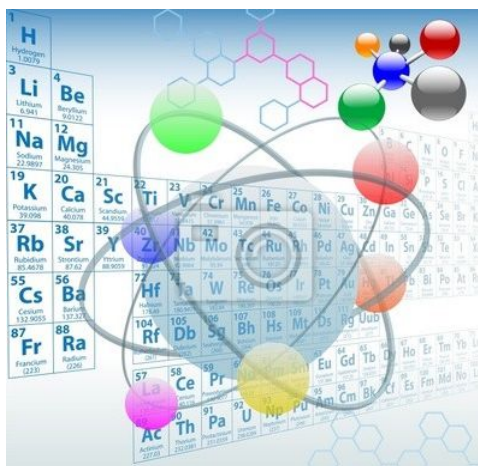


Глава 2.2. Коррозионная стойкость стали саморезов.



Устойчивость стали к коррозии формируется еще при ее производстве и обработке. На нее влияют:

1. Химический состав (содержание легирующих элементов и количество вредных примесей).
2. Внутренняя структура и состояние поверхности металла после термообработки.

1. Коррозионная стойкость стали в зависимости от химического состава.

В процессе выплавки в железоуглеродистые сплавы добавляют легирующие элементы: Mn, Si, Cu, Cr, Ni. Также в стали содержатся вредные примеси: S и P.

Проанализируем химический состав марок углеродистой стали, используемых для производства метизной продукции С 1010, 1018, 1022, а также сталь SAE 1022 производства "China Steel", использованную в производстве саморезов «Favor Fast ®» на предмет коррозионной стойкости.

Марка стали	C	Mn	P	S	Si	Cu	Ni	Cr
SAE 1022	0,20-0,21	0,83-0,84	0,016	0,007-0,014	0,05-0,06	<0,02	0,01	0,01-0,02
С 1022	0,18 – 0,23	0,70 – 1,00	0,03 max	0,05 max	0,10 max			
С 1018	0,15 – 0,20	0,70 – 0,90	0,03 max	0,05 max	0,10 max			
С 1010	0,08 – 0,13	0,30 – 0,60	0,03 max	0,05 max	0,10 max			

Углерод (С) – с увеличением его содержания коррозионная стойкость стали уменьшается. В нашем случае содержание С на уровне 0,2 % влияет на скорость коррозии в нейтральных средах незначительно. Коррозионная стойкость стали может быть повышена, если во-первых, содержание С снизить до мин. возможного количества (но мы не можем добавлять С менее 0,2% из-за прочностных качеств стали) и, во-вторых, ввести легирующий элемент, образующий с железом твердые растворы.

1. Содержание углерода в стали от 0,20 до 0,21 % является оптимальным для обеспечения заданных прочностных характеристик с минимальным ущербом для коррозионной стойкости.

Влияние легирующих элементов на коррозионную стойкость стали:

Хром (Cr) - увеличивает коррозионную стойкость стали, а при одновременном легировании медью этот эффект возрастает.

Медь (Cu) - значительно повышает коррозионную стойкость стали в атмосфере и воде, даже при незначительном ее содержании.

Кремний (Si) - при наличии его в стали 0,1-0,3% не оказывает влияния на коррозионную стойкость.

Марганец (Mn), Никель (Ni) - в небольшом количестве мало влияют на коррозионную стойкость стали. С увеличением содержания никеля возрастает стойкость сплавов в щелочных средах.

2. Содержание легирующих добавок: Cr 0,01 – 0,02% и Cu < 0,02% в комплексе оказывают положительное влияние на коррозионную стойкость стали. Добавки Si – 0,05 ÷ 0,06, Mn – 0,83 ÷ 0,84% и Ni -0,01% в небольшом количестве мало влияют на коррозионную стойкость стали.

Влияние вредных примесей на коррозионную стойкость стали:

Сера (S) - заметно снижает коррозионную стойкость стали в кислотах и атмосфере: участки защитной пленки около сернистых включений FeS и MnS защищают сплав хуже, чем нормальная оксидная пленка. Кроме того, сульфиды, разрушаясь в электролите, образуют H₂S, который заметно повышает скорость коррозии.

Фосфор (P) - почти не сказывается на коррозионных характеристиках стали.

3. Содержание вредных примесей: серы (S) – от 0,007 до 0,014% - значение минимально даже для стали высокой степени очистки (норма S в высококачественной стали - до 0,025%). Это позволяет значительно снизить сильный негативный эффект влияния серы на скорость коррозии за счет высокой степени очистки стали.

Таким образом, химический состав стали SAE 1022 производства "China Steel" оптимален для обеспечения высоких показателей коррозионной стойкости:

- Добавление хорошо сбалансированного комплекса легирующих добавок Cr-Cu позволяет скомпенсировать негативное влияние углерода на скорость коррозии.
- Низкое содержание серы (S), в среднем на 58%!!! ниже норматива для стали высокой степени очистки, позволяет максимально снизить ее негативное влияние на коррозионную стойкость.

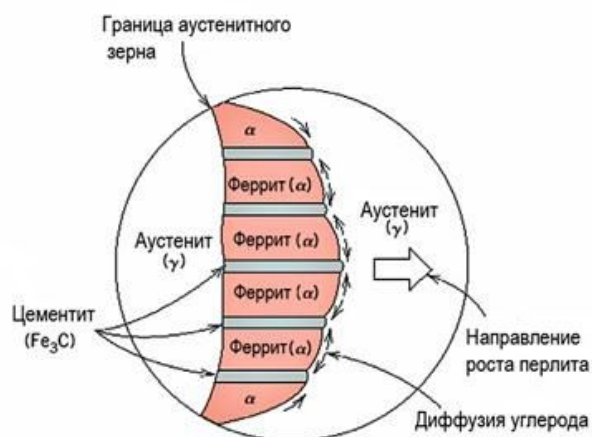
2. Коррозионная стойкость стали в зависимости от технологии термообработки.

В процессе термообработки конструкционной углеродистой стали (напомним, она должна состоять из трех этапов: цементация, закалка, низкий отпуск) – сталь соответственно меняет свою структуру.

Основные фазы превращения стали: Аустенит – Мартенсит – Перлит (Феррит + Цементит).

Схема превращения Аустенита в Перлит

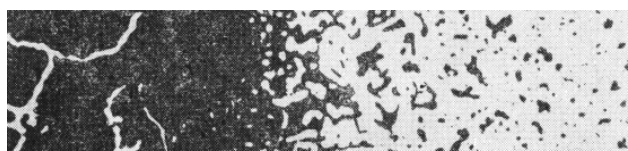
при термообработке саморезов из углеродистой стали SAE 1022 с исходным содержанием C - 0,2%.



Обозначение фаз на рис.:

П – перлит, Ц – цементит, Ф – феррит

Структура Перлита (Феррит + Цементит)



Наглядно, но сложно. Поясним физику процесса...

1. Уменьшение концентрации углерода в стали. В процессе термообработки стали после ее закалки из мартенсита выделяется часть избыточного углерода с образованием мельчайших карбидных частиц в виде пластин или стержней. При низком отпуске в стали остаточный аустенит распадается в гетерогенную смесь кристаллов низкоуглеродистого мартенсита и дисперсных карбидов (мартенсит отпуска) который отличается от мартенсита закалки меньшей концентрацией C. Очевидно, что уменьшение концентрации углерода в стали положительно сказывается на ее коррозионной стойкости и снижает риск возникновения проникающей коррозии, особенно опасной для саморезов: язвенной, подповерхностной и межкристаллитной коррозии.

2. Образование устойчивого к коррозии цементита. При температурах низкого отпуска (до 240°C) начинается превращение карбидов в цементит. В цементите С находится в связанном состоянии в виде карбида Fe_3C , что существенно снижает активность коррозии. Эта прочная механическая смесь тонкодисперсных пластинок феррита и цементита называется перлитом – он наиболее устойчив к коррозионному растрескиванию. В структуре перлита (см. рис.) цементит представляет собой белые линии в поверхностном слое цементации, а феррит – темная плотная структура.

Таким образом, слой цементации (или перлита) толщиной до 150 мкм, определяющий поверхностную твердость, также важен для повышения коррозионной стойкости саморезов. Из трех основных структурных составляющих железоуглеродистых сплавов: феррита, цементита и графита – цементит занимает второе место по коррозионной стойкости. Влиянием графита в нашем случае можно пренебречь, соответственно именно цементит определяет коррозионную стойкость стали.

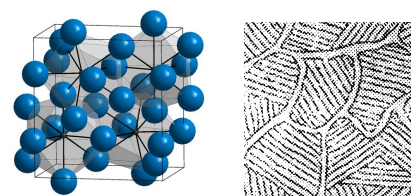
Вывод: соблюдение технологии термообработки стали способствует повышению коррозионной стойкости за счет:

- уменьшения концентрации углерода в стали
- образования цементита в поверхностном слое

Эти определяющие процессы происходят при низком отпуске.

Для высокой коррозионной стойкости саморезов рекомендуется низкий отпуск продолжительностью не менее 2,5 часов.

Fe_3C – цементит, в структуре стали: белые линии



Напомним, что разница в цене стальной проволоки у различных производителей составляет от 2,5 ÷ 4,7 %. В данном разделе можно отметить, что соблюдение технологии легирования и высокая степень очистки от вредных примесей положительно влияют и на коррозионную стойкость стали.

В заключение.

Данный анализ позволяет сделать нам следующие выводы:

Устойчивость стали к коррозии формируется при ее производстве и термообработке. На нее влияют:

1. Химический состав (содержание легирующих элементов и количество вредных примесей).

- Добавление хорошо сбалансированного комплекса легирующих добавок Cr-Cu позволяет скомпенсировать негативное влияние углерода на скорость коррозии.
- Низкое содержание серы (S), в среднем на 58%!!! ниже норматива для стали высокой степени очистки позволяет максимально снизить ее негативное влияние на коррозионную стойкость.

2. Внутренняя структура и состояние поверхности стали после термообработки.

Соблюдение технологии термообработки способствует повышению коррозионной стойкости за счет:

- Уменьшения концентрации углерода в стали.
- Образования цементита в поверхностном слое.

Эти определяющие качество стали процессы происходят при низком отпуске. Для получения высокой коррозионной стойкости саморезов рекомендуется низкий отпуск не менее 2,5 часов.

Вывод: саморезы, произведенные из стали высокой степени очистки с соблюдением технологии термообработки, более устойчивы к межкристаллитной коррозии, начинающейся после разрушения цинкового покрытия. Такие саморезы служат на 2,5 ÷ 3 года дольше аналогов, сделанных из менее качественной стали.

Напомним, что разница в цене за счет качества:

- стальной проволоки у различных производителей составляет от 2,5 ÷ 4,7 %.
- термическая обработка с соблюдением технологии дает разницу от 4,2 ÷ 6,8 %.

Итого: изготовление самореза “эконом-класса” за счет качества стальной проволоки и термообработки позволяет уменьшить себестоимость изделия в среднем на 6,7 ÷ 11,5%.