

УДК 620.1

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАКАЛКИ МАРТЕНСИТНОСТАРЕЮЩЕЙ СТАЛИ ТИПА ВКС-180 С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Наталья Александровна Якушева

*Студентка 5 курса,
кафедра «Материаловедение»,
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*Научные руководители: А.Б. Шалькевич⁽¹⁾, Л.В. Тарасенко⁽²⁾,
кандидат технических наук, начальник лаборатории высокопрочных конструкционных
и коррозионностойких сталей ФГУП «ВИАМ»⁽¹⁾,
доктор технических наук, профессор кафедры «Материаловедение»,
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана⁽²⁾*

В настоящее время для разработки деталей ГТД конструкторами и материаловедами ведется активный поиск новых материалов для валов турбин, превосходящих по прочностным параметрам (при сохранении характеристик надежности) традиционно применяемые мартенситные стали ЭП517 и ЭП866 [1].

Высокопрочные стали в плане современного самолета продолжают занимать существенное место и составляют 15...20 % от его общей массы. Поиск новых композиций сталей и сплавов привел к созданию нового класса высокопрочных материалов – мартенситностареющих сталей, появившихся в конце 20 века [2].

В настоящее время, по данным зарубежных источников, мартенситностареющие стали применяют для изготовления тяжело нагруженных деталей: узлы двигателей, деталей рефрижераторных и криогенных установок.

В качестве перспективных материалов, которые обладают требуемым комплексом механических свойств и характеристик надежности, для изготовления валов двигателей могут рассматриваться высокопрочные конструкционные мартенситностареющие стали (ВКС) системы легирования Fe-18Ni-8Co-5Mo-Ti. Во Всероссийском институте авиационных материалов (ФГУП «ВИАМ») для возможного решения этой задачи, была разработана мартенситностареющая сталь с 18% Ni, обеспечивающая предел прочности $\sigma_B = 1720...1865$ МПа, работоспособная до температур 400 °С (ВКС-180) (Патент RU № 2334017).

Многочисленные исследования, выполненные в ФГУП «ВИАМ» по разработке составов, освоению металлургического производства высокопрочных низкоуглеродистых конструкционных мартенситностареющих сталей, показали, что наименее газонасыщенный и наиболее чистый металл получается при использовании «дуплекс» вакуумной выплавки: вакуумно-индукционная выплавка с последующим вакуумно-дуговым переплавом - «ИД» (ВИ + ВДП). Такой способ выплавки сталей рассматриваемой системы легирования обеспечивает содержание углерода на уровне $C \leq 0,02\%$. Однако, даже при столь низком содержании углерода, мартенситностареющие стали склонны к образованию выделений карбонитридов по границам зерен, что вызывает снижение пластичности. Поэтому одной из перспективных задач по улучшению свойств является снижение содержания углерода до $C \leq 0,01 \%$ [1].

Одним из самых эффективных способов получения высококачественных металлов является применение прогрессивных металлургических методов, в первую очередь – электронно-лучевого переплава (ЭЛП). В отечественной металлургии более эффективным является «дуплекс» метод выплавки «ИЛ», включающий вакуумно-

индукционную выплавку с последующим электронно-лучевым переплавом (ВИ + ЭЛП), позволяющий получить в 18% Ni мартенситностареющих сталях $C \leq 0,01\%$ [3].

Для стали ВКС-180ИД во ФГУП «ВИАМ» был разработан режим термической обработки, состоящий из охрупчивания (замедленное охлаждение с высоких температур), высокотемпературной закалки при температурах нагрева 1100...1200 °С для растворения охрупчивающих выделений, 3-х кратной закалки при температурах нагрева ~ 950 °С для измельчения зерна, низкотемпературной закалки с 780 ± 10 °С для повышения коррозионной стойкости и старения при температуре 500...540 °С для обеспечения уровня прочности $\sigma_B = 1720...1865$ МПа, соответствующего твердости 49,5...52 HRC. После закалки с 1100...1200 °С границы зерен без охрупчивающих выделений, величина зерна соответствует 2...3 баллу шкалы ГОСТ 5639. После 3-х кратной закалки обеспечивается измельчение зерна до ~ 7 балла.

В задачу настоящей работы входила разработка режима термической обработки для стали ВКС-180, изготавливаемую методом выплавки «ИЛ» (ВИ + ЭЛП), который бы обеспечивал получение однородной и мелкозернистой структуры с размером зерна ~ 7 балла по ГОСТ 5639 [1].

Поиск возможности снижения температуры первой закалки при сохранении комплекса механических свойств и характеристик надежности позволит повысить как энергоэффективность процесса термической обработки, так и технологичность стали ВКС-180 в производстве.

Были проведены исследования микроструктуры после термической обработки с различной температурой первой закалки. Микроструктуру оценивали на металлографическом микроскопе «Olympus» GX-51 после электролитического травления шлифов по ГОСТ 5639.

После этого были проведены испытания на растяжение по ГОСТ 1497-84 для определения пластичности (ψ) стали ВКС-180ИЛ в поперечном направлении после полной термической обработки с высокотемпературной закалкой при температурах 1000...1100 °С.

Результаты, полученные на данном этапе работ, показывают перспективность дальнейших исследований по упрощению режимов термической обработки стали ВКС-180ИЛ.

Литература

1. Шалькевич А.Б., Маркова Е.С., Покровская Н.Г. «Мартенситностареющая сталь ВКС-180 – перспективный материал для двигателей ГТД», сборник лекций «Материал и энергосберегающие технологии для производства ответственных деталей высокоэффективных газотурбинных двигателей, промышленных энергетических силовых установок и приводов». - ФГУП «ВИАМ», 2010. - 115с.
2. Перкас М.Д., Кардонский В.М. Высокопрочные мартенситно-стареющие стали. - Изд-во «Металлургия», 1970. - 224с.
3. Ревякина О.К., Петраков А.Ф., Сачков В.В., Щербаков А.И. Усовершенствование мартенситностареющих сталей на основе системы Fe-Ni-Co-Mo-Ti, Металловедение и термическая обработка металлов. - Изд-во Машиностроение, 1981. - 65с.
4. Научно-технический сборник. Вопросы авиационной науки и техники. Авиационные материалы. - Высокопрочные стали, 1986. - с.1-124 (ВИАМ)