

А.И. Долматов

В.А. Симоненко

А.Ф. Горбачев

ГАЗОДЕТСНАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС И ТЕХНОЛОГИЯ
НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ФИНИШНОЙ
ОБРАБОТКОЙ

Непрерывное развитие, повышение интенсивности и масштабов использования авиационной техники потребовало создания нового поколения двухконтурных двигателей таких как Д-36, Д-18. Рост конструктивной сложности и стоимости ГТД требует высокой надежности и долговечности деталей и узлов. По мере развития и совершенствования авиационной техники постоянно растут параметры двигателей, что приводит к увеличению температуры, напряжений, воздействующих на детали, к возрастанию чувствительности этих деталей к различного рода повреждениям их поверхностного слоя.

Поверхностный слой детали в условиях эксплуатации подвергается наиболее сильному механическому, тепловому, магнитно-электрическому, световому и другим воздействиям. Потеря деталью своего служебного назначения и ее разрушение в большинстве случаев начинается с поверхностного слоя, например, возникновение и развитие усталостной трещины, коррозии, эрозии, износа и др.

Кроме того, интенсификация рабочих процессов авиационных двигателей требует от материалов сочетания свойств, в ряде случаев исключаящих друг друга. Традиционные материалы, применяемые при изготовлении деталей авиадвигателей, и методы упрочнения их термообработкой уже не могут в ряде случаев удовлетворить требованиям современного авиадвигателестроения. Поэтому целесообразно использовать принципиально новый подход к выбору материалов на стадии

проектирования. Основу детали предлагается изготавливать из одного материала, который обеспечит прочность и заданные параметры конструкции, а на поверхности, которые должны обладать специальными свойствами, наносить тонкие слои других материалов покрытий, придавая поверхностным слоям необходимые свойства.

В связи с этим все более широкое применение имеют методы газотермического напыления покрытий. Среди способов газотермического напыления для получения покрытий, предназначенных для эксплуатации в тяжелых условиях при действии экстремальных нагрузок и температур, самым перспективным является детонационный.

Детонационно-газовые покрытия наносят с целью повышения ресурса деталей машин и механизмов. Детонационно-газовые покрытия наносят в тех случаях, когда требуется придать высокую износ-, коррозионно- или эрозионную стойкость, электрическую прочность или другие специальные свойства. Существенным является то, что при нанесении детонационно-газовых покрытий практически не изменяется конфигурация детали, т.к. сама деталь выше 200°C не нагревается. Поэтому, покрытия можно наносить на окончательно обработанные детали, изготовленные с высокой точностью.

При выборе марки покрытия руководствуются двумя факторами: служебное назначение покрытия и свойства покрытия. По эксплуатационным свойствам покрытия можно разбить на следующие группы [1,2,3,4]:

1) твердые износостойкие покрытия. К ним относятся покрытия на основе карбидов вольфрама, хрома, титана и др. Покрытия на основе карбидов с кобальтовыми или никелевыми связками - WC + 15% WC + 18% , TiC + 15% , $Ce_2C_2 + 15%$, $Ce_2C_2 + 15%$ и др. соответствуют во многом по свойствам металллокерамическим твердым сплавам. Высокая износостойкость твердосплавных покрытий

обусловлена тем, что твердая составляющая /карбид/ вкраплена в мягкую матрицу /кобальта или никеля/. В покрытии нагрузку, главным образом, воспринимает твердая составляющая, уменьшая тем самым глубину деформации. С увеличением содержания связки увеличивается ударостойкость покрытия, но уменьшается износостойкость. Наибольшее применение получили покрытия на основе карбида вольфрама. Однако, высокие свойства покрытий на основе карбида сохраняются в окислительной среде до температуры 540°C , после чего вследствие интенсивного окисления твердой составляющей $WC + O_2 \rightarrow WO_3 + CO$ износостойкость покрытия резко падает;

2) покрытия для работы при повышенных температурах. К ним относятся покрытия на основе карбида хрома и окислов. Покрытия типа $Cr_3C_2 + 15\% Ni$ и $Cr_3C_2 + 15\% Ni Cr$ могут применяться в качестве износостойких при температурах до 1200°C . Интерес представляет высокая термостойкость покрытия, получаемого при напылении чистого карбида хрома, однако покрытие обладает повышенной хрупкостью, что сдерживает его применение.

По сравнению с другими высокотемпературными покрытиями окисные имеют наиболее низкую электро- и теплопроводность и значительную прочность при высоких температурах. Наиболее жаростойки окисные покрытия — Al_2O_3 , Cr_2O_3 , TiO_2 и их композиции. Недостатком окисных материалов является недостаточная прочность при механических и тепловых ударах. Наибольшее распространение получили покрытия из чистой окиси алюминия. Они обладают хорошими теплоизоляционными свойствами и являются устойчивыми при высоких температурах. Если изделие, на которое наносится слой окиси алюминия, предназначено для работы при высоких температурах в окисли-

тельной среде, между основой и слоем окиси алюминия необходимо напылить промежуточный слой нихрома. В случае отсутствия плотной переходной зоны через поры покрытия из окиси алюминия агрессивная среда проникает к основе, что может привести к окислению границы раздела основа-покрытие и отслоению покрытия;

3) антифрикционные и твердосмазочные покрытия. К ним относятся покрытия на основе молибдена и дисульфида молибдена. Однако, технология их напыления связана со значительными трудностями, т.к. молибден при температуре процесса напыления свыше 500°C начинает разгоняться / 5 /;

4) покрытия для восстановления геометрических размеров. К ним относятся покрытия Ni и NiCr . Эти покрытия обладают высокой коррозионной стойкостью;

5) покрытия со специальными свойствами. Для придания диэлектрических свойств служат покрытия на основе Al_2O_3 , для повышения электропроводности - на основе CuO . Покрытия из окислов титана и хрома обладают полупроводниковыми свойствами.

Несмотря на то, что приведенная классификация покрытий в какой-то мере условна, т.к. покрытие одного и того же состава может применяться для различных целей, она довольно точно отражает применение детонационно-газовых покрытий.

Процесс детонационно-газового напыления покрытий основывается на использовании явления детонации в газах путем нанесения порошкообразного материала направленным детонационно-газовым потоком на обрабатываемую поверхность. Направленный детонационно-газовый поток получают путем поджигания электрической искрой взрывчатой смеси в установках для детонационно-газового напыления. Взрывчатую смесь получают путем смешивания в определенных

соотношениях газов - ацетилена, кислорода и азота. Газообразный азот, кроме того, применяется для транспортировки напыляемого материала во взрывчатую смесь. Процесс детонационно-газового напыления носит импульсный характер и характеризуется частотой циклов напыления, т.е. количеством циклов напыления в единицу времени. За каждый цикл на напыляемую поверхность наносится покрытие определенной толщины / 3 - 15 мкм/, имеющее форму, близкую к форме поперечного сечения внутреннего канала ствола детонационно-газовой установки.

Проведенные на кафедре "Технология авиадвигателестроения" исследования позволили разработать научно обоснованные технологические решения напыления газодетонационных покрытий на лопатки газотурбинных двигателей с последующей финишной магнитно-абразивной обработкой, методики расчетов параметров технологических процессов; аналитические и эмпирические зависимости дали возможность установить оптимальные режимы обработки. Предложенные обобщенные критерии детонационного напыления покрытий, ряд закономерностей между физико-механическими свойствами напыляемого слоя и обрабатываемого материала, впервые полученные в едином комплексе, позволили разработать научные основы напыления газодетонационных покрытий, а также дать рекомендации по расчету рациональных режимов напыления и финишной магнитно-абразивной обработки с применением ЭВМ.

Модернизированное оборудование для газодетонационного напыления покрытий и разработанное оборудование для магнитно-абразивной обработки, которые защищены авторскими свидетельствами, внедрены на предприятии "Мотор-СІч" и ИМТМ БАН, а разработанные новые технологические процессы используются на ХО ВНИТИ, НПО "Гидро -

привод", Днепропетровском агрегатном заводе.

Впервые на основе экспериментально-теоретических исследований разработаны и внедрены в промышленность ресурсосберегающие комплексные технологические процессы газодетонационного напыления покрытий на лопатки газотурбинных двигателей с последующей финишной магнитно-абразивной обработкой, позволяющие произвести экономию материалов в 1,5...2,5 раза и снизить трудоемкость в 2...2,5 раза.

Восстановление лопаток газотурбинных двигателей позволяет снизить трудоемкость в 2...2,5 раза, и произвести экономию материалов в 1,5...2,5 раза.

Л и т е р а т у р а

1. Краснов А.Н., Берман В.А. Нанесение покрытий детонационным методом на детали ГТД. -Авиационная промышленность, 1979, №9, с.82.
2. Зверев А.И., Шаривкер С.Ю., Астахов Е.А. Детонационное напыление покрытий. Л.: Судостроение, 1979. - 232 с.
3. Хасуй А. Техника напыления. М.: Машиностроение, 1975. - 238 с.
4. Бартенев С.С., Федько Ю.П., Григоров А.И. Детонационные покрытия в машиностроении. Л.: Машиностроение, 1982. - 216 с.
5. Антошин Е.В. Газотермическое напыление покрытий. М.: Машиностроение, 1974. - 97 с.