

## ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ И КОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА СТАЛИ 15Х5МФБЧ

Иоффе А.В.<sup>1</sup>, Тетюева Т.В.<sup>1</sup>, Выбойщик М.А.<sup>2</sup>, Князькин С.А.<sup>1</sup>,  
Трифопова Е.А.<sup>1</sup>, Зырянов А.О.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ООО «Самарский инженерно-технический центр», г. Самара, [ioffe@eor.samara.ru](mailto:ioffe@eor.samara.ru)

<sup>2</sup> Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти, [yama@land.ru](mailto:yama@land.ru)

Исследуется влияние температуры отпуска на микроструктуру и карбидные превращения в стали 15Х5МФБЧ с целью получения оптимального сочетания прочностных и коррозионных свойств.

На основе специально построенной ТКД и результатов металлографического анализа, была выбрана нормализация от 900°C с охлаждением водо-воздушной смесью (ВВС). Микроструктура стали 15Х5МФБЧ после нормализации с ВВС представлена верхним и нижним бейнитом, размер первичного аустенитного зерна не превышает ~12 мкм. После нормализации металл подвергали отпуску при температурах 680, 720, 730, 740, 760, 770 и 780°C в течение одного часа.

При температуре отпуска 680°C в структуре стали выявлены легированные карбиды цементитного типа  $Me_3C$  и имеющие когерентную связь с матрицей карбиды VC. Повышение температуры отпуска до 720°C стимулирует коалесценцию легированного хромом цементита и образование карбидов  $Me_7C_3$  на месте растворения карбидов цементитного типа  $Me_3C$ . Так же теряется когерентная связь с матрицей мелкодисперсных, равномерно распределенных по структуре, карбидов VC. В результате отпуска при 730°C фазовый состав карбидной составляющей не меняется. Увеличивается доля рекристаллизованных зерен. Вследствие, повышенной стабильности микроструктуры не происходит резких скачков в изменении прочностных и вязко-пластических характеристиках. Металл имеет однородную мелкозернистую феррито-карбидную структуру. Преимущественно наблюдаются карбиды ( $Me_7C_3$ ) удлиненной формы и мелкодисперсные карбиды VC. При этом сохраняется незначительное количество округлых карбидов  $Me_3C$ . На границах бывшего аустенитного зерна начинается зарождение и последующий рост новых рекристаллизованных зерен феррита. Отпуск в интервале 720–730°C обеспечивает  $\sigma_B$  на уровне 700–750 МПа.

С повышением температуры отпуска от 680 до 730°C стойкость к СКРН по методам Д и С возрастает.

Дальнейшее повышение температуры отпуска в интервале 740–780°C приводит к стабилизации карбидной фазы. В структуре стали уменьшается количество карбидных частиц  $Me_7C_3$  и наблюдается выделение и коалесценция частиц  $Me_{23}C_6$ . Карбиды VC не были выявлены. Повышение относительного удлинения и ударной вязкости в исследуемом интервале температур отпуска происходит из-за снижения плотности дефектов и увеличения доли рекристаллизованного феррита.

В результате отпуска при 740°C стойкость к СКРН снижается, что по-видимому, связано с образованием более крупных карбидов  $Me_{23}C_6$  и началом растворения карбидов VC.

Лабораторные испытания металла после термической обработки нормализация 900°C + отпуск 730°C в  $CO_2$  насыщенной среде показали, что скорость углекислотной коррозии не превышает 0,2 мм/год. Высокая стойкость к углекислотной коррозии обусловлена образованием обогащенных хромом продуктов коррозии.

Таким образом термообработка (нормализация + отпуск 730°C) обеспечила для стали 15Х5МФБЧ  $\sigma_B$  на уровне 700–750 МПа и  $\delta \geq 20\%$  в сочетании с высокими показателями стойкости к СКРН ( $K_{ISSC} = 31 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$  и  $\sigma_{th} = 80\%$  от  $\sigma_{0,2}$ ) и углекислотной коррозии.