ТЕРМОДИФФУЗИОННОЕ АЛЮМИНИРОВАНИЕ КАК РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Мухамедов А.А., доц. Гузашвили К.В., базовый докторант (PhD) 2-курс
Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова, г. Ташкент

В машиностроении, транспортной технике и нефтепромысловом оборудовании стальные детали часто работают в условиях воздействия влаги, агрессивных сред, перепадов температур и механических нагрузок. Коррозионное разрушение таких деталей приводит к снижению их эксплуатационного ресурса, увеличению затрат на ремонт и замену, а также к дополнительному расходу металла и энергии [1–3]. В связи с этим актуальной задачей является применение таких способов поверхностной защиты, которые не только повышают коррозионную стойкость стали, но и обеспечивают ресурсосберегающий эффект за счёт увеличения срока службы деталей.

Одним из перспективных методов химико-термической обработки является термодиффузионное алитирование. Данный процесс основан на насыщении поверхностного слоя стали алюминием при повышенной температуре. В отличие от традиционных поверхностных покрытий, при термодиффузионном алитировании защитная зона формируется не только за счёт нанесения материала на поверхность, но и вследствие диффузионного взаимодействия алюминия с железом. В результате образуется слой, связанный с основным металлом на атомном уровне, что повышает его устойчивость к отслаиванию и делает данный метод более надёжным для деталей, работающих в тяжёлых эксплуатационных условиях.

Теоретической основой процесса является твёрдофазная диффузия, описываемая законами Фика. Согласно данным H. Mehrer, процессы диффузии в металлах и интерметаллидах определяются концентрационными градиентами, температурой, временем выдержки и особенностями кристаллической структуры материала [4]. При алитировании стали алюминий диффундирует в поверхностный слой и взаимодействует с железом с образованием фаз системы Fe–Al.

Толщина и строение алитированного слоя зависят от температуры обработки, продолжительности выдержки, состава насыщающей смеси и активности компонентов. Для приближённой оценки роста диффузионного слоя может быть использован параболический закон [5]:

$$\delta = k\sqrt{t}$$

где δ - толщина диффузионного слоя, мкм; t - время выдержки, ч; k - температурно-зависимый коэффициент роста слоя. Температурная зависимость коэффициента k может быть представлена в аррениусовской форме:

$$k = k_0 \exp(-\frac{Q}{RT})$$

где k_0 - предэкспоненциальный множитель; Q - энергия активации процесса; R - универсальная газовая постоянная; T - абсолютная температура, К.

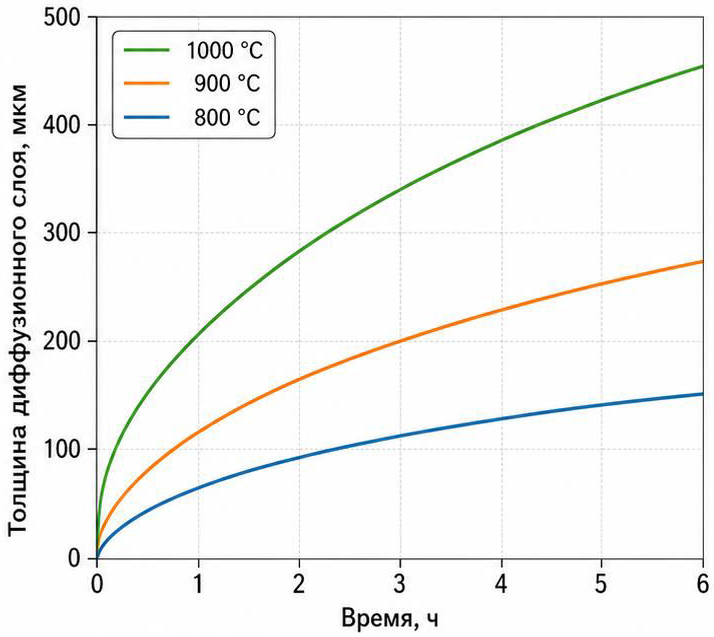


Рис. 1. Расчётная зависимость толщины диффузионного алюминированного слоя от времени выдержки при различных температурах

Из графика видно, что при повышении температуры от 800 до 1000 °C толщина диффузионного слоя возрастает интенсивнее, что связано с увеличением коэффициента диффузии и ускорением взаимодействия алюминия с железом. Параболический характер кривых подтверждает диффузионно-контролируемый механизм роста слоя. Повышение долговечности стальных деталей за счёт термодиффузионного алюминирования позволяет сократить частоту их замены, объём ремонтных работ и расход конструкционных материалов. Поэтому данный метод можно рассматривать как перспективное ресурсосберегающее технологическое решение для повышения коррозионной стойкости, надёжности и эксплуатационного ресурса деталей машиностроения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Sridhar N., Price K., Buckingham J., Dante J. Stress corrosion cracking of carbon steel in ethanol // Corrosion. 2006. Vol. 62. P. 687–702.

2. Wei L., Pang X., Gao K. Effect of small amount of H_2S on the corrosion behavior of carbon steel in the dynamic supercritical CO_2 environments // Corrosion Science. 2016. Vol. 103. P. 132–144.

3. Ahmad Z. Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2006. 672 p.

4. Mehrer H. Diffusion in Metals and Intermetallics — an Overview // Diffusion Fundamentals. 2022. Vol. 34. No. 2.

5. Ворошнин Л.Г., и др. Теория и технология химико-термической обработки. Минск: Новое знание, 2010. 304 с.