

УДК 621.039

В.С. Замай (асп.), В.В. Цуканов, к.т.н. ЦНИИ КМ "Прометей"

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАДИАЦИОННО- И ТЕПЛОУСТОЙЧИВЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ КОРПУСОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ ТИПА ВВЭР И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

Производство корпуса реактора представляет собой многостадийный процесс, на каждом из этапов которого, возможно проведение комплекса мероприятий по повышению качества полуфабрикатов и, как следствие, готового изделия. Очевидно, что высокий уровень служебных свойств материала и обеспечение гарантированного ресурса может быть достигнуто как за счет получения материала с низкой чувствительностью к воздействиям эксплуатационных факторов, так и за счет создания “запаса” по уровню исходных свойств. Данные положения могут быть реализованы путем тщательного выбора базовой композиции материала по химическому составу и технологии его производства. Выбор базовой композиции должен осуществляться с учетом не только требований к радиационной и тепловой стойкости, конструктивных особенностей корпуса, определяющих радиационную и тепловую нагрузку, но и с учетом технологичности на стадии производства, включая свариваемость, отпускостойчивость, прокаливаемость и т.д. В данной связи хорошо известна двойственная роль никеля в сочетании с хромом, ванадием и другими элементами. Оптимизация его содержания на сегодняшний день остается актуальной задачей. Однако влияние таких примесей как фосфор и медь изучено весьма подробно, и их негативное влияние достаточно очевидно. При этом необходимо иметь в виду, что снижение содержания этих элементов в процессе производства целесообразно проводить до определенного предела, в противном случае, это может оказаться чрезмерно трудоемким и нерентабельным. Учитывая последнее, ЦНИИ КМ “Прометей” и ОАО “ИЗ” разработали технологию производства поковок и заготовок для корпусов реакторов современных проектов. Данная технология включает в себя множество мероприятий по снижению содержания вредных примесей, получению однородной и мелкозернистой структуры и гомогенности по химическому составу, и как следствие, повышению уровня исходных механических свойств, радиационной и тепловой стойкости. Эффективность этих мер подтверждена экспериментально.

Ниже приведен примерный перечень упомянутых мероприятий:

*на стадии выплавки:*

- использование контролируемой по примесным элементам шихты;
- использование специально подобранных модификаторов, а также технологии их введения для глобулизации неметаллических включений с применением обработки в установке внепечного рафинирования и вакуумирования;
- применение особых методов выплавки и рафинирования металла для снижения степени зональной и осевой ликваций;
- применение вакуумной разливки.

*на стадии горячей пластической обработки:*

- выбор оптимального режимаковки, позволяющего избежать перегрева и неконтролируемого роста зерна;

*на стадии термической обработки:*

- применение прогрессивных режимов термической обработки на стадии предварительной, основной и окончательной обработки;
- выбор оптимального сочетания режимов основного и дополнительных отпусков для получения требуемого соотношения прочностных и пластических свойств.

Следует отметить, что с появлением новых конструктивных разработок, направленных на повышение надежности и увеличение ресурса возникла необходимость создания технологии производства корпуса реактора, в котором из активной зоны будет исключен сварной шов. Данная задача может быть решена путем создания удлиненной обечайки, что сопряжено с весьма серьезными технологическими сложностями. В частности, для этой цели предлагается использовать технологию отливки особокрупного полого слитка