

Доклад

«Обеспечение стабильности магнитных свойств и ударной вязкости сплава 16Х, используемого для изготовления электроагрегатов систем ориентации и стабилизации летательных аппаратов»

Секция № 1

Автор: Кулябина Ольга Александровна,
инженер-конструктор 1 категории

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Научно-исследовательской институт машиностроения»,
г. Нижняя Салда Свердловской области.

Стабильность магнитных свойств и ударной вязкости прецизионного магнитно-мягкого сплава 16Х является необходимым условием поддержания высокого уровня характеристик двигателей малой тяги (ДМТ), разрабатываемых и изготавливаемых ФГУП «НИИМаш» во исполнение цели Федеральной космической программы «Удовлетворение растущих потребностей государственных структур, регионов, а также населения страны в космических средствах и услугах на основе укрепления и развития космического потенциала Российской Федерации, обеспечивающего создание и использование требуемой номенклатуры космических систем и комплексов с характеристиками, соответствующими мировому уровню развития космической техники, а также гарантированный доступ и необходимое присутствие в космическом пространстве».

ДМТ ФГУП «НИИМаш» более 40 лет применяются в составе систем ориентации и стабилизации различных космических аппаратов – орбитальных станций «Алмаз», «Салют», «Мир», «МКС», спутников связи и дистанционного зондирования Земли, космических кораблей типа «Союз», «Прогресс» и других. Условия эксплуатации ДМТ обуславливают определённые требования к материалам магнитопроводов входящих в их состав электрических агрегатов (ЭА): сохранение работоспособности в условиях многократных ударно-динамических нагрузок, воздействия низких температур и агрессивных сред, а также хорошая свариваемость, стойкость к межкристаллитной коррозии.

В конструкциях большинства ЭА ДМТ ФГУП «НИИМаш» используется получаемый методом вакуумной индукционной выплавки сплав 16Х-ВИ III класса ГОСТ 10160-75. Сложность его применения в конструкциях миниатюрных быстродействующих ЭА заключается в соединении тонкостенных деталей при помощи пайки, причем единственный подходящий припой имеет температуру плавления $\geq 1260^{\circ}\text{C}$. Однако при перегреве в сплаве 16Х имеет место процесс вторичной рекристаллизации, сопровождающийся резким ростом зерна, увеличением ширины межзёренных границ и выделением карбидов хрома. Вследствие этого в обеднённых хромом зонах на межзёренных

границах и рядом с ними снижаются прочность и устойчивость к межкристаллитной коррозии. При малом количестве примесей границы зерен увеличиваются незначительно, и ударная вязкость находится в пределах требований конструкторской документации.

Для снижения негативного воздействия вторичной рекристаллизации ФГУП «НИИМаш» разработан и применяется комплекс мер, состоящий из предварительной термообработки прутков (закалка без полиморфного превращения), а также подбора оптимальных параметров (температура, скорость охлаждения) режима отжига деталей и сборочных единиц.

Единственным на сегодняшний день изготовителем промышленных партий сплава 16Х-ВИ является ОАО «Металлургический завод «Электросталь». Его металлопродукция соответствует ГОСТ 10160-75 (в котором для сплава 16Х регламентируются только магнитные свойства), но характеризуется нестабильностью важных для работоспособности ЭА ДМТ свойств даже в пределах одной плавки (к примеру, ударной вязкости в ~10 раз). Поэтому достижение требуемого состояния сплава путем подбора оптимальных параметров термообработки для каждой плавки приводит к увеличению финансово-временных затрат на изготовление ЭА ДМТ, ограничению их характеристик в части ресурса, надёжности, применяемых рабочих тел, диапазона рабочих температур и давлений, гарантийного срока эксплуатации.

Эта нестабильность обусловлена двумя основными факторами – качеством исходных материалов и неполным перемешиванием в процессе выплавки, являющимся следствием использования печей большого объема. На сегодняшний день создание на заводе в г. Электросталь участка малотоннажных печей экономически нецелесообразно, поэтому следующим этапом решения проблемы на более высоком уровне может стать передел металлопродукции ОАО «МЗЭ» либо организация малотоннажного производства на базе других предприятий.

В сотрудничестве с ОАО "НИИ МТ" (г. Ижевск) получены положительные результаты в рамках работ по направленному на улучшение механических свойств переделу сплава 16Х-ВИ II класса

После нагрева до 1200°С и горячей экструзии (суммарная степень обжатия 10,32) ударная вязкость термообработанных на получение магнитных свойств образцов выросла в 1,5-2 раза, а после переплава сборного электрода в вакуумной дуговой печи (с последующими горячими ковкой и экструзией) в ~2 раза. Коэрцитивная сила также уменьшилась.

Предполагается, что наиболее эффективным технико-экономическим решением будет не передел готовой металлопродукции, а мероприятия, реализованные на уровне организации металлургического производства, а именно использование более чистых исходных материалов и выплавка в малотоннажных печах (до 100 кг).

На отраслевом заседании НТС по материаловедению 03 апреля 2014 года рассмотрен перечень работ, заявляемых в ФЦП ОПК на период 2014-2016 г.г., в том числе и ОКР "Прециз-М", в рамках которой предлагается на базе ОАО "Композит" совместно с ОАО "НИИ МТ" провести разработку технологических процессов выплавки слитков, изготовления прутков из прецизионных сплавов 16Х и их термической обработки. Заслушанные ОКР одобрены, ОКР "Прециз-М" рекомендовано включить составной частью в ОКР "Функционал".

Реализация предлагаемых мероприятий позволит обеспечить предприятия отрасли сплавом 16Х с улучшенными свойствами, снизить финансово-временные затраты на изготовление ЭА ДМТ и повысить уровень их характеристик, тем самым на более высоком уровне обеспечить выполнение Федеральной космической программы Российской Федерации.