

Белорусский национальный технический университет

Студенческий конкурс

«Техническое творчество сотрудников и выпускников БНТУ: история и современность»

Способ поверхностного упрочнения изделий из алюминия

Автор:

Курганович Виктория Олеговна

студентка группы 1014122

Автотракторный факультет БНТУ

Руководитель:

Довнар Людмила Александровна

кандидат исторических наук доцент кафедры «История» БНТУ

Минск БНТУ 2023

Аннотация

Алюминий - это самый распространенный металл, добываемый из недр нашей планеты. Его высокая жароустойчивость и тугоплавкость, стойкость к воздействию коррозии и низкая теплопроводность, позволили широко применять его во всех производственных сферах.

Преимущества алюминиевых изделий общеизвестны, но главным их недостатком является повышенная деформативность, а значит недолговечность при эксплуатации.

Автор проанализировал основные технологические решения, используемые для повышения износостойкости алюминиевых изделий, особое внимание уделив изобретениям сотрудников

БНТУ



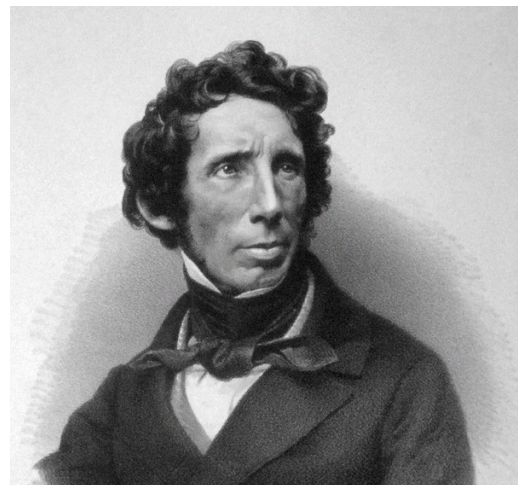
Цель исследования

- Исторический анализ способов повышения износостойкости алюминиевых изделий.
- Изучение технологических решений сотрудников БНТУ по данному вопросу.



Впервые алюминий был получен датским физиком **Гансом Эрстедом в 1825 году**. Он восстановил хлорид этого элемента амальгамой калия при нагревании и выделил металл.

Позже способ Эрстеда был улучшен **Фридрихом Вёлером**, он использовал для восстановления хлорида алюминия до металла чистый металлический калий и он же описал химические свойства алюминия..



алюминий считался чрезвычайно дорогим материалом

Это связано с тем, что в чистом виде он не встречается, а производство алюминия в больших количествах с учетом прежних технологий было делом затратным. **Металл играл роль декоративного материала, из которого делали украшения.** К примеру, в 1855 г. Наполеон III организовал выставку, на которой были представлены слитки этого металла. Блестящие и необычные – они очень понравились посетителям.



Наполеон III

В 19 в. из алюминия делали ювелирные украшения



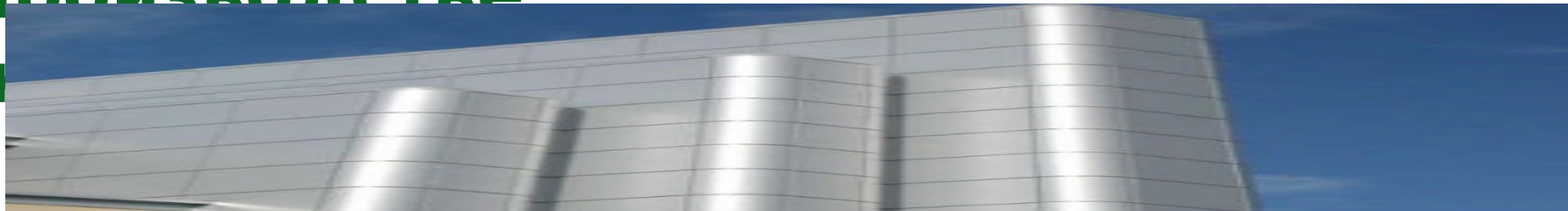
Алюминий ювелиры сочетали с золотом



И жемчугом.

Сейчас Алюминий широко применяется в авиационной, космической, автомобильной, строительной, электротехнической, химической промышленности. Также используется в судостроении и производстве

Ж



Существует несколько способов упрочнения алюминия:

1. Легирование — добавление дополнительных компонентов (легирующих элементов) для улучшения механических свойств.

В качестве легирующих добавок используются марганец, кремний, железо и магний. Причем наиболее сильное влияние на свойства сплава оказывает магний: легирование магнием заметно повышает предел прочности и текучести. Добавка кремния в сплав повышает его способность к искусственному старению. Легирование железом и никелем повышает жаропрочность сплавов.

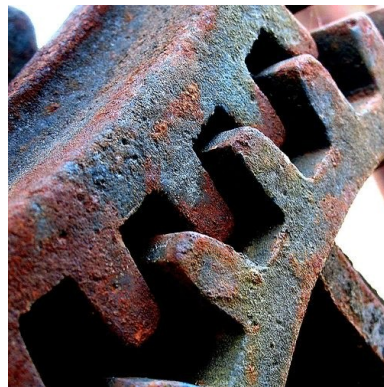


2. Закалка — процесс, применяющийся к сплавам, которые в твердом состоянии проходят фазовые изменения.

Закалка алюминиевых сплавов заключается в нагреве их до температуры, при которой легирующие компоненты полностью или частично растворяются в алюминии, выдержке при этой температуре и быстром охлаждении до низкой температуры (10-20°C). В результате такой обработки структура, свойственная температуре нагрева, может быть получена при комнатной температуре, так как при быстром охлаждении распад твердого раствора не происходит.

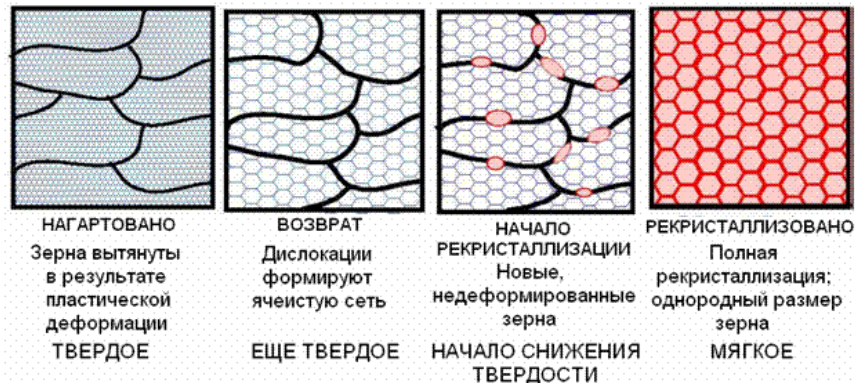


3. Старение (отпуск) — важная производственная операция, во время которой кристаллическая решётка приводится в более устойчивое состояние.



4. Нагартовка — упрочнение сплавов на основе алюминия методом холодного деформирования.

Нагартовка применяется для повышения прочностных свойств алюминия и алюминиевых сплавов, которые не упрочняются термической обработкой.



Нагартовка, возврат и рекристаллизация

способ для лазерного легирования алюминиевых сплавов

нанесение на поверхность легирующей обмазки и последующее проплавление лучом лазера,
в качестве активных компонентов легирующей обмазки используется дисилицид кобальта CoSi_2 , дисилицид никеля NiSi_2 . **Указанный способ обеспечивает повышение физикомеханических и эксплуатационных свойств покрытий.**

Будет указано в таблице 2

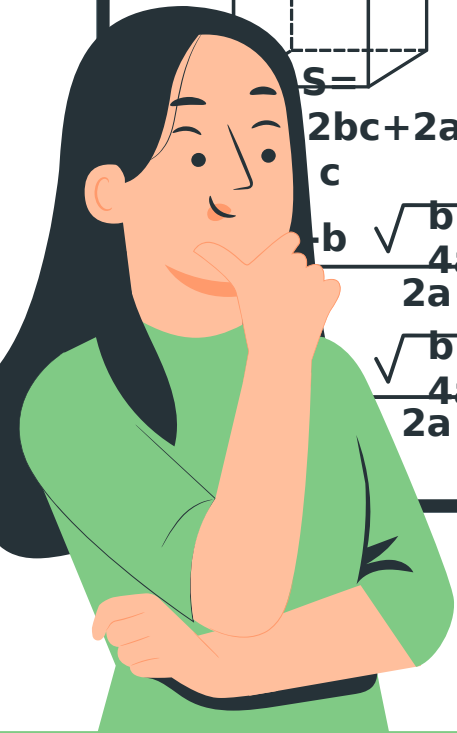


Однако данный способ применим только для упрочнения алюминиевых сплавов. При


использовании данного способа для упрочнения изделия из алюминия наблюдается высокая пористость покрытия. Приведенный состав также не позволяет обеспечивать большую глубину упрочненного слоя.

Наиболее близким к заявляемому техническому решению является способ для лазерного легирования алюминия и алюминиевых сплавов, включающий нанесение на поверхность легирующей обмазки и последующее проплавление лучом лазера, где в качестве активных компонентов легирующей обмазки используется никель Ni, хром Cr, медь Cu в соотношении 2, 4, 94 мас. % соответственно. **Указанный способ обеспечивает повышение физико-механических и эксплуатационных свойств покрытий**

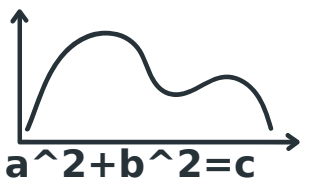




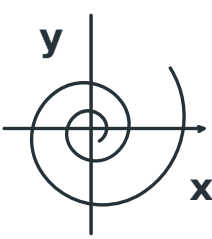
$v=ab$



$S = 2bc + 2ac + 2ab$



$a^2 + b^2 = c^2$



y x

$\pm b \sqrt{\frac{b^2 - 4ac}{2a}}$

$\pm b \sqrt{\frac{b^2 - 4ac}{2a}}$

Недостаток способа

Является малая глубина легированного слоя, а также невысокая микротвердость покрытий, что отрицательно сказывается на износостойкости упрочне



Сотрудники БНТУ:

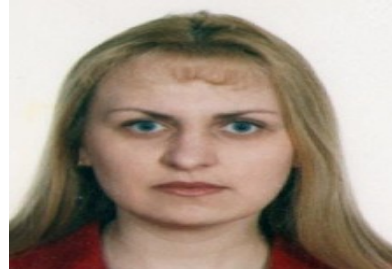
Девойно О. Г. Доктор технических наук, профессор.



Дьяченко О. В. Кандидат технических наук, доцент.

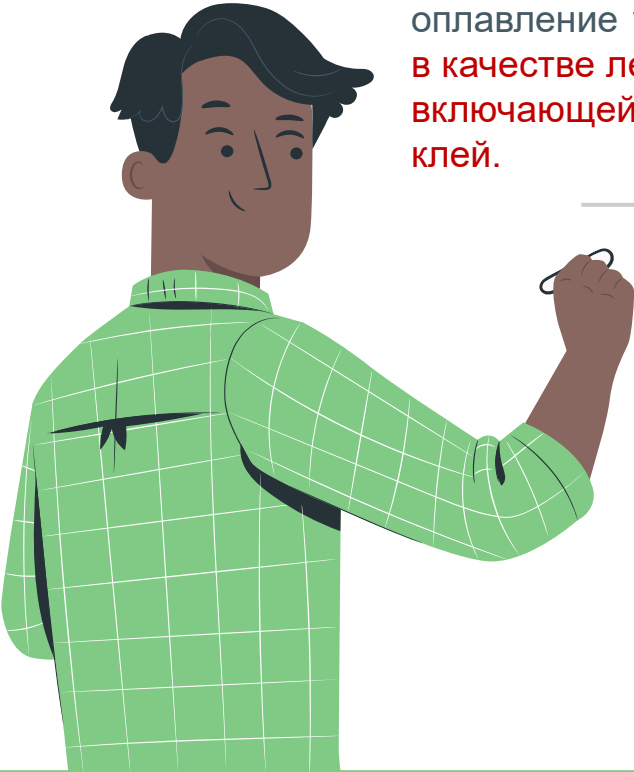


Погудо Е. В. специалист по лазерной обработке поверхностей деталей машин.



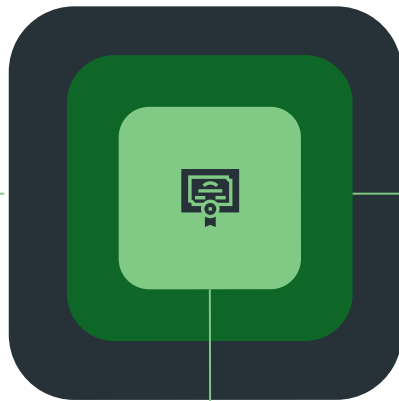
Придумали как решить эту проблему !

Новаторская идея заключается в том, что в способе поверхностного упрочнения изделия, при котором наносят на поверхность изделия легирующую обмазку и осуществляют оплавление упомянутой поверхности лазерным излучением, где в качестве легирующей обмазки используется борид железа FeB , включающей в себя в качестве связующего нитроцеллюлозный клей.



Использование предлагаемого способа для лазерного легирования изделия из алюминия обеспечивает достижение поставленной цели изобретения за счет следующих эффектов.

Эффекты



Для снятия высокопрочной пленки оксида алюминия Al_2O_3 перед нанесением обмазки производят обработку поверхности плавиковой кислотой, что позволяет избежать расхода энергии лазерного луча на разрыв оксидной пленки и, **как следствие, увеличить глубину проплава на 20 %.**

Легирование боридом железа под действием лазерного луча **приводит к значительному увеличению количества упрочняющей фазы.**

Частично железо легирует твердый раствор на основе алюминия, **повышая его твердость**, частично остается в виде FeB или переходит при больших температурах лазерной обработки в Fe_2B . Часть бора освобождается и реагирует с алюминием, образуя AlB_2 .

Пример

Поверхность образцов изделия из алюминия марки А 95 ГОСТ 11069-2001 диаметром 20 мм и толщиной 15 мм перед нанесением обмазки обработали плавиковой кислотой, затем с помощью кисточки нанесли состав для лазерного легирования. Обмазка состояла из порошка борида железа FeB ГОСТ 14848-69 Ферробор с небольшим количеством связующего в виде 3 %-ного клея "БФ-2" в ацетоне. Данную композицию нанесли на поверхность кистью и выдержали на воздухе при комнатной температуре 1 ч для полного удаления растворителя из клеевого слоя. Состав для лазерного легирования изделия из алюминия нанесли толщиной 100 мкм. Толщину замерили толщиномером МТ-40НЦ.



После высыхания поверхность образцов вместе с обмазкой оплавляли излучением CO₂ - лазера на лазерной установке непрерывного действия "Комета-2" мощностью $N = 1000$ Вт.

Режимы обработки: диаметр луча от 1 до 2 мм, скорость перемещения луча от 500 до 1000 мм/мин, коэффициент перекрытия равен 1.

Оценку износостойкости провели на машине торцового трения при следующих режимах и условиях: $p = 3$ МПа, $V = 4$ м/с, время испытаний 3 ч, среда - масло индустриальное 20, контртело - трубка из твердого сплава ВСНГН - 85. Оценку величины износа провели на профилографе-профилометре модели 252 по глубине вытертой канавки.

Результаты испытаний способа для поверхностного упрочнения изделия из алюминия приведены в таблице 1



С увеличением скорости перемещения луча лазера микротвердость упрочненного слоя увеличивается, т.к. структура становится более метастабильной, но уменьшается глубина

проплава. С увеличением диаметра лазерного луча от 1 до 2 мм микротвердость и глубина

проплава также уменьшаются, но увеличивается износостойкость в 1,2-1,5 раза. Это объясняется тем, что скорость охлаждения увеличивается и структура в поверхностных слоях

становится более метастабильной, но с пониженной глубиной проплава по сравнению с обработкой при диаметре 1 мм. Данная микротвердость определяется микротвердостью образовавшихся при воздействии лазерного луча фаз, что положительно сказывается на износостойкости полученного покрытия.

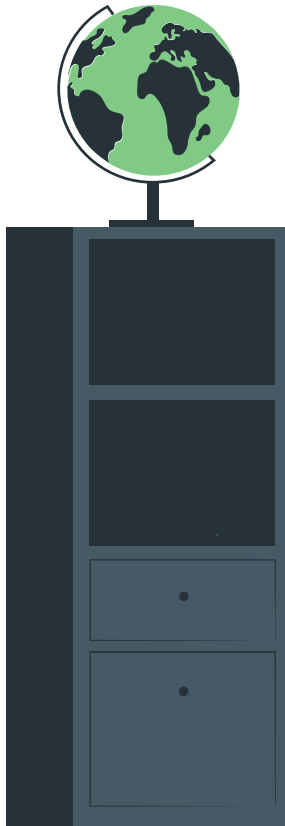


Таблица 2. Результаты рентгеноструктурного анализа после легирования

Наименование фазы	Количество линий	Концентрация фазы, %
Al	10	69,8
AlB ₂	3	17,2
FeB	10	6,7
Fe ₂ B	4	6,3

Таблица 1. Результаты испытаний образцов после поверхностного упрочнения изделия из алюминия боридом железа FeB

Режимы обработки		Толщина обмазки, мм	Глубина проплавления, мкм	Микротвердость, Н _{ц100} , ГПа	Величина износ при сухом трении, мкм	Величина износа при трении со смазкой, мкм
Скорость перемещения луча V, мм/мин	Диаметр луча d, мм					
500	1	100	250	8,5	12	6
1000	1	- " -	210	10,3	10	5
500	2	- " -	190	7,9	9	4,5
1000	2	- " -	183	7,4	8	4
Прототип		- " -	150	6,2	16	7
Чистый алюминий		-	75	1,37	84	42



Рентгеновский анализ показал, что упрочненный слой состоит из твердого раствора алюминия, боридов алюминия и боридов железа (табл. 2). В результате метастабильной кристаллизации в процессе лазерного легирования произошло легирование твердого раствора алюминия железом, а также образование высокотвердых включений AlB_2 , FeB , Fe_2B , что и позволило повысить износостойкость поверхностного слоя.

Вывод: благодаря творческой деятельности сотрудников БНТУ стало возможным достичь износостойкости при сохранении требуемой пластичности изделия из алюминия.