

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ИЗ СТАЛИ 10Х9К3В1М1ФБР В УСЛОВИЯХ СТАРЕНИЯ

Дмитрик В.В., Сыренко Т.А.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков*

Высокохромистые мартенситные стали типа P91, P92, P122, P911 и др., применяются в энергоблоках тепловых станций США, Японии и других стран ЕС, эксплуатируются при температурах 580-650°C и давлении до 340МПа. Данные стали подвергаются термической обработке представляющей собой нормализацию и последующий среднетемпературный отпуск. Отпуск обеспечивает выделение нано-частиц типа $M(C,N)$ и $M_{23}C_6$, от объемной доли, размера и распределения которых зависит стабильность структуры сварных соединений в условиях эксплуатационного старения. В сталях, содержащих никеля 0,7-1,5%, отмечается следующая стадийность карбидных превращений

$M_3C \rightarrow M_2C \rightarrow M_{23}C_6$. В легированном цементите доля Fe составляет около 20% от металлических атомов. В карбонитриде $M_2(C,N)$ хром составляет около 50-55% от количества металлических атомов, а молибден-до 30% (масс.). Частицы $M_2(C,N)$ выглядят в виде пластин длиной 100нм и более, а частицы $M_{23}C_6$ имеют округлую форму.

При содержании в приведенных сталях никеля $\leq 0,6\%$ карбидная реакция будет следующей $M_3C \rightarrow M_7C_3 \rightarrow M_{23}C_6$.

Карбидная реакция $M_3C \rightarrow M_7C_3$ может протекать по механизму внутренней перестройки решетки цементита, что вызывает диффузия хрома из мартенсита. Однако реакция $M_3C \rightarrow M_7C_3$ может протекать как эффект независимого зарождения M_7C_3 , поскольку химический состав M_3C и M_7C_3 существенно различается по содержанию хрома и железа. Реакция $M_7C_3 \rightarrow M_{23}C_6$ может идти по механизму перестройки решетки M_7C_3 в решетку $M_{23}C_6$. Однако механизм данной реакции может обеспечиваться и путем независимого зарождения карбида $M_{23}C_6$. Заметим, что M_7C_3 и $M_{23}C_6$ располагаются в зернах мартенсита по точным ориентационным направлениям, что подтверждает их зарождение как частиц с когерентными границами. Карбид M_7C_3 может содержать хрома $\geq 80\%$ (ат.) и по своему химическому составу он близок к карбиду $M_{23}C_6$. Однако M_7C_3 и $M_{23}C_6$ имеют различные кристаллические решетки. В процессе эксплуатации M_7C_3 претерпевают распад при образовании $M_{23}C_6$. Увеличение в стали P911 содержания ниобия до 0,086 и азота до 0,06% приводит к полной замене $M_2(C,N)$ на $M(C,N)$, который обогащен ниобием. Можно предположить, что $M(C,N)$ в стали P911 является в условиях эксплуатационного старения стабильной фазой, что требует уточнения.