

УДК 621.762.079

В.В. Цепенникова¹, Д.И. Вотинов²

V.V. Tsepennikova¹, D.I. Votinov²

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет

²АО «Пермский завод «Машиностроитель»»

¹Perm National Research Politechnic University

²OJSC «Perm Plant Mashinostroitel»

ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ НАРУЖНОГО ТЕПЛОЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ЦЕЛЬНОТКАНОЙ КРЕМНЕЗЕМНОЙ ОБОЛОЧКИ

TECHNOLOGY APPLICATION OF EXTERNAL HEAT-RESISTANT COATING ON THE BASIS OF TSELNOTKANNOY SILICA SHELL

Приведена конструкторско-технологическая схема нанесения цельнотканой бесшовной заготовки чехла наружного теплозащитного покрытия (НТЗП) на формообразующую поверхность малой конусности изделия. Описаны технологические особенности, а также конструкции узлов станда и формообразующей оснастки для протяжки и формирования НТЗП. Отмечены основные аспекты и факторы, влияющие на выходные геометрические параметры и качество НТЗП. Представлены результаты обработки и модернизации станда.

Ключевые слова: НТЗП, станд, бесшовная заготовка, цулаги, протяжка, выходные геометрические параметры.

The article describes the design and application of technological scheme seamless extruded blanks outer thermal barrier coating cover (NTZP) on a molding surface of a small taper products. We describe the technological features and design features of the stand components and shaping equipment for pulling and forming NTZP. It noted the main aspects and factors affecting output and quality of the geometric parameters NTZP. The results of processing and the modernization of the stand.

Keywords: NTZP, stand, seamless billet, tsulagi, broach, final geometric parameters.

В последние десятилетия в мировой практике специального машиностроения сложилась концепция проектирования и производства гиперзвуковых изделий, особенностью которых является высокая скорость полета (2–8 М) на больших высотах в зоне малого аэродинамического сопротивления с выходом на нисходящие маневрирующие траектории. Такие параметры полета диктуют особые требования по обеспечению теплозащитности изделия и, следовательно, к его конструкции, в частности к применению наружного

теплозащитного покрытия, которое должно обладать повышенными теплозащитными, излучающими (испаряемыми), абляционными свойствами [1].

В качестве такого покрытия конструкторами был выбран композиционный материал, армированный термостойкими волокнами и пропитанный полимерными связующими. С целью соблюдения требований к геометрическим параметрам, теплозащитным и абляционным свойствам армирующий материал должен представлять собой цельнотканый бесшовный чехол, что ставит ряд сложных технологических задач по нанесению НТЗП на длинномерную формообразующую поверхность изделий малой конусности.

Основные сложности при решении задачи нанесения НТЗП на основе заготовки из цельнотканого бесшовного материала следующие:

- 1) протяжка чехла по поверхности длинномерного корпусного изделия из композиционных материалов, имеющих незначительную конусность;
- 2) обеспечение минимального зазора между чехлом и корпусом изделия;
- 3) создание обжатия пропитанного чехла, обеспечивающего надежную адгезию НТЗП с корпусом изделия и геометрическую однородность поверхности НТЗП (предельного профиля и толщины).

Была разработана технология нанесения с помощью установки, которая позволяет осуществить данную задачу.

Перечислим основные этапы технологии создания НТЗП:

- 1) изготовление бесшовного чехла на основе кремнеземных нитей;
- 2) нанесение с использованием специально разработанного стенда;
- 3) пропитка полимерным связующим;
- 4) полимеризация.

Известны два способа создания теплозащитных оболочек.

Первый – нанесение полимерного покрытия на тело вращения путем накатки тела вращения на заготовку покрытия на подложке размером, выбранным равным размеру развертки поверхности тела вращения, с удельным давлением, обеспечивающим выдавливание излишков полимерной композиции. Теплозащитное покрытие (ТЗП) наносят послойно при постоянной температуре с промежуточной выдержкой.

Недостатком данного способа является снижение прочностных характеристик в зоне стыка краев материала при использовании тканых материалов, а при нахлесте краев материала друг на друга – снижение точности по толщине. Способ подходит для нанесения ТЗП на малоразмерные изделия конической и цилиндрической формы. Он является трудоемким, имеет длительный технологический процесс, что обусловлено ориентированием положения изделия относительно заготовки покрытия с использованием копиров, угольников и миллиметровой бумаги; нанесение ТЗП осуществляют в несколько проходов. Способ затруднителен при нанесении ТЗП на крупногабаритные

изделия по причине необходимости в больших производственных помещениях и сложности обеспечения в них промышленной чистоты.

Второй способ нанесения наружного теплозащитного покрытия на металлическую конусную поверхность моделей для испытаний заключается в выкраивании заготовки чехла размером, соответствующим размеру развертки изделия, с последующим сшиванием краев заготовки, ручной пропиткой заготовки чехла и надеванием на корпус изделия. Затем корпус с надетым чехлом помещают в матрицу, соответствующую геометрии изделия, для формования теплозащитного покрытия с последующим вакуумированием и полимеризацией [2].

Недостаток данного способа – изготовление чехла со швом. Наличие шва в окончательно сформированном ТЗП снижает абляционные свойства, устойчивость покрытия к эрозионному уносу, затрудняет при формировании ТЗП достижение точности по толщине в зоне шва, в результате чего снижается качество формования ТЗП. Способ формирования НТЗП применим только для нанесения покрытия на наружную конусную или оживальную поверхность малоразмерных изделий, поскольку он предусматривает применение жесткой обжимной матрицы, что не приемлемо при изготовлении НТЗП на изделиях цилиндрической формы и формы малой конусности, так как матрица, изготовленная под такие изделия, исключает возможность формования ТЗП ввиду своей геометрии рабочей поверхности, соответствующей геометрии изделия. Кроме того, для изготовления покрытия данным способом необходимо изготовление формообразующей матрицы, что существенно повышает стоимость процесса изготовления изделий.

Применяемая на сегодняшний день на предприятии технология обеспечивает нанесение наружного теплозащитного покрытия на длинномерные цилиндрические изделия и изделия малой конусности. При этом не обеспечивается достаточный уровень адгезии покрытия с основным изделием. Кроме того, существующий способ обжатия чехла резиновым жгутом не обеспечивает геометрическую однородность поверхности НТЗП (предельного профиля и толщины), что влияет на абляционные свойства изделия в целом.

Предлагаемый способ осуществляется с использованием установки следующим образом:

1. Изготавливают бесшовную заготовку в виде чехла 1 (рисунок), например из материала многослойных кремнеземных тканей (МКТ) с размерами внутренней поверхности, соответствующими размерам наружной поверхности корпуса 2. Длина чехла превышает длину изделия на величину технологического припуска, необходимого для закрепления его в кольцах 3.

2. Торцы чехла закрепляют и фиксируют по всему периметру в зажимных кольцах 3. Закрепление торцов может быть произведено следующим образом. По периметру торцов чехла выполняют на равноудаленных расстояниях надрезы

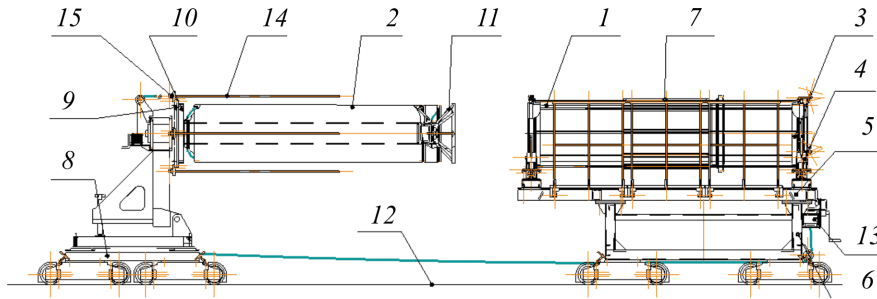


Рис. Общий вид установки

для возможности увеличения диаметра и закрепления в кольцах 3. Количество надрезов зависит от диаметра чехла. Торцы чехла 1 закрепляют посредством зубцов, выполненных на наружной поверхности кольца 3, и фиксируют двумя полукольцами при помощи болтового соединения (на рисунке не показано). Зажимные кольца 3 устанавливают и фиксируют от проворота в вертикальной плоскости на регулируемых в поперечно-горизонтальном направлении роликовых опорах 4, имеющих возможность продольного горизонтального перемещения по раме 5, закрепленной на тележке 6.

3. Кольца 3 на опорах 4 перемещают в противоположных направлениях, например вручную, до полной расправки чехла. Далее при помощи талрепов 7, устанавливаемых в кольца 3, окончательно растягивают чехол до придания формы оболочки и фиксируют их в таком положении. На тележке 8 со смонтированной на ней стойкой с планшайбой 9 закрепляют консольно вал 10 с расположением его оси в горизонтальной плоскости. На вал 10 устанавливают по фланцам корпус 2 и фиксируют его от осевых перемещений опорой 11. Кольца 3 с закрепленным на них чехлом 1 в виде оболочки при помощи роликовых опор 4 центрируют относительно корпуса 2. Далее по направляющим 12 тележку 6 с кольцами 3 и закрепленным в них чехлом 1 в виде оболочки перемещают, например лебедкой 13, в направлении тележки 9 с корпусом 2 до полного надевания чехла 1.

4. При нанесении НТЗП на длинномерное изделие кольцо 3, обращенное к свободному торцу корпуса 2, подсоединяют по всему его периметру к тягам 14 механизма перемещения 15, например винтового типа с ручным приводом, для гарантированного обеспечения равномерного усилия натяжения по периметру кольца 3 с целью исключения перекосов при протягивании его по наружной поверхности корпуса 2. По завершении операции надевания чехла 1 вал 10 и тяги 14 отсоединяют от планшайбы 9, тележки 6 и 8 разводят, демонтируют тяги 14 и талрепы 7. Чехол 1 на корпусе 2 пропитывают связующим, например вручную, после чего на его поверхность устанавливают жесткие цулаги (на рисунке не показано), поджимают на расчетное усилие. Далее проводят процесс полимеризации (например, в аэроди-

намической печи). После этого демонтируют цулаги, корпус 2, отправляют на механическую обработку.

Использование предложенного способа по сравнению с прототипом позволит повысить технологичность нанесения наружного теплозащитного покрытия, снизить трудоемкость изготовления и материальные затраты на изготовление технологической оснастки, с использованием одной установки наносить ТЗП на наружную поверхность крупногабаритных корпусных изделий разной длины и формы (конусной, малой конусности, оживальной и цилиндрической) с обеспечением заданных параметров по качеству и толщине покрытия.

С целью обеспечения повышенных адгезионных свойств НТЗП с корпусом изделия, а также геометрической однородности поверхности НТЗП (предельного профиля и толщины) была предложена доработка стенда с введением жестких формующих цулаг и изменением операции технологического процесса в части исключения применения резиновых обжимных материалов (жгута квадратного сечения).

Благодаря введению в конструкцию установки жесткой формующей оснастки в виде обжимных цулаг были достигнуты следующие результаты:

1) улучшены адгезионные характеристики покрытия по отношению к изделию;

2) получена поверхность НТЗП с геометрической однородностью по профилю и толщине.

Список литературы

1. Воробей В.В., Маркин В.Б. Основы технологии и проектирования корпусов ракетных двигателей. – Новосибирск: Наука, 2003. – 164 с.

2. Трофимов А.А., Гейнрих Н.И. Технология нанесения теплозащитного покрытия на малоразмерные конические модели для испытаний в высокотемпературной аэродинамической трубе // Вестник Юж.-Урал. гос. ун-та. Машиностроение. – 2011. – Вып. 18.

Получено 14.09.2016

Цепенникова Валентина Владимировна – студентка кафедры «Механика композиционных материалов и конструкций», аэрокосмический факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: valechka077@mail.ru.

Вотинов Денис Игоревич – начальник отдела АО «Пермский завод «Машиностроитель»», e-mail: d-votinov@pzmash.perm.ru.