

УДК 621

EDN [PGCXTZ](#)



<https://www.doi.org/10.47813/nto.4.2023.10.72-76>

## Проблема коррозионной стойкости твердых сплавов

**Ю.О. Исаков**

Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия

\*E-mail: [isakoff2019@gmail.com](mailto:isakoff2019@gmail.com)

**Аннотация.** В статье рассматриваются проблемы коррозионного поражения твердых сплавов и способы защиты от него. Были рассмотрены два основных механизма: добавление в сплав примесей, повышающих коррозионную стойкость, и катодная защита; большее внимание было уделено первому. Подчеркнуты особенности добавления каждой из перечисленных примесей (хром, никель, молибден, бор), затронуты их свойства, преимущества и недостатки друг перед другом. Описано применение некоторых видов примесей, в частности, в нефтяной промышленности и теплообменных аппаратах.

**Ключевые слова:** коррозия, коррозионная стойкость, твёрдый сплав.

## The problem of corrosion resistance of hard alloys

**Yu. O. Isakov\***

Kuban State Technology University, Krasnodar, Russia

\*E-mail: [isakoff2019@gmail.com](mailto:isakoff2019@gmail.com)

**Abstract.** The article discusses the problems of corrosion damage to hard alloys and methods of protection against it. Two main mechanisms were considered: adding impurities to the alloy to increase corrosion resistance and cathodic protection; more attention was paid initially. The features of adding each of the listed impurities (chromium, nickel, molybdenum, boron) are emphasized, concerning their properties, advantages and disadvantages over each other. The use of certain types of impurities is described, in particular in the oil industry and heat exchangers.

**Keywords:** corrosion, corrosion resistance, carbide.

## 1. Введение

Проблема коррозионной стойкости твердых сплавов была и является актуальной во многих отраслях промышленности. Каждый сплав имеет определённые характеристики и стойкость коррозии, и выбор твёрдого сплава обуславливается условиями эксплуатации. Промышленные сплавы в основном содержат такие элементы, как вольфрам, хром (Cr-стали), никель, марганец (Cr-Ni-Mnстали), молибден. У каждого сплава свои преимущества и недостатки. Существуют разные способы борьбы с коррозией.

## 2. Материалы и методы

### 2.1. Вольфрамовые сплавы

Композиты WC – Co выделяются своей высокой износостойкостью, но их устойчивость к коррозии оставляет желать лучшего в сравнении с другими сплавами. Они подвергаются значительному износу только в случае воздействия крайне высокой концентрации твёрдых частиц [1]. В пределах значений pH от 1 до 14 уровень коррозии систематически возрастает при увеличении содержания карбида вольфрама. Но, стоит отметить, что, несмотря на это, карбид вольфрама оказывается менее прочным и устойчивым к коррозии по сравнению с некоторыми другими видами карбидов, что стимулирует поиски альтернатив с использованием хрома или молибдена. Силовые характеристики вольфрама дают возможность создавать твёрдые сплавы на его основе, которые применяются в процессах механической обработки как металлических, так и неметаллических конструкционных материалов. Вольфрам также играет роль легирующего элемента [1].

### 2.2. Стали с примесью никеля

Смена вольфрама на хром или молибден в сплавах приводит к увеличению коррозионной стойкости, но при этом сильно снижает эксплуатационные характеристики. Широко известными примерами применения сплавов системы Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub> – Ni являются малоинерционные головки измерительных устройств с высокой коррозионной стойкостью.

Прирост коррозионной стойкости при использовании никеля обусловлен добавлением практически всех важных легирующих элементов [2]. Существуют

разнообразные коррозионностойкие сплавы на основе никеля, включая монели (никель – медь), хлориметы и хастелой (никель – молибден – кремний), нихромы и нионели (никель – хром – железо и др.). Отмечается, что никель и кобальт похожи по химическим и коррозионным свойствам. Кобальт имеет более высокий электродный потенциал (-0,28 В), чем железо (-0,44 В), но он близок к потенциалу никеля (-0,25 В). Из-за этого некоторые добавки могут резко увеличивать коррозионную стойкость кобальта, но при этом их содержание сопоставимо с содержанием самого кобальта [2].

### 2.3. Стали типа $Cr_{18}Mo_2$

Стали типа  $Cr_{18}Mo_2$ , также известные как нержавеющие, являются одним из видов нержавеющих сплавов, которые имеют отличную коррозионную стойкость. Хром в составе стали реагирует с кислородом и придает стали пассивную оксидную плёнку, которая защищает её от коррозии. Молибден повышает устойчивость к коррозии в агрессивных средах. Для предотвращения межкристалльной коррозии в эти стали в качестве стабилизаторов добавляют титан и ниобий концентрацией  $\leq 0,80$  %. Ферритные стали  $Cr_{18}Mo_2$  устойчивы к коррозионному растрескиванию под напряжением. По стойкости к питтинговой коррозии и щелевой коррозии они превосходят обычные ферритные стали, а также аустенитную сталь  $Cr_{18}Ni_8$ . Их стойкость в уксусной, лимонной, молочной и фосфорной кислотах выше, чем стали  $Cr_{18}Ni_8$ , и почти сравнима со стойкостью стали  $Cr_{18}Ni_{12}Mo_2$ , но недостаточна в щелочах и сильных кислотах.

Проводился статистический анализ характера коррозионных разрушений нержавеющих сталей в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, который показал, что примерно 40% разрушений обусловлены коррозионными растрескиваниями и коррозионной усталостью и более 24% из них происходят в аустенитной коррозионно-стойкой стали. Наиболее перспективный метод борьбы с этими видами коррозии — замена аустенитных сталей ферритными типа  $Cr_{18}Mo_2$ . Так, в трубах теплообменника из стали  $Cr_{18}Ni_{10}$  с малым содержанием углерода под действием хлоридсодержащих растворов (10–20 мг Cl–/л) происходило сильное коррозионное растрескивание под напряжением. Аустенитные трубы заменили ферритными из стали  $Cr_{18}Mo_2$  (C + N < 0,02). После двух лет эксплуатации следов коррозионных растрескиваний не обнаружено.

Высокочистые по примесям внедрения (C + N) высокохромистые стали Cr18Mo2 применяются для трубопроводов и резервуаров горячей воды, теплообменников, контактирующих с органическими кислотами, синтетическими детергентами и мылами, для ректификационных колонн, солнечных коллекторов, винодельческих установок [3].

### 3. Результаты

#### 3.1. Влияние бора на стойкость коррозии

Улучшение комплекса свойств сталей может быть достигнуто путем легирования или микролегирования. Бор является одним из наиболее многообещающих элементов для микролегирования стали. Его перспективность связана с возможностью улучшения комплекса свойств стали при гораздо меньших добавках, чем традиционные легирующие элементы, что приводит к экономическим преимуществам. Однако производство сталей, содержащих бор, сопровождается сложностями, включая введение бора в сталь, производство борсодержащих ферросплавов и управление концентрациями бора и других компонентов в сплаве. Из-за низкой растворимости бора в феррите, он обычно сосредотачивается на границах зерен первичного аустенитного зерна, и его влияние на рост зерен может быть как положительным, так и тормозящим. Коррозионная стойкость стали с добавлением бора зависит от его процентного содержания и химического состава стали, что делает его воздействие неоднородным [4].

#### 3.2. Катодная защита

Защитить твердый сплав от коррозии можно путём катодной защиты. Этот механизм основан на применении электрохимических принципов для предотвращения коррозии материала. Анодом выступает металлический элемент, который жертвенно подвергается коррозии вместо основного материала (твёрдого сплава), который нужно защитить. Катод – это сам твёрдый сплав, который должен быть защищён от коррозии. Под воздействием постоянного тока на аноде происходит окисление анодного материала, что означает, что анод жертвенно подвергается коррозии. Это приводит к тому, что материал анода расходуется. В случае нержавеющей сталей происходит образование пассивной оксидной плёнки на поверхности катода, что усиливает его коррозионную стойкость [5].

#### 4. Заключение

Подводя итог, можно сделать вывод, что у каждого способа защиты от коррозии существуют свои преимущества и недостатки. Эти способы разнятся по многим критериям: эксплуатационным, экономическим, технологическим и т.д. Прежде всего, при выборе способа защиты от коррозии важно учитывать эксплуатационную среду твердого сплава, так как именно она определяет черты проявления коррозии. В данной статье были рассмотрены два механизма повышения коррозионной стойкости, каждый из них применяется в определённых областях.

#### Список литературы

1. Клейнер Л.М. Новые конструкционные материалы: низкоуглеродистые мартенситные и порошковые стали. Прикладное металловедение. Учебное пособие / Л.М. Клейнер, А.А. Шацов – Пермь: Издательство пермского национального исследовательского политехнического университета, 2004. – 142 с.
2. Interaction of components of Co-Sn and Co-Sn-Cu powder materials in liquid phase sintering / E. G. Sokolov, A. V. Ozolin, L. I. Svistun, S. A. Arefieva // Materials Science Forum. – 2019. – Vol. 943. – P. 113-118.
3. Березовская В.В., Березовский А.В. Коррозионно-стойкие стали и сплавы / В.В. Березовская, А.В. Березовский. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2019. – 247 с.
4. Мазничевский А.Н. Влияние кремния, бора и РЗМ на коррозионную стойкость аустенитной хромоникелевой стали / А.Н. Мазничевский, Ю.Н. Гойхенберг, Р.В. Сприкут. – Известия высших учебных заведений. Черная Металлургия, 2020.
5. Википедия: Катодная защита [сайт]. –URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Катодная\\_защита](https://ru.wikipedia.org/wiki/Катодная_защита) (2023)