

# Механические методы нанесения покрытий

На практике технологии нанесения покрытий позволяют решать две задачи.

1. Упрочнение поверхности (увеличение срока службы деталей машин и механизмов).
2. Восстановление изношенных деталей.

Необходимые свойства поверхности обеспечиваются выбором материалов покрытий.

Однако, с одной стороны нанесение покрытий по сравнению с модифицированием поверхности расширяет возможности метода – широкий выбор материала покрытий с необходимыми свойствами, возрастает толщина поверхностного упрочненного слоя от 0.01мм до 10 мм. А с другой стороны появилась новая проблема – адгезия покрытия.

Решение проблемы адгезии: специальная предварительная подготовка поверхности (см. выше) и создание особых условий на границе покрытий – основа (поверхность упрочняемой детали).

$$\sigma_{\text{адг}} = f(\text{ФК} + \text{ХВ})$$

ФК - физический контакт между покрытием и подложкой и ХВ - химическое взаимодействие на границе двух контактирующих фаз.

# ПОГРУЖЕНИЕ В РАСПЛАВ

**Определение.** В основе данного метода лежит механическое погружение упрочняемого изделия в ванну с расплавленным металлом, выдержка его в ванне в течение заданного времени. После извлечения изделия из ванны на его поверхности образуется твердая металлическая пленка того же состава, что и металл ванны.

**Технологические параметры.** Материал расплава, температура ванны -  $T$ , время выдержки -  $t$ . Материал расплава определяется назначением покрытия.  $T = T_{пл} + 50 \text{ C}$ .

Оптимальное время определяется:

- а) получением требуемого уровня адгезии,
- б) экономическими соображениями,
- в) нежелательным излишним термическим воздействием на упрочняемую деталь. (?)

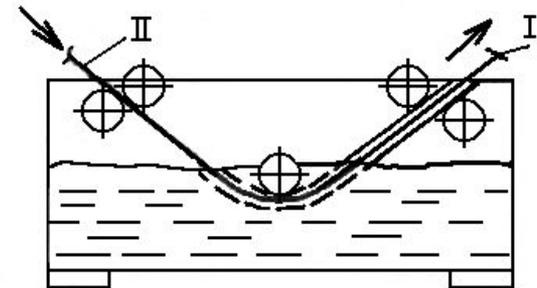


Схема метода нанесения покрытий погружением в расплав; 1 – материал с покрытием, 2 – исходный материал

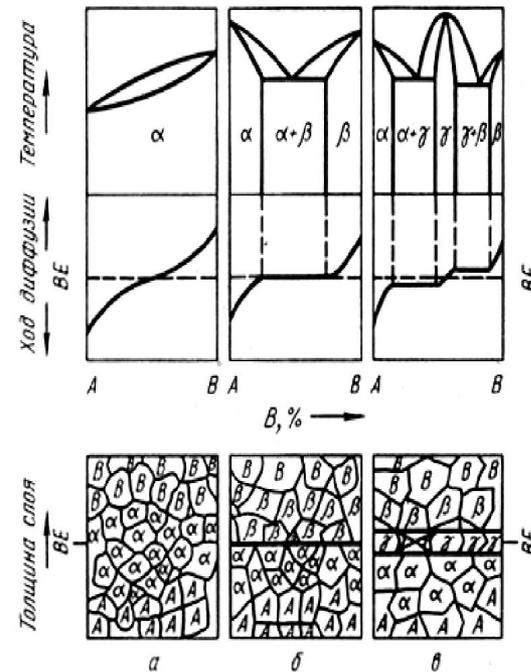
Me	Al	Zn	Pb	Sn
T пл, C	660	420	327	231

# ГРАНИЦА ПОКРЫТИЕ - ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

На границе раздела покрытие – основной материал возникает сложная структура, определяемая видом диаграммы состояний металла покрытия и материала изделия. Поэтому перед нанесением покрытия методом погружения следует проанализировать диаграмму состояний и установить характер образующейся переходной зоны. В зависимости от вида диаграммы состояний может быть образована

**зона** сплошного ряда твердых растворов  $\alpha$  (диаграмма с неограниченной растворимостью),  
**зона**, включающая в себя области твердых растворов с ограниченной растворимостью  $\alpha$  и **зона** с дополнительным пограничным слоем, содержащим интерметаллическую фазу  $\gamma$ .

Ход диффузии и схематическое изображение структуры в бинарных системах различных типов А-В



Главным механизмом, контролирующим образование переходной зоны, является диффузия. При погружении изделия в ванну с жидким металлом (после смачивания) в результате диффузии формируются твердые фазы переходной зоны, а после извлечения из расплава на поверхности образуется слой твердого покрытия, соответствующий составу ванны.

**Характер переходной зоны** (степень ее соответствия диаграмме состояний, *какие образуются фазы, как велика скорость их роста при кратковременных процессах диффузии*) **зависит в первую очередь от значений коэффициентов диффузии** в соответствующих фазах, *от градиента концентраций а пределах однородных областей* и от технологических параметров данного процесса нанесения покрытия.

Достоинством технологии получения покрытий методом погружения в расплав является высокая производительность, использование агрегатов непрерывного действия (обработка лент, полос, проволоки). К недостаткам можно отнести узкий круг материалов покрытия, связанный с ограничением рабочих температур ванны с расплавленным металлом.

Наиболее распространенные материалы и методы, используемые для получения покрытий методом погружения в расплав.

- 1. Горячее цинкование.** Один из основных способов получения цинковых покрытий. Антикоррозионная защита стальных листов, труб, проволоки и т.д. ( $T=460\text{ C}$ , толщина покрытия до 100 мкм,  $t = 10$  мин, срок службы 60-100 лет).
- 2. Алюминирование.** Высокие коррозионностойкость и жаростойкость покрытий. Защита стальных листов, полос, проволоки. Используется для защиты труб, глушителей автомобилей, печей, теплообменников.
- 3. Горячее лужение.** Назначение покрытий – защита от коррозии, получение промежуточных покрытий. Область применения: из «белой жести» изготавливают водосточные трубы, крыши зданий, емкости для бензина, консервные банки.

# ПЛАКИРОВАНИЕ

**Определение.** Плакированные материалы представляют собой двух- или многослойные материалы, полученные методом плакирования, т.е. различными методами механического соединения. Свойства плакированных материалов могут превосходить свойства отдельных исходных материалов и зависят от сочетания выбранных материалов основы и покрытия. Можно получить комбинацию свойств в одном изделии: прочность и пластичность, коррозионно- и износостойкость, сочетание физических свойств (электрические, магнитные, тепловые и т. д.).

**Технологические параметры.** Давление, температура, время, качество поверхности. Прочность сцепления контактирующих металлических слоев зависит от многих факторов. В первую очередь отметим условия получения физического контакта: развитая топография поверхности с учетом ее тонкой структуры, разрушение оксидных пленок и увеличение площади поверхности сцепления при обработке плакированных материалов давлением.

Важным технологическим параметром при плакировании является температура. При повышении температуры поверхностная энергия и пластичность большинства металлов увеличиваются, а процессы диффузии протекают более интенсивно, благодаря чему достигается более высокая прочность сцепления.

Высокое значение адгезии при плакировании может быть обеспечено за счет сваривания контактирующих слоев, когда в процессе обработки обеспечивается большое увеличение контактной площади соединяемых поверхностей за счет высокого давления.

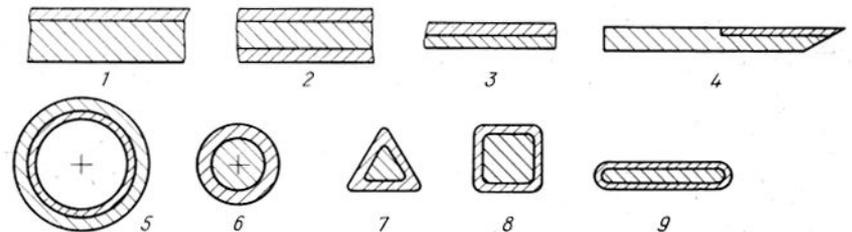
Подходящими процессами обработки давлением являются прокатка, штамповка на прессе, прессование профилей, волочение

Напряженное состояние, действующие во время обработки давлением в плоскости соединения, зависят от: химического состава компонентов плакированного материала; температуры; степени деформации; скорости деформации); геометрии очага деформации (характера течения материала); структуры биметалла (пакета); доли отдельных компонентов плакированного материала в площади поперечного сечения; шероховатости поверхности и наличия поверхностных слоев.

Всегда следует учитывать сложный характер взаимосвязи между увеличением площади, температурой и напряженным состоянием в плоскости соединения и влияние этих факторов на процесс сваривания

**Изделия.** Промышленность выпускает плакированные материалы сразу в виде изделий или полуфабрикатов – листы, полосы, трубы, проволоку, сортовые профили (рис.17). Наиболее распространенные технологические способы получения плакированных материалов: прокатка двух листов, пакетная прокатка, взрывное прессование, прессование труб, комбинированное литье. Из них изготавливают аппараты и резервуары для химических производств, для нефтехимической промышленности, биметаллический режущий инструмент (самозатачивающийся).

1, 2 – плакированный лист; 3 – термобиметалл; 4 – ножевой биметалл; 5 – плакированная труба; 6-9 – плакированные прутковая сталь, проволока, сортовые профили



## **Достоинства и недостатки.**

Метод плакирования обеспечивает высокую производительность технологических процессов, высокую адгезию, отсутствует ограничение на толщину соединяемых материалов.

Высокая адгезия плакированных листов объясняется созданием хорошего физического контакта между соединяемыми поверхностями и высокой энергетической активацией атомов контактирующих поверхностей, особенно ярко этот механизм проявляется при взрывном прессовании.

Повышение качества плакированного материала можно обеспечить за счет дополнительной термической обработки.

Метод плакирования позволяет экономить дорогостоящие металлы или высоколегированные сплавы и находит широкое применение в промышленности.

Существенным недостатком плакирования является использование его для получения в основном изделий и полуфабрикатов простой формы. При дополнительной термической обработке следует учитывать возможность протекания нежелательных процессов диффузии в области границы с образованием хрупких фаз и появления остаточных термических напряжений или пластической деформации вследствие различия коэффициентов термического расширения компонентов плакированного материала.



# ЭМАЛИРОВАНИЕ

**Определение.** Эмаль представляет собой стекловидную массу, образующуюся за счет расплава, состоящую из неорганических веществ. Основу эмали составляют окислы кремния. Для эмалей характерен вид технологического процесса нанесения покрытия – подготовка поверхности, приготовление эмали (шликера), нанесение шликера на поверхность, сушка и обжиг (при 700 –1000 °С) покрытия. Существует несколько способов нанесения эмали на металлическую поверхность: окунание, пульверизация, полив, электростатический и электрофоретический методы при нанесении мокрым способом. Выбор соответствующего способа определяется как типом материала, конструкцией и требованиями к эмалированной поверхности, так и экономическими соображениями.

Эмаль не является самостоятельным материалом. Она применяется только в сочетании с металлом, т.е. их следует рассматривать как комбинированный материал, эмалированный металл. При этом каждая из составляющих выполняет свою роль. Металл обеспечивает изделию прочность, теплопроводность, электропроводность, магнитные характеристики. Эмалевое покрытие определяет такие свойства, как твердость, стойкость к истиранию, электроизоляцию, коррозионно- и кислотостойкость, декоративный внешний вид.

## **Виды эмалей.**

По назначению все эмали можно разделить на две группы: грунтовые и покровные. *Грунтовая эмаль* равномерно распределяется непосредственно на поверхности металла и обеспечивает сцепление между покровной эмалью и металлом. Для достижения хорошего сцепления, особенно для грунтовых эмалей, наносимых на листовую материал, необходима добавка окислов сцепления. *Покровная эмаль* определяет потребительские свойства изделия. Эти эмали можно классифицировать, например, на прозрачные, цветные и тусклые, кислотостойкие, высококислотостойкие и стойкие к щелочам. Соответственно назначению эмали могут иметь самые разные составы.

## **Сцепление эмали с металлом.**

Одним из требований, предъявляемых к эмалированному изделию, является прочность сцепления эмали с металлом. Сцепление эмали со стальной поверхностью можно обеспечить формированием микрошероховатости поверхности металла (механическое зацепление). При образовании на поверхности изделия оксида металла связь покрытие – основа может иметь химическую природу. Сцепление между грунтовой и покровной эмалями объясняется простым склеиванием и свариванием двух высоковязких расплавов и поэтому не требует дальнейшего теоретического объяснения.

Дополнительным фактором получения высокой адгезии эмалей к основному материалу является следующее условие: коэффициент теплового расширения эмали должен быть несколько меньше, чем коэффициент теплового расширения у покрываемого металла. Если  $\alpha_{\text{Fe}} < \alpha_{\text{э}}$ , то затвердевание эмалевого слоя сопровождается растягивающими напряжениями, приводящими к образованию трещин. При  $\alpha_{\text{Fe}} > \alpha_{\text{э}}$  в эмали, напротив, развиваются напряжения сжатия, которые могут вызвать ее отслаивание только при больших значениях напряжений или на изделиях с малым радиусом кривизны.

## **Эксплуатационные свойства эмалей и эмалированных изделий.**

Важнейшими механическими свойствами эмали являются прочность, твердость, прочность сцепления и прочность на удар. Твердость определяет прочность на истирание.

Прочность эмалевого слоя на удар является комплексным параметром, учитывающим прочность на сжатие, растяжение и изгиб, упругость, хрупкость и прочность сцепления. Кроме того, прочность на удар зависит от толщины эмалевого слоя. Очень тонкие слои деформируются в определенных пределах без появления макродефектов, поэтому значение прочности для них на удар велико.

Термическая стойкость обычных эмалей представляет немалый интерес и играет важную роль в обеспечении высокотемпературной защиты от коррозии. Легированные стали, покрытые эмалью в целях коррозионной защиты, выдерживают температуры примерно 1000-1200<sup>0</sup>С, а иногда и выше.

Наряду с многообразным применением эмалированных изделий в быту они широко используются прежде всего в промышленности и технике, например при изготовлении силосных сооружений, резервуаров, трубопроводов, аппаратов, устойчивых к кислотам и щелочам, котлов, автоклавов, вывесок. Для защиты от высокотемпературной коррозии металлов оправдали себя жаропрочные покрытия. В строительстве используют как эмалированные стальные листы, так и эмалированный алюминий в виде листов и фольги. Такого типа архитектурные эмалированные детали находят применение при оформлении фасадов и интерьеров.

# Достоинства и недостатки