

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ НАГРЕВА НА СУБСТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ

Вуец А.Е.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,

г. Харьков, Украина

e-mail: shulc01@mail.ru

Одним из прогрессивных методов обработки кромок лопаток паровых турбин с целью повышения их эрозионной стойкости является поверхностная закалка и отпуск с использованием скоростного нагрева токами высокой частоты (ТВЧ). Из-за больших габаритов рабочих лопаток турбин проведения отпуска в печи ($V_{\text{нагр}} \approx 0,1 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{с}$) является трудоемкой и экономически невыгодной термической операцией. Можно предположить, что одной из методик, позволяющей повысить надежность эксплуатации лопаток закаленных ТВЧ, является использование в качестве заключительной операции локального скоростного отпуска с нагревом ТВЧ ($V_{\text{нагр}} \approx 800 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{с}$). Использование скоростных нагревов ($>100 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{с}$) для отпуска закаленных сталей открывает новые резервы для повышения прочности.

Целью работы было исследование и сравнение влияния именно скорости нагрева во время термообработки (закалка и отпуск) на структуру и субструктуру конструкционной стали 15X11МФ, которая применяется для изготовления рабочих лопаток паровых турбин.

Образцы были подвергнуты поверхностной закалке с использованием нагрева ТВЧ и объёмной печной по оптимальным режимам для лопаток паровых турбин.

Для корректного сравнения субструктурных характеристик на образцах после отпуска была получена одинаковая твердость поверхности (34-35 HRC), которая достигается отпуском в печи $550 \text{ } ^\circ\text{C}$ или ТВЧ отпуском $800 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Субструктурные характеристики были получены с помощью рентгеноструктурного анализа по анализу уширения дифракционной линии.

Закалка (ТВЧ и печная) в сравнении с исходным состоянием приводит к измельчению блочной структуры почти в 2-2,5 раза ($\approx 300\text{-}400 \text{ \AA}$), увеличению показателей микродеформации в 5 раз (0,34-0,35 %) и плотности дислокаций в 2-3 раза - $(1,0\text{-}1,5) \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$.

Высокая скорость нагрева в процессе отпуска ($V_{\text{нагр}} \approx 800 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{с}$) приводит к задержке процессов релаксации напряжений II-го рода и процессов увеличения блоков α -фазы в сравнении с отпуском в печи независимо от предыдущего типа закалки. Отпуск с разными скоростями нагрева на одинаковую твердость (34-35 HRC) образцов, которые предварительно поддавались скоростной закалке с помощью ТВЧ, приводит к получению более дисперсной блочной структуры по сравнению с печным отпуском (580 \AA против 700 \AA). Величина микродеформации и плотности дислокаций также остается более высокими по сравнению с печным отпуском (0,22% против 0,13% и $0,75 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$ против $0,71 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$ соответственно).

Таким образом, можно предположить, что полученные субструктурные характеристики способствуют получению более высоких механических и эксплуатационных свойств стали.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Погребному Н.А. и Белозёрову В.В. за проведение рентгеноструктурного анализа.