

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТ ЗАУСЕНЦЕВ ДЕТОНИРУЮЩИМИ ГАЗОВЫМИ СМЕСЯМИ И НАПРАВЛЕНИЯ ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

За последние годы благодаря использованию современных методов обработки в промышленности состоялся большой прорыв, позволяющий существенно повысить производительность труда и улучшить качество выпускаемых деталей. Тем не менее, основное внимание было сосредоточено на основных методах обработки, в то время как отделка и удаления заусенцев с рабочих поверхностей и кромок деталей были в значительной степени проигнорированы. Сегодня 10% (а иногда и гораздо больше) от общего объема затрат на производство тратится на ручное удаление заусенцев [1]. При изготовлении прецизионных деталей в технологическом процессе обязательно должна быть предусмотрена операция удаления заусенцев, потому что их наличие может негативно сказаться на эксплуатационных характеристиках продукта, в состав которого входит данная деталь.

В 1970 году был разработан новый метод, который стал альтернативой малоэффективному ручному способу удалению заусенцев – процесс стал известен как термо-энергетический метод снятия заусенцев (ТЭМ).

Этот уникальный метод, позволяющий обрабатывать глухие и пересекающиеся отверстия одновременно с внешней поверхностью детали. Так как при очистке не используются никакие абразивные элементы, размеры детали не изменяются. Применение охлаждаемых камер сгорания и малое время обработки предотвращают нагревание детали более чем на 150⁰С (за исключением слишком тонких элементов), что не изменяет внутреннюю структуру материала детали. Удаляемые элементы не должны быть расположены в каком-либо конкретном направлении, так как газовая смесь окружает их со всех сторон.

Исторически процесс термоэнергетического удаления заусенцев был впервые использован в литейной промышленности и при обработке деталей и агрегатов гидравлических систем. В вопросах, связанных с гидравликой, делался акцент на гарантии удаления самых маленьких, самых неудобных заусенцев, которые, скорее всего, оторвутся во время эксплуатации. Таким образом, идея заключалась в следующем: если заусенец не оторвался при взрыве он не оторвется в эксплуатации. Количество удаленных заусенцев зависит от количества тепла, материала и формы заусенцев.

Список отраслей, которые пользуются ТЭМ, ежегодно растет. ТЭМ используется для очистки от заусенцев и микрочастиц широкого диапазона деталей, особенно при наличии в них ликвидов на внутренних по-

верхностях пересекающихся каналов, на резьбах и прочих зонах, где провести качественную очистку с помощью более традиционных методов невозможно или невыгодно.

Детали с заусенцами помещают в толстостенную камеру, которая герметизируется и заполняется газовой топливной смесью. Газовая смесь полностью заполняет все пространство в камере и обрабатываемых деталях (включая глухие отверстия, пересечения длинных тонких каналов и т.п.). Далее горючая смесь воспламеняется от искры, которая создает тепловые волны температурой до 3500 К в зависимости от используемого горючего. В течение нескольких миллисекунд топливо выгорает. Так как большинство заусенцев обладает высоким соотношением площади поверхности к массе, они не могут передавать тепло в массив детали достаточно быстро, чтобы предотвратить их оплавление, выгорание или испарение (в зависимости от режима обработки) и будут продолжать разрушаться, пока тепло не начнет передаваться непосредственно в деталь. К этому времени все заусенцы, сколы и загрязняющие вещества будут удалены.

На современном этапе развития термознергетический метод развивается в двух направлениях: в виде термохимического и термоимпульсного методов.

При термохимической обработке удаление заусенцев на кромках происходит за счет инициации их сгорания в обедненной топливной смеси, т.е. за счет повышения содержания окислителя. Для обеспечения процесса термохимической очистки необходимо обеспечить в камере избыток кислорода, достаточный для обгорания наибольших по размеру заусенцев на детали. В процессе горения заусенцы преобразовываются в оксиды обрабатываемого металла. Оксиды оседают на элементы детали в виде отдельных порошкообразных остатков (рис. 1). Поэтому всякий раз, когда необходимо снять заусенцы при помощи термохимического метода, нужно рассмотреть необходимость очистки от окислов и возможные методы ее реализации. Это должно быть частью производственной стратегии, особенно когда стоимость очистки от окислов соизмерима со стоимостью удаления заусенцев.

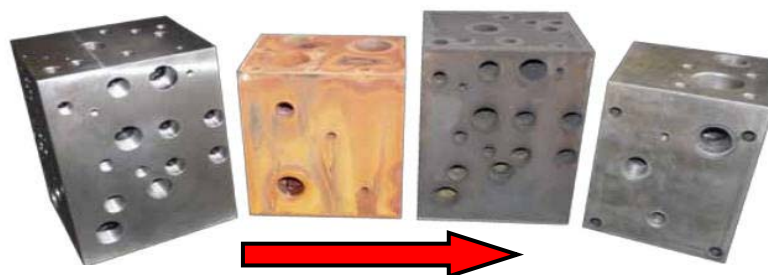


Рисунок 1 – Состояние детали в ходе термохимической обработки

На сегодняшний момент термохимический метод более распространен и реализован в установках таких фирм как BOSCH, Extrude Hone, ATL (рис. 2)



Рисунок 2 – Примеры оборудования для термохимической обработки:
а – производство фирмы Extrude Hone; б – производство фирмы BOSCH; в – производство фирмы ATL

Термоимпульсный метод получивший развитие в работах ученых Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». При термоимпульсном методе обработка происходит за счет быстрого воздействия на удаляемый элемент интенсивного теплового потока, вызывающего их оплавление, испарение или срыв с поверхности ударными волнами. Особенностью метода является то, что при термоимпульсной очистке, в отличие от термохимической, часть топливной смеси сгорает в режиме взрыва с резким увеличением скорости горения и давления. Это приводит к образованию ударных волн в камере сгорания с определенным временем их затухания, за которое все заусенцы и микрочастицы успевают нагреться до требуемых для обработки температур как на внешних, так и на внутренних поверхностях (рис. 3).

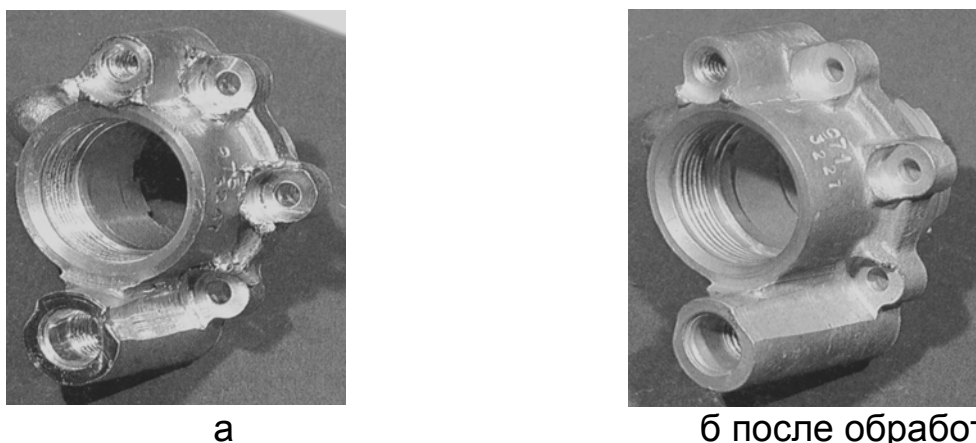


Рисунок 3 – Пример детали, обработанной термоимпульсным методом
а – до обработки; б – после обработки

Термоимпульсный метод обработки на сегодняшний день реализован в установке Т-15 (рис. 4).



Рисунок 4 – Установки для термоимпульсной обработки модели Т-15

Принципиальное отличие термохимического и термоимпульсного методов очистки показано на графиках (рис. 5) [3]

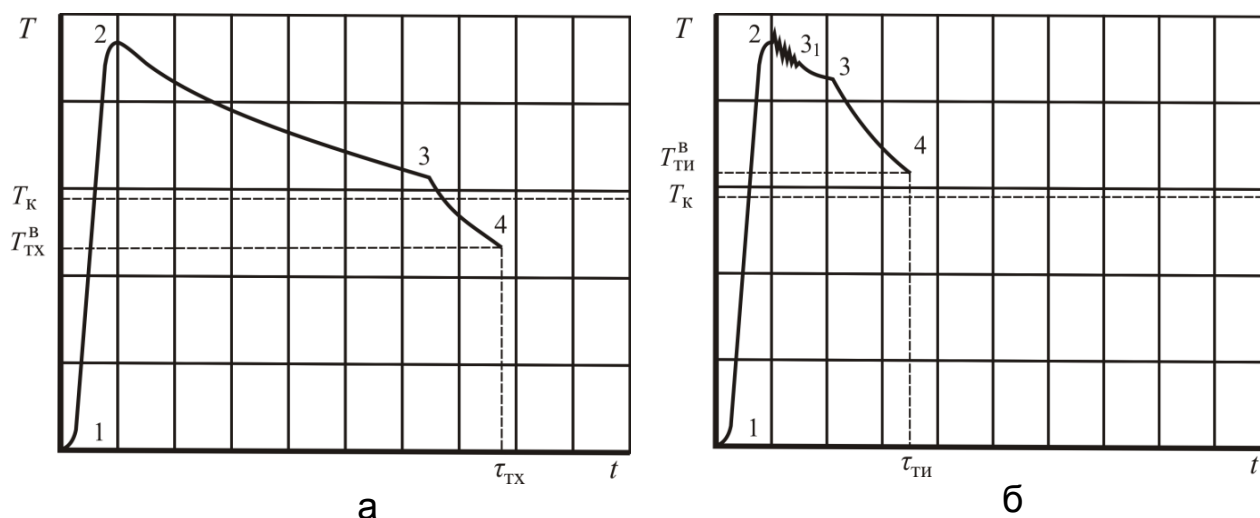


Рисунок 5 – Диаграммы изменения температуры в камере сгорания при различных способах термознергетической обработки
а – термохимическая обработка; б – термоимпульсная обработка

При термохимической очистке на графике изменения средней температуры в камере сгорания можно выделить три характерных участка (рис. 5, а). Участок 1-2 соответствует этапу сгорания смеси, участок 2-3 – выдержке, длительность которой определяется временем протекания реакций сгорания материала заусенцев, участок 3-4 – выпуску продуктов сгорания из камеры.

Особенностью термоимпульсной обработки является то, что участок 2-3 можно разделить на 2 этапа. Этап 2-3₁ соответствует времени затухания ударных волн, который и определяет время обработки. Наличие небольшого этапа выдержки (участок 3₁-3) определяется задержкой открытия выпускного клапана.

Как и при любой обработке, качество полученного результата зависит от правильности назначения технологических режимов. Рассмотрим некоторые факторы, влияющие на выбор режимов обработки: теплофизические свойства материалов и геометрические размеры заусенцев.

К теплофизическим свойствам материалов относятся теплоемкость, теплопроводность, температура плавления. Следует отметить, что эти свойства существенно зависят от примесей и соотношения легирующих элементов. Так повышение содержания марганца в стали с 0,117% до 0,6% влечет за собой понижение теплопроводности на 14% [2].

Таким образом, анализ теплофизических свойств, с одной стороны, позволяет определить пути совершенствования технологии путем дозирования подводящей энергии, а с другой – определяет сложность поставленной задачи, так как теплопроводность обрабатываемых материалов может меняться в пределах от 180 до 0,14 Вт/м·К, т.е. более чем в 1000 раз [1].

Сложность назначения технологических режимов определяется еще и тем, что величина требуемой энергии определяется размерами заусенцев. Размеры заусенцев зависят от режима обработки металлов [4], которые условно можно разделить на три группы: для черновой, чистовой и отделочной обработки.

Для обработки деталей применяют различные виды оборудования, которые оставляют после себя заусенцы толщиной не более 0,35 мм [2]. Следует учитывать, что при фрезеровании острым инструментом, как правило, образуется равномерный по толщине тонкий заусенец. При его удалении с помощью ТЭМ оплавление будет происходить равномерно с образованием острой кромки (рис. 6, а). При обработке тупым инструментом наблюдается перемещение небольшого количества материала, непосредственно перед образованием заусенцев [5]. Такая форма заусенцев может привести к образованию бортика, где тепло рассеивается безопасно в глубь детали (рис. 6, б).

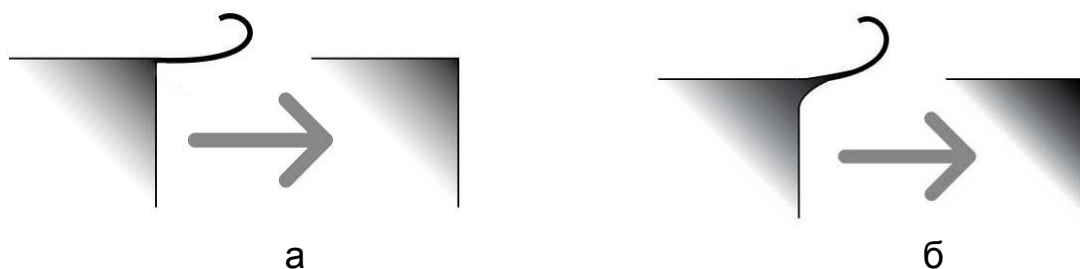


Рисунок 6 – Зависимость формы заусенца от состояния инструмента:
а – обработка острым инструментом; б – обработка тупым инструментом

При обработке деталей после литья под давлением размер облоя, как правило, зависит от точности изготовления форм и степени их изношенности.

Предварительные испытания – это лучший способ для определения оптимальных режимов процесса для данной детали с известным диапазоном размеров заусенцев. Целью этих испытаний является выявление таких режимов, при которых обеспечивалось бы удаление максимального количества заусенцев не вызывая повреждение детали. Но как показывает опыт внедрения подобного оборудования на предприятиях [3], ввиду вышеуказанных особенностей экспериментальное определение технологических режимов малоэффективно и требует больших материальных затрат. При наличии разработанных математических моделей можно существенно повысить точность и эффективность назначения режимов обработки детонирующими газовыми смесями по сравнению с экспериментальным методом. Это ни в коем случае не предполагает полное исключение экспериментов, но поможет сократить их количество до минимума, что существенно повысит конкурентоспособность выпускаемой продукции.

Безусловно, дальнейшее развитие термознергетических методов финишной обработки должно соответствовать современным тенденциям и требованиям технологий финишной обработки. Поэтому в рамках настоящей работы для развития термоимпульсных технологий финишной очистки прецизионных деталей ЛА предлагается решение следующих задач:

1. Уменьшить количество предварительных испытаний путем активного использования интегрированных CAD/CAE-систем и разработки с их помощью новых математических моделей, достоверно описывающих рабочий цикл термоимпульсной обработки. На основе разработанных математических моделей создать метод задания научно обоснованных режимов обработки.

2. Создать единую базу данных, содержащую информацию о размере заусенцев и микрочастиц в зависимости от типа предшествующей механической обработки, ее режимов и состояния инструмента. На основе разработанной базы данных создать программное обеспечение для расчета требуемой величины подводимой энергии в зависимости от геометрических размеров удаляемых элементов, интегрированное в программно-цифровой комплекс оборудования для термоимпульсной обработки.

3. Повысить точность и стабильность дозирования энергии при термоимпульсной обработке прецизионных деталей ЛА путем разработки комплекса мероприятий, позволяющих в широком диапазоне управлять процессом перехода сгорания в режим детонации или теплового взрыва (в зависимости от источника самовоспламенения смеси) и временем затухания ударных волн. Это позволит существенно расширить

номенклатуру обрабатываемых деталей и материалов и проводить очистку со стабильно высоким качеством.

Выводы

1. Проанализировано современное состояние термознергетических методов очистки от заусенцев детонирующими газовыми смесями и сферу их применения и сформулированы перспективы дальнейшего развития.

2. Показано, что дальнейшее развитие термознергетических методов финишной обработки должно соответствовать современным тенденциям и требованиям технологий финишной обработки путем внедрения интегрированных CAD/CAE-систем для расчета научно обоснованных технологических режимов и создания единого информационного пространства для обмена данными между различными этапами изготовления детали.

Список использованных источников

1. Жданов, А.А. Термоимпульсные технологии очистки поверхностных деталей агрегатов авиационных двигателей: дис. ...канд. техн. наук: 05.07.04. – Х, 2003. – 120 с.

2. Посев, А.В. Повышение эффективности зачистки деталей пневматических и гидротопливных систем при использовании термоимпульсного метода: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08; защищена 14.05.1995; утв. 07.10.1995 / Посев Алексей Васильевич. – Х., 1995. – 210 с.

3. Борисова, О.С. Совершенствование способов дозирования энергии при финишной термоимпульсной очистке прецизионных деталей летательных аппаратов: дис. ...канд. техн. наук: 05.07.02. – Х., 2011. – 154 с.

4. Brown, J Modern Manufacturing Processes [Texr] / J. Brown. – New York Cit: Industrial Press Inc, 1991. – 154 p.

5. Gillespie L. Deburring and edge finishing handbook / L. Gillespie. – New York City: Industrial Press, 1999. – 404 p.

Поступила в редакцию: 15.03.2013.

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.И. Костюк,
Национальный аэрокосмический университет
им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков*