным кирпичом. В литом состоянии сплав имеет излом светлосерого цвета с металлическим блеском. Сплав очень хрупкий и в холодном состоянии легко измельчается в порошок.

3. Измельчение сплава производится в шаровых мельницах. Средний поперечный размер зёрен порошка сплава составляет около 0,5 мм.

4. В порошок добавляется 0,5 — 0,25% (по весу) NH_4Cl и смесь хорошо перемешивается.

5. При повторном использовании порошка добавляется 10 — 30% по весу свежего сплава и NH_4Cl в указанной пропорции.

2. Подготовка изделий к алитированию

1. Изделия, подлежащие алитированию, перед упаковкой в ящик очищаются путём обдувки кварцевым песком (пескоструйная очистка).

2. Поверхность, подлежащая алитированию, должна быть чистой, без ржавчины и других загрязнений.

3. Подлежащие алитированию изделия упаковываются в цементационный ящик, сваренный из листового железа толщиной 4—6 мм, с герметически закрывающейся крышкой.

4. На дно ящика насыпается слой порошка толщиной 30—40 мм и поверх изделий на 50—60 мм. Следует следить за тем, чтобы между изделиями был достаточный зазор—около 25—35 мм, в который насыпается алитирующий порошок.

5. Изделия загружаются в ящик рабочей поверхностью вниз.

6. Производится засыпка порошка слоями, каждый слой слегка утрамбовывается.

7. Поверхность порошка разравнивается, ящик покрывается железной крышкой без бортов, и зазоры промазываются линитом (белая глина и тальк в отношении 3:1, замешанные до сметанообразного состояния в растворе жидкого стекла).

8. Крышка засыпается слоем песка до верхней кромки ящика (толщиной около 40—50 мм).

9. Ящик покрывается второй железной крышкой или же листовым асбестом и зазоры промазываются линитом. Верхняя крышка должна иметь отверстие (3—5 мм) для пропуска газа.

10. В каждый ящик загружаются образцы для проверки результатов процесса.

3. Процесс алитирования

1. После подготовки ящиков они загружаются в печь (с изделиями) таким образом, чтобы обеспечить наилучшее и всестороннее излучение на них тепла стенкам печи и омывание их печными газами.

2. Подъём температуры в печи производится с нормальной скоростью в зависимости от размеров и типа печи.

3. При температуре около 150° производится выдержка около полутора часа для просушки и удаления влаги.

4. Печь постепенно доводится до такой температуры, чтобы внутри ящиков было 975—1000°. При этой температуре изделия выдерживают 5—6 час., а возможно и более в зависимости от заданной глубины алитирования.

5. По окончании выдержки прекращается топка печи и производится охлаждение печи вместе с изделиями до 500—400°.

6. При этой температуре ящики из печи вынимаются и производится разгрузка изделий.

7. Не допускается засорение ферроалюминиевого порошка песком или глиной. Сплав употребляется только в сухом виде. При условии освежения старой смеси на 10—30% новой смесью через каждую операцию в 8—12 час. использование отработавшей смеси выгодно в течение процесса в первые 200 часов, т. е. на 16 операций и возможно даже более.

4. Диффузионный отжиг

1. Для ослабления хрупкости алитированного слоя необходимо произвести диффузионный отжиг.

2. Чугунные изделия требуют специальной упаковки. Упакованные в ящики и утрамбованные смесью песка с добавкой 10—15% сухого

древесного угля изделия закрываются железной крышкой и зазоры промазываются линитом.

3. После такой подготовки ящики загружаются в печь для отжига.

4. Печь постепенно доводится до температуры 900°. По достижении этой температуры производится выдержка 3 часа.

5. Выгрузка колосников при температуре ящиков не выше 500°.

6. Проверка результатов алитирования после диффузионного отжига производится по контрольным образцам, отожжённым вместе с изделиями, или же по их излому.

7. Алитированные контрольные образцы подвергаются микроисследованию путём приготовления шлифов, причём травление их производится обычным раствором 2—4% HNO_3 в этиловом спирте. Этот раствор протравляет исходную структуру металла и не действует на поверхностный слой, обогащённый алюминием, который выявляется при этом в виде светлой бело-желтоватой каёмки.

8. Глубина алитированного слоя непосредственно после алитирования допускается различной—от 0,3 до 0,8 мм и более.

9. Алитированные изделия не должны подвергаться работе на истирание, ведущей к нарушению сплошности алитированного слоя и к последующему активному окислению изделия.

10. Алитированные изделия могут применяться при высоких температурах—850—950°.

11. При эксплуатации алитированные изделия не подвергать ударам и толчкам, приводящим к повреждению алитированного слоя.

12. Не допускать резких перепадов температур при нагревании и охлаждении; градиент перепада допускается в пределах 20—40°.

13. Загрузка на высокую температуру недопустима, так как получается спекание алитирующей смеси.

ЛИТЕРАТУРА

Ruder W. E., Calorizing Metals, „Trans. Amer. Electrochemic. Soc.“, 1915, v. 27, p. 253—261. ◇ Cournot M. I., Les Cémentations métalliques et le recouvrement des alliages ferreux par l'aluminium, „Revue de Metallurgie“, 1925, № 3, p. 139—153; 1926, № 4, p. 219—232. ◇ Вер О. М. и Агеев Н. В., Алитирование стали, „Труды института металлов“, 1930, вып. 7. ◇ Guillet Z., Recouvrement par l'aluminium, „Revue de Metallurgie“, 19 (1922), p. 296. ◇ Fry A., Hitzebeständige Metallgegenstände, „Kruppsche Monatshefte“, 6 (1925), S. 27. ◇ Fry A., Über Alitierung und hitzebeständige Legierungen, „Z. f. angew. Chemie“, 39 (1926), S. 801. ◇ Hautmann A., Hitzebeständigkeit von Al-Stählen und von Al-Überzügen auf Eisen, „St. u. Eisen“, 51 (1931), S. 65. ◇ Osawa A., On the Equilibrium of Iron-Aluminium System, „The Science Reports of the Tôhoku Imp. University“, v. XXII, 1933, № 4, p. 803—823.

Минкевич Н. А., Свойства, тепловая обработка и назначение стали и чугуна, ч. I и II, стр. 364—331. Госмашметиздат, 1932.

Минкевич Н. А., Курс термической обработки стали и чугуна, 1935.

Изгарышев, Доклады Академии наук СССР, 1941, № 6.

Никонов Ф. Г. Исследование процесса насыщения железа и стали алюминием в жидких сплавах алюминия с железом для придания им огнестойкости, „НИИМАШ“, 1932, № 4, стр. 181—202.

Гесс В. О., Алитирование в промышленности, „Вестник металлопромышленности“, 1933, № 13, стр. 31.

Martin E. D., Contribution à l'étude du revêtement des métaux par de métaux ou alliages métalliques. Nancy, 1924. ◇ Metallic Coatings, „Steel“, 1938, June 20, p. 60, 62, 65.

Горшков и Центнер, Получение алитированного железа из феррана „НИИСАЛЮМИНИЙ“, 1933, № 3.

Иванов и Скобликов Н. Н., Плакировка железа алюминием (ферран и алюминиевая жесь), „НИИСАЛЮМИНИЙ“, 1933, июль—сентябрь, стр. 3—31.

Бродерсон Г., Пульверизация в современной промышленности, ГНТИ, 1932.

Минкевич Н. А., Сплавы, устойчивые при высоких температурах, и повышение устойчивости металлов путём цементации или покрытия алюминием, „Вестник металлопромышленности“, 1926, № 11—12, стр. 64—76, 1927, № 1—2, стр. 86—102 и № 7—8, стр. 55—67.

Плотников В. А. и Грацианский Н. Н., Алюминирование металлических поверхностей в расплавленной смеси $AlCl_3-NaCl$, „Журнал химической промышленности“, 1931, май, т. VIII, № 9; „Лёгкие металлы“, 1933, № 2—3.

Роудон, Предохранительное покрытие металлами, ГНТИ, 1933.

Редактор В. В. Ржавинский

Подписано к печати 28-IV 1943 г. 1 печ. лист. Уч.-изд. л. 1,1. Тираж 1000. Л37926.
Заказ № 3521.

1-я Образцовая тип. Огиза РСФСР треста „Полиграфкнига“. Москва, Валовая, 28.