



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ ПО СУПЕРСПЛАВАМ

17–20 июня 2001 г. в г. Питтсбурге, Пенсильвания, США состоялся очередной пятый симпозиум (они проводятся каждые 4 года) по суперсплавам семейства «Инконель» 718, 625 и 706, организованный американским обществом минералов, металлов и материалов (TMS). В симпозиуме приняли участие более 200 специалистов из США, Канады, Франции, Японии, Китая, Германии, Австрии, Индии и России, на суд которых было представлено более 70 докладов.

Вполне очевидно, что большинство участников и докладов были из США — страны, где эти сплавы созданы и наиболее широко применяются. По традиции симпозиум был открыт несколькими докладами обзорного типа, вызвавшими повышенный интерес. В данном кратком обзоре именно на этих докладах мы и остановимся, так как в них отражены основные направления работы симпозиума и большинства представленных на нем докладов.

В докладе Р. Шафрика — главного менеджера по материалам и процессам производства авиационных двигателей компании «Дженерал Электрик» рассмотрены прошлое, настоящее и прогноз на ближайшие 5 лет применения сплава 718 в авиационных двигателях этой компании. Отмечено, что сплав 718 попал в поле зрения двигателестроителей «Дженерал Электрик» в начале 60-х годов, когда началось широкое внедрение широкофюзеляжных и сверхзвуковых самолетов. Именно тогда понадобились сплавы, работающие при более высоких температурах, чем сплав А-286, и не имеющие таких сложностей в производстве, как «Ренэ 41». В последующие годы сплав 718 стал одним из наиболее применяемых в авиационных двигателях «Дженерал Электрик» для изготовления критических вращающихся частей, лопаток, сосудов давления и поддерживающих деталей. Этому способствовал ряд следующих обстоятельств: открытая и доступная лицензия на производство сплава 718 позволила создать широкий круг поставщиков собственно заготовок из этого сплава и деталей из него; хорошая свариваемость и удовлетворительные литейные свойства; наличие конкурентных процессов и конструкций, созданных в течение многих лет.

Более того, не прекращались и работы по совершенствованию собственно сплава. В тесном сотрудничестве с поставщиками были разработаны высокопрочная версия сплава 718 и так называемый вариант

прямого старения. Широким фронтом велись также работы по применению точного литья из этого сплава для снижения стоимости производства.

Интересны данные о применении сплава 718 в двигателях семейства CF6 — одного из успешных «долгожителей» компании: в общем весе двигателей этого семейства сплав 718 занимает 34 %, титановые сплавы — 25 %, сплавы на основе железа — 16%, другие никелевые сплавы — 13 %, алюминиевые сплавы — 8 %, композиты — 4 %. При этом распределение материалов в двигателях этого семейства по типам таково: поковки — 82 %, листовой прокат — 12 % и литье — 6 %.

Интересно и то, что в ближайшие годы, по прогнозу докладчика, сплав 718 останется одним из приоритетных для «Дженерал Электрик». Вместе с тем, в докладе отмечено, что «Дженерал Электрик» создал альянс с другим крупнейшим строителем авиационных двигателей «Пратт-Уитни» и такими известными металлургическими фирмами, как «Лэдиш», «Алвак» и «Карпентэр» и разработал программу (финансируемую американскими ВВС!) создания новых сплавов. Новый сплав по свариваемости и способности к формоизменению не должен уступать сплаву 718, а его работоспособность при высоких температурах должна быть на уровне таковой при температурах, свойственных известным сплавам «Васпаллой» и «Ренэ 41». Предполагается, что эта программа будет реализована в течение ближайших 5 лет.

Следующий обзорный доклад о сплаве 718, применяемом в строительстве авиационных двигателей, был представлен д-ром Д. Пауленисом из «Пратт-Уитни» и в какой-то мере дополнил данные «Дженерал Электрик». Интересен психологический аспект — два доклада на одну тему сделаны бывшими конкурентами, а ныне тесно сотрудничающими компаниями. Это был реальный пример того, что теперь называют глобализацией современного мира.

Затем коллега д-ра Шифрика, но из отделения «Дженерал Электрик», занимающегося энергетическими системами, д-р. П. Шилке — главный менеджер по материалам и процессам производства энергетических газовых турбин — сделал обзорный доклад о применении сплава 706 для нужд своего департамента, преимущественно на примере роторов газовых турбин, так называемого семейства F.



Железо-никелевый сплав 706 был создан в результате научно-исследовательских работ, выполненных фирмой «ИНКО» в 50-е годы и запатентован в 1972 г. Интересно, что изначально планировалось применение этого сплава в качестве трубного материала для паровых станций на сверхкритические параметры (металлурги СНГ, по видимому, не забыли историю «Черепети»). Номинальный состав сплава 706 в сравнении с его более известным собратом сплавом 718 следующий, %:

Сплав	C	Mn	Si	Cr	Ni	Fe	Ti	Al	Nb	Mo
706	0,03	0,20	0,20	16,0	41,5	40,0	1,8	0,2	2,0	–
718	0,04	0,20	0,20	19,0	52,5	18,5	0,9	0,5	5,1	3,0

Компания «Дженерал Электрик» впервые приняла решение о применении сплава 706 для газовых турбин в середине 70-х годов. При этом за счет различных технологических и конструкторских приемов температуру горения в турбинах семейства F удалось повысить с 1230 до 1310 °С. Для новых турбин семейства H и FV температуру горения повысили уже до более чем 1400 °С (отмечено, что энергетическая эффективность комбинированного цикла при этом достигла более 60 % по сравнению с 45 % в середине 70-х годов).

Вполне очевиден поэтому и следующий шаг, связанный с применением более высокотемпературного сплава 718 и для наземных турбин. В связи с ростом мощности турбин и увеличением их геометрических размеров кратко рассмотрены и металлургические проблемы получения тяжелых кузнечных слитков сплавов 706 и 718.

Отмечены основные этапы совершенствования технологии выплавки таких слитков двойным пере-

плавом ВИП+ЭШП или ВИП+ВДП и обоснован переход на современную схему тройного переплава ВИП+ЭШП+ВДП в связи с проблемой пятнистой ликвации (так называемые «Фрэклс», обогащенные фазами Лавэса, карбидами, нитридами).

В докладе также приведены интересные данные о том, что всего изготовлено более 12 тыс. т сплава 706 для газовых турбин и некоторые турбины работали за эти годы более 58 тыс. ч. В последнее время все большее применение находит сплав 718 и для поковок дисков до 2000 мм в диаметре.

В связи с отмеченной задачей получения однородных тяжелых слитков сплавов типа 706 и 718 немалый интерес представляют доклады, рассматривающие эту проблему как с теоретической, так и с практической точки зрения.

В этом аспекте внимание участников симпозиума привлекли два доклада. Сначала в совместном докладе «Дженерал Электрик» и «Аллвак» д-р Бэтси Бонд и ее коллеги продемонстрировали убедительные факты в пользу обязательного применения тройного переплава ВИП+ЭШП+ВДП для изготовления тяжелых слитков сплава 718. А в следующем за ним докладе «Джапан Стил Воркс» также убедительно было показано, что при надлежащих подходах можно обойтись и двойным переплавом, например ВИП+ЭШП.

Немало докладов было посвящено и металлургическому процессу данной группы суперсплавов. В целом, можно без преувеличения сказать, что 5 сборников трудов по сплавам семейства 718, 706 и 625 являются сегодня настольной книгой для всех, кто работает в данной области.

Л. Б. Медовар