

Цена 70 к.

41620

## Вниманию

директоров заводов,  
начальников цехов,  
научно-исследовательских институтов,  
главков и наркоматов

Институт технико-экономической информации  
Госплана СССР осуществляет

## СПРАВОЧНО-ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПО ВСЕМ ОСНОВНЫМ ОТРАСЛЯМ ТЕХНИКИ

Институт располагает большим фондом технической документации и библиографии: описания стахановских методов работы, аннотации и отчеты о законченных научно-исследовательских работах, многотиражики крупнейших предприятий Союза, рабочие чертежи, консультационные материалы, библиография и аннотации советской технической и иностранной литературы, патентная литература, каталоги инофирм и т. п.

### Справочно-информационный сектор Института

выполняет технические запросы в разовом порядке;  
обслуживает по специальному абонементу систематической информацией, высылая абонентам ежемесячно новейшие информационные материалы по заказанной тематике;  
подбирает и высылает по отдельному абонементу новейшую патентную литературу по США, Германии и Англии.

### С ЗАПРОСАМИ И СПРАВКАМИ ОБРАЩАТЬСЯ ПО АДРЕСУ

Москва 120, Чкаловская 47, Институт технико-экономической информации, Справочно-информационный сектор. Тел. К-7-76-00, К-7-81-10.

**ГОСПЛАН** И Н С Т И Т У Т Т Е Х Н И К О -  
Э К О Н О М И Ч Е С К О Й И Н Ф О Р М А Ц И И **СССР**

СТАХАНОВСКАЯ  
БИБЛИОТЕКА

311  
2206

Инж. С. В. ГРЕКОВ

## АЛИТИРОВАНИЕ КАК СРЕДСТВО ПРЕДОХРАНЕНИЯ СТАЛИ ОТ ОКИСЛЕНИЯ ПРИ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

№ 32

МОСКВА

1940

2017071095





## Справочно-информационный сектор осуществляет следующие виды информационного обслуживания

1.

Дает ответы на запросы по тематике тяжелой и машиностроительной промышленности в виде технических консультаций заводов и институтов, документальных материалов (рабочие чертежи, отчеты о зарубежных командировках и др.), а также библиографических сведений и т. д.

2.

Систематически (1 раз в месяц) высылает абонентам по заказанной тематике поступившие в фонд Института новые материалы.

3.

Систематически (1 раз в квартал) высылает абонентам по заказанной тематике патентные извлечения изобретений (краткое описание изобретения и схематический чертеж), зарегистрированных в США, Англии и Германии.

4.

Издает отчеты о зарубежных командировках.

5.

Издает рабочие чертежи и консультационные материалы.

Для зачисления абонентом Справочно-информационного сектора необходимо перечислить абонентную плату не менее 300 руб. на расч. счет Института № 150416 в Московской городской конторе Госбанка (Москва, Неглинная, 12), из которой удерживается стоимость высылаемых материалов. Одновременно с переводом денег просьба сообщить Справочно-информационному сектору о желаемых видах информационного обслуживания с точным указанием тематики.

СТАХАНОВСКАЯ  
БИБЛИОТЕКА

Я 311  
2206

Инж. С. В. ГРЕКОВ

АЛИТИРОВАНИЕ  
КАК СРЕДСТВО  
ПРЕДОХРАНЕНИЯ СТАЛИ  
ОТ ОКИСЛЕНИЯ ПРИ  
ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ





2017071095



## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Аллитирование . . . . .	3
Калоризация . . . . .	4
Плакирование . . . . .	5
Горячее покрытие алюминия . . . . .	6
Аллитирование с распылением алюминия . . . . .	6
Аллитирование по способу инж. С. В. Грекова . . . . .	9
Микроструктура аллитированной стали с применением металлизации	13
Аллитирование цементационных ящиков . . . . .	15



40-94540

Редактор инж. Б. М. Галлай  
 Техред И. М. Рабкин

Сдано в произв. 26/X—40 г.  
 Подп. к печати 21/XI—40 г.  
 Л72021

Зак. 2975 Тираж 2300.

Типография изд-ва «Черная металлургия»  
 Москва, Цветной бульвар, 30.

## АЛИТИРОВАНИЕ

На каждом заводе, где имеются термические печи для обработки металлов, как, например, для цементации, расходуется на изготовление тары большое количество листовой стали. Длительность службы цементационных ящиков при самых лучших условиях не превышает в общей сложности 100 час. Ящики выходят из строя и раньше этого срока, так как стенки их в результате образования окалины теряют свою форму, и укладка в ящики изделий для цементации представляет затруднения.

Целый ряд изделий из стали, как рекуператоры термических печей, трубки (чехлы) термомпар пирометров и др., при температуре 850—950° служат непродолжительное время. Для увеличения стойкости указанных изделий их можно было бы делать из жароупорной стали, требующей для выплавки расхода таких дефицитных и дорогих металлов, как никель и хром. Кроме того, литые цементационные ящики, рекуператоры и пр. имеют больший вес по сравнению со сварными стальными в несколько раз.

Наиболее рациональное и технически эффективное мероприятие — аллитирование стали для повышения ее жаростойкости при температуре до 1000°. Аллитирование дает возможность увеличить стойкость стальных изделий при рабочей температуре 950—1000° до 7—10 раз и при более низких температурах до 20 раз.

Перспектива широкого внедрения аллитирования в производство на наших заводах сулит колоссальную экономию черного металла. Во многих случаях имеется полная возможность заменить жароупорные стали на аллитированную сталь, — в тех случаях, когда изделия не несут нагрузки, как поддоны для подвергаемых термической обработке изделий, части термических печей и пр. Экономический эффект от замены в этих случаях жароупорной стали на аллитированную сталь может дать в масштабе нашего народного хозяйства несколько десятков миллионов рублей экономии.

Процесс аллитирования в основном заключается в том, чтобы поверхность изделия защитить алюминием, так чтобы на ней получался защитный слой сплава алюминий — железо, прочно связанный с основным металлом изделия. Точка плавления чистого алюминия 658°. Как известно, алюминий покрывается тонкой оксидной пленкой, температура плавления которой 2100°; получаемый на поверхности изделия сплав алюминий — железо также покрывается оксидной пленкой, служащей защитой от действия высокой температуры.

Пленка окиси алюминия хрупка, и через некоторое время она в результате деформации основного металла под действием температуры при нагреве и охлаждения спадает, но на смену ей образуется новая и т. д., до тех пор, пока не исчезает сплав алюминий — железо; лишь после этого начинается интенсивное разрушение основного металла.



Применяются несколько способов алитирования: 1) калоризация, 2) плакирование, 3) горячее покрытие алюминием и 4) металлизация распылением алюминия. Основным принципом алитирования калоризацией заключается в том, что изделие, подлежащее алитированию, загружается в ящик с алитирующим порошком и затем подвергается термической обработке. Порошок и изделия заключаются в герметически закупориваемый стальной ящик.

### Калоризация

Наиболее старый способ алитирования калоризацией — это американский. Изобретателем его является Ван Аллер. Дальнейшие улучшения этого способа принадлежат фирме «General Electric Co» (Шенекстади, США). Способ этот заключается в следующем. В барабан, наполненный смесью, состоящей из размельченного алюминия, порошка окиси алюминия и небольшого количества хлористого аммония (нашатыря), загружаются алитируемые детали. Барабан нагревается, медленно вращаясь. Для поддержания нейтральной атмосферы через барабан пропускается водород. По данным Рудера, состав для алитирования может быть следующий: порошкообразного алюминия от 5 до 50%, окиси алюминия от 94 до 49%, в зависимости от назначения обрабатываемого изделия, и 1% хлористого алюминия.

В этом процессе окись алюминия служит для предотвращения спекания частиц алюминия, так как температура процесса поддерживается в пределах 900—950°. При алитировании медных и латунных изделий температура процесса поддерживается в пределах 700—800°.

Процесс алитирования длится от 2 до 5 час. Глубина диффузии алюминия в сталь равна 0,025—0,1 мм при температуре 900°.

Описанный способ алитирования калоризацией имеет основной недостаток — это неприемлемость его для крупных деталей.

Способ алитирования Мекера. При этом способе изделия со смесью, состоящей из 49% ферроалюминия, 49% окиси алюминия и 2% хлористого аммония, загружаются в железные ящики. Закупоренный ящик промазывается глиной. При 900—1000° ящик выдерживается в обычной нагревательной печи от 36 до 50 час. Этот способ дешевле описанного выше, так как ферроалюминиевый порошок — недорогой, легко размалывающийся материал. Испытанный на многих заводах Союза, как например, на Кольчугинском заводе, он большого распространения не получил.

Способ алитирования завода «Крупн» состоит в том, для процесса применяется смесь из 35—30% алюминия в виде размолотой стружки или порошка и 65—70% обожженной белой порошкообразной глины. Смесь с изделиями помещается в железные трубы или в ящики, загружаемые в печь. Процесс алитирования начинается с 500° и доводится до 1050—1080° с выдержкой от 6 до 15 час. Можно ящики подавать в разогретую до 1050—1080° печь предварительно нагретыми до 500°.

Глубина диффузии алюминия в основной металл в этом процессе доходит до 0,6—1 мм.

В качестве производственного примера приводится способ алитирования в ферроалюминиевом порошке топливников для газогенераторов автомашин ЗИС-21, разработанный центральной литейной лабораторией ЗИС. Топливники отливаются из стали с содержанием углерода 0,20—0,23%. После выбивки топливников из форм они подвергаются тщательной обработке под пескоструем.

Топливники проходят процесс алитирования в ферроалюминиевом порошке, содержащем 40% железа, остальное — алюминий (допускается до 1% кремния, 0,75% марганца и 4% меди). Полученный сплав размалывается; величина зерна не более 0,5 мм достигается просеиванием порошка через сито с 500 отв. на 1 см<sup>2</sup>.

В порошок добавляется 3% по весу нашатыря, и все тщательно перемешивается.

После повторного использования порошка необходимо добавить 30% по весу свежего порошка и нашатыря в соответствующей пропорции.

Упаковка производится следующим способом. В железный ящик на дно засыпается ферроалюминиевый порошок слоем 50—60 мм, затем загружается топливник, который засыпается тем же порошком. Габариты ящика должны быть таковы, чтобы толщина засыпки алитируемой поверхности была 50—60 мм и над верхней частью топливника на 200 мм. Порошок в ящике необходимо трамбовать. Когда ящик наполнен порошком, он закрывается железной крышкой и обмазывается глиной.

Для проверки качества алитирования изделий рекомендуется в порошок закладывать образец («свидетель») из того же металла. Термическая обработка производится в термической печи.

Ящики загружаются в печь при 150—200°. Такая температура поддерживается в течение 1½—2 час. для просушки. Подъем температуры печи производится с нормальной скоростью, в зависимости от габаритов и типа печи. В случае быстрого нагрева рекомендуется давать печи ступенчатый прогрев, обеспечивающий выравнивание температуры внутри ящика.

По достижении температуры 980±25° дается выдержка длительностью 8—10 час., после чего прекращается топка печи, которая остывает до температуры не выше 400°; при этой температуре ящики выдаются из печи и производится разборка их. Во время разборки не допускать засорения порошка посторонними примесями (песком, глиной и пр.).

После насыщения ферроалюминием деталям дается диффузионный отжиг, так как алитированная поверхность, чрезмерно насыщенная алюминием, приобретает хрупкость. Для этой цели топливники загружаются в печь и прогреваются до 1050±25°. Вместе с топливниками загружаются и образцы, прошедшие алитирование.

Подъем температуры печи производится с нормальной для данной печи скоростью. При температуре 1050° детали выдерживаются в течение 5—6 час.

Проведенные испытания алитированных топливников на Горьковском автозаводе им. Молотова способом калоризации дали удовлетворительные результаты. В качестве алитирующей смеси брались следующие составляющие: 50% алюминиевой стружки, 45% шамотного молотого кирпича и 5% поваренной соли. Упаковка топливников производилась также в ящики. Лучшие результаты получались, когда горшки были хорошо герметизированы. В этом случае диффузия алюминия в основной металл была больше.

Наивысшая температура алитирования может быть принята 1200°, что дает в результате диффузионный слой от 1 до 1,3 мм.

Режим термической обработки для такого результата следующий: 7 часов нагрев изделий до 1200°, выдержка при этой температуре 6 час. и диффузионный отжиг в течение 3½ час. После каждого цикла алитирования для освежения смеси добавляется от 2 до 5% алюминиевой стружки.

При повышенном содержании углерода получается неравномерность алитированного слоя, и глубина его уменьшается.

### Плакирование

Плакированное листовое железо имеет слой алюминия, получаемый в процессе прокатки. Из такого материала, называемого «ферран», изготавливаются цементационные ящики. Слой алюминия на поверхности железа при температуре 950° диффундирует в основной металл и тем защищает его от разрушения.



Самый большой недостаток феррана тот, что коррозия основного металла начинается в местах обреза листов и идет вглубь под алюминиевый слой, поэтому применение феррана на подобных изделиях не получило распространения.

### Горячее покрытие алюминией

Метод алитирования погружением изделий в расплавленный алюминий (дип-процесс). Этот метод алитирования изделий, простой и дешевый, имеет один крупный недостаток, а именно: при температуре алюминия  $1000^{\circ}$  последний обладает свойством растворять железо до 30%. При более низкой температуре процент растворения железа в алюминии уменьшается.

Процесс алитирования по данному методу заключается в следующем. В графитовом тигле расплавляется алюминий. При температуре  $820-830^{\circ}$  вводится 8% железной проволоки или стружки и температура повышается до  $1100^{\circ}$ . Этим достигается нейтрализация разъедающей способности алюминия при введении в него стальных изделий. После нескольких перемешиваний содержимого тигля и полного растворения введенного в алюминий железа температура сплава снижается до  $800^{\circ}$ . В расплавленный алюминий загружаются детали, предварительно очищенные пескоструйным аппаратом. Выдержка изделий в расплавленном алюминии около 30 мин.

Вынутые из тигля детали должны пройти термическую обработку для выравнивания диффузионного слоя.

Детали перед отжигом покрываются жидким стеклом и просушиваются. Подготовленные таким образом детали загружаются в печь при  $700^{\circ}$ , и температура поднимается до  $950^{\circ}$ ; изделия выдерживаются при этой температуре до  $2\frac{1}{2}$  час. и затем температура печи доводится до  $1100^{\circ}$  с выдержкой изделий в течение 15 мин. Вынутые из печи изделия охлаждаются на открытом воздухе.

Недостатком способа алитирования методом погружения в расплавленный алюминий является неравномерность толщины нанесенного алюминия, а при последующих нагревах (до  $1000-1100^{\circ}$ ) покрытие дает трещины.

Этот способ наиболее применим для алитирования мелких изделий; недостаток его тот, что для алитирования изделия необходимо расплавлять большое количество алюминия, что особенно затруднительно при изделиях с большими габаритами. Кроме того, при погружении изделия в расплавленный алюминий покрываются все поверхности, в то время как во многих случаях необходимо алитировать только некоторые места, как, например, у цементационных ящиков, у которых алитированию подлежит только внешняя поверхность.

### Алитирование с распылением алюминия

Металлизацией распылением называется способ пульверизации расплавленного металла сжатым воздухом под давлением от 2 ат. Частицы металла, вылетающие из аппарата со скоростью 150 м/сек и более, ударяясь о поверхность изделия, впрессовываются в ее шероховатости, т. е. металлизация распылением дает только механическое сцепление с основным материалом наносимых частиц металла, а также и сцепление между собою. Главным условием хорошего сцепления частиц металла с основным является тщательная подготовка поверхности перед металлизацией.

Известен один только надежный способ подготовки поверхности изделий перед металлизацией при покрытиях не толще 0,5 мм, — это очистка песко-

струйным аппаратом. Очистка должна производиться чистым кварцевым песком или стальной крошкой. Очистка крупных изделий производится в специальных камерах, мелких изделий — во вращающихся барабанах. Барабан, имеющий шесть-восемь граней, наполняется на  $\frac{1}{3}$  его объема мелкими изделиями. Барабану дается вращение с числом оборотов от 20 до 30 в минуту.

Обязательно необходимо удалить из сжатого воздуха влагу и масло, которые приводят к отслаиванию наносимого покрытия.

Для металлизации изделий алюминией служат следующие аппараты: газовые металлизаторы американского и немецкого типов и электрические металлизаторы с вольтовой дугой.

Для проведения процесса металлизации алюминией необходимо иметь для газового металлизатора: 1) компрессор, дающий сжатый воздух давлением не менее 5 ат, при отсутствии заводской пневматической сети; 2) водомаслоотделитель к металлизатору; 3) редуктор для получения рабочего давления; 4) кислородный и ацетиленовый редукторы с точностью редуцирования до 0,1 ат; 5) резиновые шланги; 6) катушку для наматывания на нее алюминиевой проволоки.

При металлизации изделий электрометаллизатором с вольтовой дугой необходимы: 1) электрический металлизатор типа ЛК или Шоопа; при работе электрометаллизатора типа ЛК-2 необходим специальный компрессор, дающий рабочее давление 7 ат; при работе электрометаллизатора с шооповской распыливающей головкой давление сжатого воздуха может быть до 5 ат; 2) водо-маслоотделитель как и для газового металлизатора; 3) понижающий трансформатор с 220 на 25—30 V; 4) гибкие медные провода; 5) две катушки для наматывания на них алюминиевой проволоки.

Пуск газового аппарата и процесс металлизации производятся следующим образом. Деталь, тщательно очищенная пескоструйным аппаратом, подается к кабине для металлизации. С помощью редуктора устанавливается давление ацетилена 1 ат; таким же путем редуцируется давление кислорода в 1 ат. Редуктором при воздухо-маслоочистителе устанавливается давление сжатого воздуха на 4,5 ат. После открывания распределительного краника металлизатора производится окончательная регулировка всех редукторов; закрывается краник, и в аппарат вставляется алюминиевая проволока толщиной 1,5 мм. Пускается механизм подачи проволоки открытием краника; закрывается крышка аппарата и регулируется подача сжатого воздуха в турбинку, подающую проволоку механизма аппарата. Когда найдена надлежащая подача проволоки, приоткрывается крышка аппарата с втягиванием проволоки через аппарат, а затем закрывается наполовину распределительный краник, аппарат зажигается с постепенным открытием краника и крышка аппарата закрывается. Если горение газов неправильное, производится регулировка их. На фанере или на очищенном железном листе пробуются, каков распыл аппарата. При крупном распыле уменьшается подача проволоки.

При металлизации за один проход отлагается алюминий слоем толщиной 0,07 мм. Средняя толщина покрытия алюминией для проведения процесса алитирования должна быть 0,3 мм, что требует покрытия от четырех до пяти раз.

Для получения при металлизации равномерной толщины наносимого слоя нужно равномерно вести аппарат, сопло которого должно находиться на расстоянии 120 мм от поверхности изделия; при проходах слой алюминия накладывается таким образом, чтобы одна четверть полосы перекрывалась следующей полосой и т. д.

После металлизации поверхности за один раз производится покрытие вторым слоем в поперечном направлении; покрытие в третий раз производится так же, как и в первый раз и т. д. Кроме равномерности толщины алю-



миниевого слоя при таком покрытии имеется возможность оператору видеть место производимого покрытия.

Проведение металлизации электрическим аппаратом с вольтовой дугой выполняется намного проще, чем газовым аппаратом. В аппарат вкладываются две алюминиевые проволоки диаметром 1,5 мм; закрывается крышка аппарата, снимается колпак и производится регулирование подачи проволоки. Необходимо, чтобы кроме равномерности подачи проволоки точно соприкасались.

После надевания колпачка аппарата пускается сжатый воздух и включается рубильник. Напряжение для распыления алюминия должно быть 25V. Открыванием на определенную величину краника добиваются стабильности дуги.

Процесс металлизации производится таким же способом, как и при газовом аппарате.

Ввиду того, что производительность электрометаллизатора на 40—50% больше, чем газового аппарата, продолжительность металлизации соответственно сокращается.

После выполнения операции покрытия деталь подвергается термической обработке для облегчения диффузии алюминия в основной металл. По данным иностранных заводов, это выполняется следующим способом. Для избежания окисления слоя алюминия при термической обработке изделие покрывается разными лаками. По данным Ролласона, во время алюминизации стали образуется сложное покрытие, которое состоит из трех слоев:

1) над сталью и отчасти образуя сплав с ней, получается твердый раствор железа и алюминия;

2) далее идет слой сплава железа с алюминием с небольшим избытком свободного алюминия;

3) наружный тонкий слой окиси алюминия, который отслаивается спустя несколько часов при температуре выше 600°.

В настоящее время в Англии для алитирования изделий против окисления при высоких температурах применяется только процесс металлизации распылением.

Ролласон провел испытание покрытий, полученных разными способами алюминия, а потом подвергнуты четырем видам обработки, запатентованным алюминия, а потом подвергнуты четырем видам обработки, запатентованным в Англии, Германии и Франции.

По английскому способу образец покрывается алюминием и затем битуминозной (антикоррозийной) краской. Изделие быстро нагревается до 780° с выдержкой 10 мин.

По немецкому способу образец в качестве защитного покрытия поверхности алюминиевого слоя покрывают жидким стеклом и быстро нагревают до 800° с выдержкой 15 мин.

По французскому способу покрытые алюминием детали погружаются в насыщенный раствор буры и подвергаются нагреву в течение 30 мин. при температуре 600°.

Ролласон не указывает, какой первоначальный слой алюминия дается на изделие, а также какой толщины слой диффузии алюминия в сталь получается после термической обработки. По приводимому им фотомикроскопическому можно подсчитать, что глубина диффузии алюминия в основной металл не превышает 0,20—0,25 мм. Такой слой алюминия в основном металле недостаточен, о чем характеризует приводимая таблица, указывающая длительность нагревания (в часах), при которой получается 50% потери веса.

Способ распыления металла	Обработка		
	Английский способ	Германский способ	Французский способ
Проволока алюминиевая . . . . .	140	150	45
Порошок алюминия . . . . .	90	80	60
Расплавленный алюминий . . . . .	85	50	15
Пластинки мягкой стали . . . . .	—	—	7

### Алитирование по способу инж. С. В. Грекова

Ниже описываемый процесс алитирования с применением металлизации, разработанный и принятый к внедрению на Московском автозаводе им. Сталина, показал большие преимущества его по сравнению с общеизвестными способами алитирования (заявки за № 6575 и № 28873, на которые выдано авторское свидетельство).

Процесс заключается в следующем. Изделие, тщательно очищенное пескоструйным аппаратом, поступает на металлизацию алюминием. Металлизация может производиться как газовым, так и электрическим аппаратом с вольтовой дугой. Толщина слоя алюминия от 0,3 до 0,5 мм. После металлизации изделия, пока оно еще находится в нагретом состоянии, алюминиевый слой покрывается 10—20%-ным раствором хлористого алюминия или раствором другой хлористой соли с последующим покрытием натриевым жидким стеклом, в которое добавлено небольшое количество ультрамарина для лучшего обнаружения незакрытых жидким стеклом мест. После обмазки непросохшая поверхность посыпается мелким кварцевым песком. Затем изделие тщательно просушивается и может быть повторно обмазано жидким стеклом. Такая обмазка защищает слой нанесенного алюминия от окисления и обеспечивает лучшую диффузию его в основной металл.

Термическая обработка деталей после покрытия алюминием производится с целью получения диффузии алюминия в основной металл.

Ни в коем случае не допускается загрузка печи для алитирования деталей, у которых не просохло нанесенное жидкое стекло, так как в случае присутствия влаги в слое алюминия этот слой разрушается, и алитирование не дает положительных результатов.

Процесс термической обработки должен производиться при следующих режимах. Загрузка в печь изделий проводится при температуре 600—700° с постепенным повышением температуры до 1200—1250°. Выдержка при такой температуре; в зависимости от толщины стенок деталей, от 15 до 40 мин., после чего температура печи снижается до 600°, и изделия вынимаются из печи. Охлаждение производится на открытом воздухе, без резкого охлаждения.

Как жидкое стекло, так и кварцевый песок при температуре 1200—1250° оплавляется и равномерно покрывает поверхность изделий, тем самым предохраняя алюминий от окисления.





Корку жидкого стекла с кварцевым песком с изделия удалять не приходится, так как при охлаждении до 400° она растрескивается, отскакивая от поверхности, обнажая чистую алитированную поверхность. Если процесс термической обработки выполнен правильно, т. е. с учетом толщины нанесенного слоя алюминия, и длительность выдержки достаточна, на поверхности изделия получается очень незначительный слой пудры алюминия, которая остается на пальце после проведения им по остывшей поверхности изделия. Если с поверхности изделия после того, как оно остыло, осыпается алюминий в виде мелкого порошка, это означает, что термическая обработка выполнена неправильно, т. е. что выдержка в печи изделия была недостаточна; алюминий при такой обработке не весь диффундирует в основной металл.

Процесс алитирования при наличии двух термических печей с температурами 600—700° и 1200—1250° может производиться быстрее, так как при этом режиме отпадает время постепенного нагрева и охлаждения в печи. В этом случае режим обработки заключается в следующем. Изделия загружаются в первую печь, имеющую температуру 600—700°, с выдержкой в этой печи изделий в зависимости от толщины стенок их от 15 до 30 мин.; после прогрева изделие перегружается во вторую печь, нагретую до 1200—1250°, где оно выдерживается от 15 до 45 мин.

После такой выдержки изделия опять перегружаются в печь с температурой 600—700°, где они охлаждаются до температуры печи. В случае неотвечественных изделий, как, например, цементационные ящики, их после термической обработки при 1200—1250° можно не перегружать во вторую печь, а охлаждать на открытом воздухе.

Наиболее правильным будет постройка специальной термической печи для проведения процесса алитирования. Печь должна иметь три камеры. В первой камере процесс подогрева изделия, во второй диффузия алюминия в основной металл, в третьей — охлаждение изделий до температуры 600—700°.

Ввиду того что время выдержки изделий в каждой камере зависит от толщины стенок, необходимо для термической обработки подобрать изделия с одинаковой толщиной стенок.

Длительность выдержки изделий в каждой камере должна быть одна и та же.

Такой процесс алитирования разработан после целого ряда экспериментальных испытаний алитированного слоя. При температуре выше 1150° происходит наиболее интенсивная диффузия алюминия в сталь. В то же время при такой температуре нанесенный металлизацией алюминиевый слой начинает плавиться и стекать с поверхностей, образуя наплывы. Для устранения этого производится предварительный подогрев изделия до 600—700°. Алюминиевый слой при этой температуре начинает в некоторой степени диффундировать в основной металл, т. е. слой алюминия как бы сплавляется с основным металлом и при последующем повышении температуры не дает наплывов, а весь диффундирует в основной металл.

Для уменьшения окисления нанесенного алюминия, в особенности для лучшей диффузии его, применяется 10—20%-ный раствор хлористого алюминия или раствор другой хлористой соли.

Проверка жаростойкости алитированных образцов по описанному способу проведена в лаборатории кузнечно-штампового производства ЗИС, при чем сопоставлялась жаростойкость алитированной стали ЭИ69, ЭИ107, сильхрома и обычной малоуглеродистой стали 1020.

Степень жаростойкости указанных сталей определялась путем замера образцов до и после нагрева в трубчатой электрической печи сопротивления. Образцы нагревались одновременно до 1000° и выдерживались после выравнивания температуры 4 часа. Всего было изготовлено из каждой стали по четыре образца. Из 20 образцов 5 пошли для измерения твердости и микро-

анализа сырой стали и 15 образцов для нагрева. Химический состав испытанных сталей приведен в табл. 1.

Таблица 1

Элементы	Сталь ЭИ69	Сталь ЭИ107	Сильхром	Сталь 1020
Углерод . . . . .	0,50	0,41	0,45	0,21
Кремний . . . . .	0,26	2,94	2,80	0,22
Марганец . . . . .	0,39	0,50	0,54	0,54
Фосфор . . . . .	0,013	0,013	0,040	0,028
Сера . . . . .	0,022	0,013	0,028	0,027
Хром . . . . .	13,60	9,46	10,84	0,11
Никель . . . . .	15,71	—	—	—
Молибден . . . . .	0,39	0,75	—	—
Вольфрам . . . . .	3,14	—	—	—

Размеры образцов до и после нагрева, форма их сведены в табл. 2.

Таблица 2

Образцы	I	II	III	Примечание
<b>Сталь ЭИ69</b>				
Высота образца				
до нагрева . . . . .	6,48	6,56	6,41	
после нагрева . . . . .	6,41	6,475	6,334	
Абсолютная разница, мм . . . . .	0,07	0,085	0,076	Средняя 0,077
<b>Сталь ЭИ107</b>				
Высота образца				
до нагрева . . . . .	12,47	12,505	12,64	
после нагрева . . . . .	12,40	12,375	12,43	
Абсолютная разница, мм . . . . .	0,07	0,135	0,21	Средняя 0,138
<b>Сильхром</b>				
Высота образца				
до нагрева . . . . .	10,095	10,075	10,125	
после нагрева . . . . .	9,98	10,00	10,045	
Абсолютная разница, мм . . . . .	0,110	0,075	0,080	Средняя 0,088



Продолжение табл. 2

Образцы	I	II	III	Примечание
<b>Сталь 1020</b>				
Высота образца				
до нагрева . . . . .	10,22	10,40	10,405	
после нагрева . . . . .	9,465	9,69	9,725	
Абсолютная разница, мм . . . . .	0,755	0,71	0,680	Средняя 0,715
<b>Алитированная сталь</b>				
Высота образца				
до нагрева . . . . .	11,17	11,14	11,26	
после нагрева . . . . .	11,16	11,13	11,237	
Абсолютная разница, мм . . . . .	0,01	0,01	0,023	Средняя 0,014

Из табл. 2 видно, что наибольшей жароупорностью обладает алитированная сталь, за ней уже идет сталь ЭИ69, далее ЭИ107 и сталь 1020.

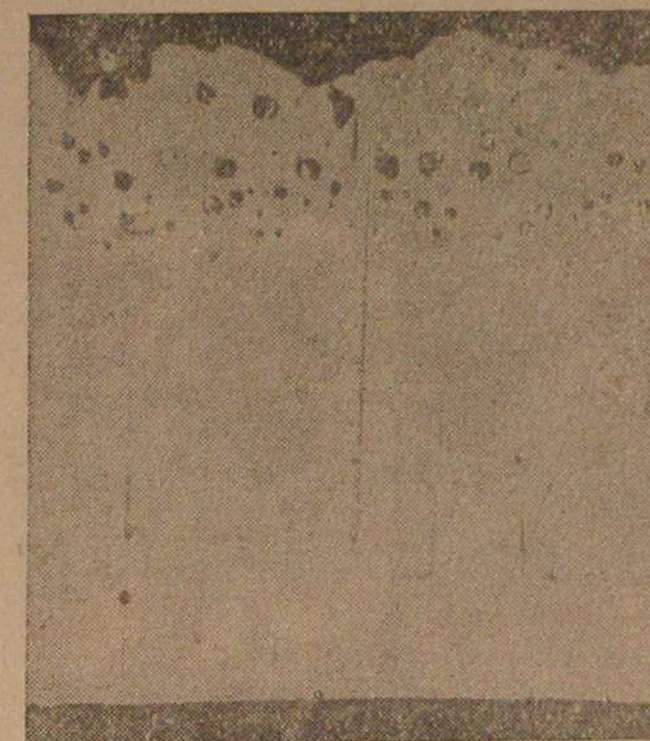
Микроструктура сталей, твердость и абсолютная разница по высоте образцов до (в состоянии поставки) и после нагрева сведены в табл. 3.

Таблица 3

Марка стали	Абсол. раз-ница по высоте образцов, мм	Твердость		Микроструктура	
		до нагрева	после нагрева	до нагрева	после нагрева
Алитированная сталь . . . . .	0,014	—	—	Видманштеттовая структура феррит и перлит; алитированный слой не протравлен.	Феррит и зернистый перлит, алитированный слой не протравлен.
ЭИ69 . . . . .	0,067	98R <sub>B</sub>	88R <sub>B</sub>	Аустенит и карбиды.	Аустенит и карбиды.
Сильхром . . . . .	0,088	29R <sub>C</sub>	24R <sub>C</sub>	Сорбитообразный перлит.	Сорбитообразный перлит.
ЭИ107 . . . . .	0,138	98R <sub>B</sub>	98R <sub>B</sub>	Сорбитообразный перлит и мелкие карбиды.	Сорбитообразный перлит и мелкие карбиды.
1020 . . . . .	0,715	96R <sub>B</sub>	64R <sub>B</sub>	Феррит и перлит.	Феррит и перлит.

**МИКРОСТРУКТУРА АЛИТИРОВАННОЙ СТАЛИ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТАЛЛИЗАЦИИ**

Фотография микрошлифа алитированной стали показывает, что диффузионный слой имеет глубину до 1 мм. В структуре этого слоя нет трещин или других дефектов, характеризующих непригодность этого способа.



Фиг. 1

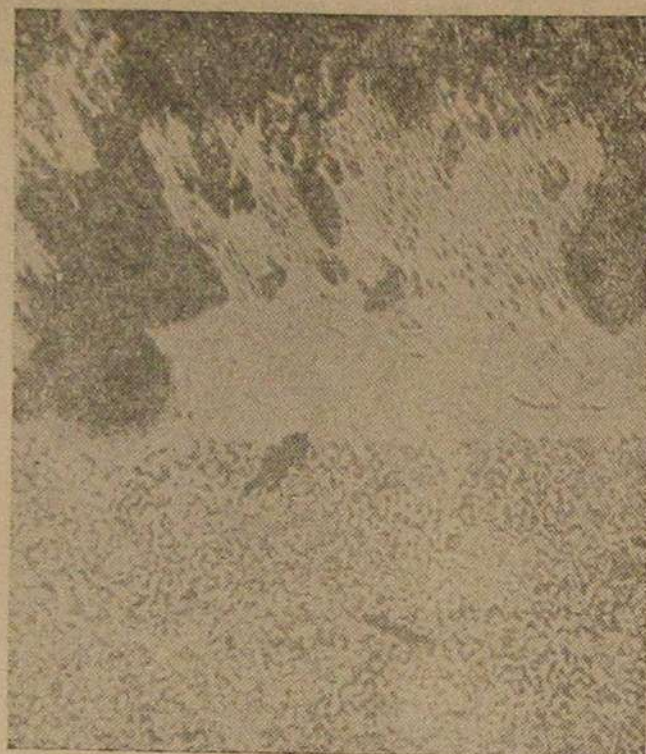
Верхняя часть слоя является наиболее насыщенной алюминием, вследствие чего при нахождении изделия в температуре до 1000° эта часть слоя



Фиг. 2

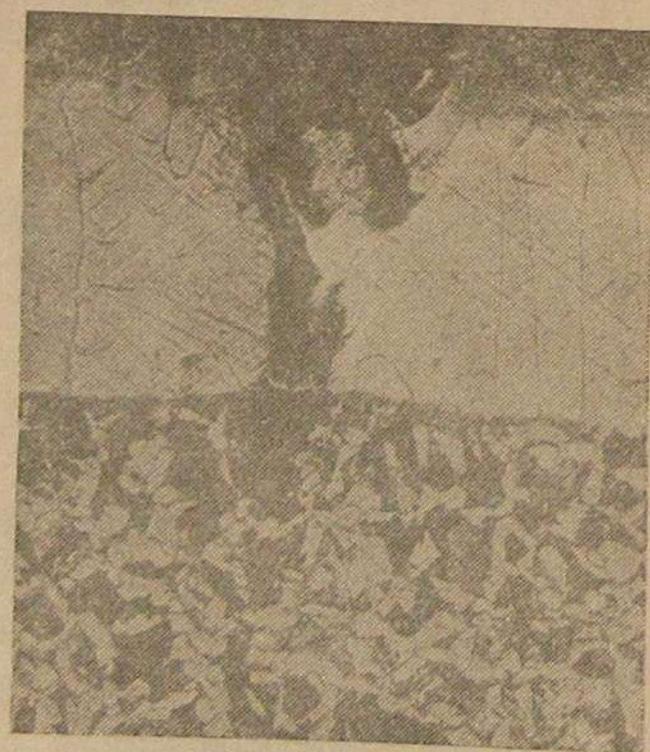


постепенно, при дальнейшей диффузии алюминия в основной металл, питает весь алитированный слой, обычно обедняющийся алюминием (см. фиг. 1; ув. 50).



Фиг. 3

Сравнительные испытания, проведенные в производственных условиях топливника, алитированного по способу инж. Грекова, и двух топливников, алитированных с применением ферроалюминиевого порошка, показали следующие результаты. Топливники газогенератора ЗИС-21 имеют стальные штам-



Фиг. 4

пованные нижние части, из которых были взяты образцы для исследования. Топливник № 1 алитировался в ферроалюминиевом порошке. Слой сильно разъеден горячими газами. В слое имеется большое количество окислов, ме-

стами глубиной до 0,9 мм, равной толщине слоя (фиг. 2; ув. 40). Газогенератор с этим топливником проработал 300 час.

Топливник № 2 алитировался в ферроалюминиевом порошке. Степень разрушения алитированного слоя примерно та же, что и топливника № 1. Толщина слоя 0,7 мм. Топливник проработал в течение 6000 км пробега автомашины ЗИС-21 (фиг. 3; ув. 40).

Топливник № 3 алитирован с применением металлизации. Толщина алитированного слоя 0,6—0,7 мм. Как показывает микрофотография (фиг. 4; ув. 40), слой имеет плотное строение, однако в нем наблюдаются местные трещины, окисленные внутри, образовавшиеся, вероятно, вследствие коробления топливника. Газогенератор с топливником № 3 проработал 300 часов.

Из сравнения жаростойкости топливников № 1 и № 3, проработавших одинаковое число часов, видно, что состояние алитированного слоя у топливника № 3, алитированного с применением металлизации, значительно лучше, чем у топливника № 1.

### АЛИТИРОВАНИЕ ЦЕМЕНТАЦИОННЫХ ЯЩИКОВ

Процесс алитирования цементационных ящиков, как и подобных им изделий со сваренными швами, необходимо проводить с учетом всех приводимых обстоятельств, выявленных автором при экспериментальных работах по алитированию (1937 г.).

Сварные цементационные ящики были изготовлены из листового железа. Размеры ящика  $900 \times 360 \times 320$  мм. Неровности в сварных швах зачищались наждачным крутом. Нанесенный алюминиевый слой на острые углы железных листов цементационного ящика, как оказалось впоследствии, разрушается от незначительных ударов еще до процесса термической обработки. Для устранения этого острые углы закруглялись наждачным крутом.

Алитировать цементационные ящики нельзя с внутренней стороны, так как при цементации в них деталей алюминий, находящийся на стенках ящика, переходит в деталь и не даст науглероживаться ей. При такой особенности алюминия необходимо производить алитирование только внешней поверхности цементационных ящиков.

Пескоструйная очистка цементационных ящиков производилась чистым кварцевым и просеянным песком при давлении сжатого воздуха 5 ат. При очистке ящика особое внимание обращалось на сварные швы. В кратерах и углублениях сварных швов, как правило, встречается выделяющийся от обмазки электродов шлак. Кроме того, имеется некоторое количество окалина, которая с большим трудом поддается пескоструйной очистке.

Не более чем через два часа производилась металлизация алюминием внешних сторон цементационного ящика. Толщина алюминиевого слоя была в пределах 0,25—0,30 мм. Не давая охлаждаться цементационному ящику после металлизации, алюминиевый слой покрывается жидким стеклом. Хорошо просушенный слой жидкого стекла служит гарантией против повреждения алюминиевого слоя при термической обработке.

Термическая обработка производилась в кузнечной печи. При температуре печи около  $600^{\circ}$  закладывались два цементационных ящика. В течение 50 мин. форсированно поднималась температура до  $1200^{\circ}$ . Выдержка при этой температуре была дана 30 мин. После этого были перекрыты форсунки и приподняты дверцы печи, и температура печи была снижена до  $700^{\circ}$  в течение 30 мин. При этой температуре из печи были выгружены два цементационных ящика. Охлаждение ящиков производилось на открытом воздухе около печи. При температуре цементационных ящиков  $350\text{—}400^{\circ}$  темная стекловидная пленка, образовавшаяся от жидкого стекла, оплавливающегося при  $1200^{\circ}$ , растрескивалась и спадала, обнажая алитированную поверхность бело-



го цвета, с небольшими серыми пятнами. Эти пятна образовались в листах, где покрытие алюминием имело меньшую толщину слоя в цементационных ящиках, почему при термической обработке алюминий полностью диффундировал в основной металл. Где алюминиевый слой имел наибольшую толщину, алюминий не диффундировал в основной металл, — он превращался в порошок и легко удалялся с поверхности. Эти два алитированных ящика были пущены в эксплуатацию наравне с неалитированными цементационными ящиками. Термические печи, в которых производится цементация изделий, имеют методическую подачу цементационных ящиков. Начальная температура в передней части печи около 500°, с последовательным повышением ее к средней части до 920—950°. Период нахождения цементационных ящиков в термической печи в среднем равен 14 час. После 150 час. эксплуатации двух алитированных ящиков оказалось, что сварные швы из стали быстро разрушаются, в то время как остальная поверхность имела небольшие следы окисления. Через 180 час. алитированные ящики пришли в негодность, так как сварные швы их были разрушены. При последующем изготовлении цементационных ящиков для избежания разрушения сварных швов сварка велась только усиленным внутренним швом. Предварительно стенки ящиков плотно пригонялись и плотно стягивались струбцинами. Таким образом, производилось алитирование цементационных ящиков, не имевших с внешней стороны сварных швов.

При эксплуатации цементационные ящики с внутренним сварным швом не страдали от коррозии, как и вся внутренняя часть ящика. Алитированные цементационные ящики простояли в термической печи в среднем 300 час., что дает увеличение стойкости по сравнению с неалитированными ящиками в три раза.

Для алитирования целого ряда изделий из стали с целью увеличения их жаростойкости, а в некоторых случаях для замены жароупорных сталей на алитированную, на ЗИС строится специальная мастерская.

ОТКРЫТА ПОДПИСКА на 1941 год  
на картотеку технико-информации и социалистического обмена производственным опытом

**ТехСО**

В 1941 г. ТехСО выходит в следующих сериях:

№М серия	Наименование серий	Кол-во карт в серии	Цена одного компл. в руб.	№М серия	Наименование серий	Кол-во карт в серии	Цена одного компл. в руб.		
								№М серия	Кол-во карт в серии
<b>I. Общегорючая раздел</b>									
1.	Автоматика, телемеханика и контроль производства	150	80	19.	Фрезерные работы	200	40		
2.	Заменители и экономия цветных и черных металлов	200	40	20.	Шлифование и доводка	200	40		
3.	Борьба с коррозией и металлизация	200	40	21.	Сверлильные работы	200	40		
4.	Сварка, резка, пайка и обмозка	200	40	22.	Слесарно-сборочные и ремонтные работы	200	40		
5.	Деревообработка	150	80	24.	Автоматизация производственных процессов	100	20		
31.	Заменители дефицитного сырья и материалов	200	40	25.	Контрольно-измерительные инструменты и приборы	200	40		
34.	Огнеупоры и керамика	150	80	26.	Организация производства в машиностроении	150	80		
<b>II. Металлургия черных и цветных металлов</b>									
29.	Доменное производство	100	20	33.	Испытание материала и лабораторное оборудование	100	20		
30.	Производство стали	250	50	40.	Модернизация кузнечно-прессового оборудования	150	80		
32.	Прокатка и волочение металлов	200	40	48.	Модернизация металлорежущих станков	300	60		
33.	Производство цветных металлов	150	80	50.	Строгальные и долбежные работы	150	80		
<b>III. Энергетика</b>									
7.	Промышленная теплотехника	200	40	<b>V. Заводский и автомобильный транспорт</b>					
8.	Котельные установки	200	40	27.	Заводский транспорт и подъемные механизмы	100	20		
9.	Паровые турбины и теплофикационные установки	150	80	28.	Автомобильный транспорт	250	50		
10.	Двигатели внутреннего сгорания на жидком, твердом и газообразном топливе	150	80	<b>VI. Строительство и производство стройматериалов и стройдеталей</b>					
11.	Подстанции, распределительные устройства и сети	200	40	41.	Стройматериалы и стройдетали, их заменители и использование отходов	200	40		
12.	Заводское электрохозяйство	200	40	42.	Земляные работы, основания и фундаменты	150	80		
<b>IV. Машиностроение и обработка металлов</b>									
13.	Литейное производство	250	50	43.	Каменные работы	100	20		
14.	Ковка и горячая штамповка	200	40	44.	Бетонные и железобетонные работы	200	40		
15.	Холодная штамповка	200	40	45.	Отделочные и ремонтные работы	200	40		
16.	Термическая обработка металлов	200	40	48.	Строительные конструкции и их монтаж	200	40		
17.	Режущие инструменты для обработки металлов	300	80	49.	Строительство и ремонт дорог	150	80		
18.	Токарные и расточные работы	200	40	6.	Сантехника	150	80		
<b>VII. Организация технико-информации, внедрение достижений и обмен опытом в промышленности</b>									
						47.	Организация технико-информации на предприятиях	100	20

Подписка на «ТехСО» принимается: Институтом технико-экономической информации — Москва, 12, ул. Куйбышева, 4, пом. 95, Сектор распространения ИТЭИН, — его отделениями, а также уполномоченными, снабженными соответствующими удостоверениями. **ОДНОВРЕМЕННО С ВЫСЫЛКОЙ ЗАКАЗА НЕОБХОДИМО ПЕРЕВЕСТИ ПОДПИСНУЮ ПЛАТУ.** Расчетный счет ИТЭИН № 130415 в Московской городской конторе Госбанка.

НАЛОЖЕННЫМ ПЛАТЕЖОМ ЗАКАЗЫ НЕ ВЫПОЛНЯЮТСЯ.