

Каждую операцию редуцирования осуществляют за два перехода. При этом используют пуансоны меньшей длины, чем длина трубчатой заготовки. Совместное продавливание через калибровочную матрицу пуансона и трубчатой заготовки на первом переходе каждой операции редуцирования производят с упором пуансона в заранее сформированную ступеньку путем запрессовки торца заготовки в матрицу данного перехода на длину 100 мм.

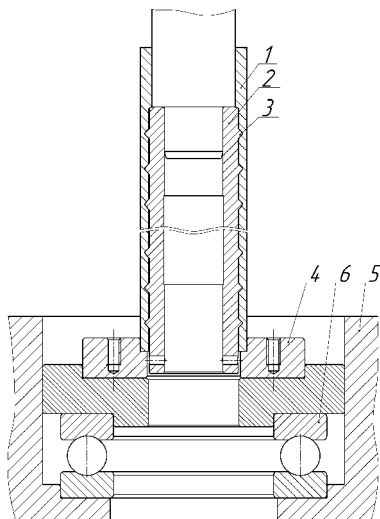


Рис. 3. Общий вид установки для выпрессовки пуансона с многозаходными спиральными выступами:
1 – трубная заготовка; 2 – пуансон; 3 – многозаходные спиральные выступы; 4 – упор; 5 – матрицедержатель; 6 – радиально-упорный шариковый подшипник

Между переходами на каждой операции редуцирования производят выпрессовку пуансона из трубчатой заготовки со сформированными спиральными нарезками. Продольное перемещение заготовки ограничивают упором, установленным на радиально-упорном шариковом подшипнике, до образования между пуансоном и трубчатой заготовкой пояса взаимосвязи спиральных выступов пуансона и спиральных нарезок трубчатой заготовки. Полученный пояс используют на следующем переходе редуцирования для обеспечения направления формируемых на этом переходе спиральных нарезков.

Изготовление трубных заготовок с внутренними многозаходными спиральными нарезками предложенным методом редуцирования является менее трудоемким и более экономичным процессом по сравнению с существующими способами. В результате получения внутренней и наружной поверхности заготовки без последующей механической обработки дает коэффициент использования материала до 0,95. Равномерное распределение свойств материала и геометрия нанесенного рельефа делают изделие, изготовленное предложенным способом, более конкурентноспособным.

Библиографические ссылки

1. Караник Ю. А. Способ получения отливок со свойствами на уровне поковок и проката // Литейн. пр-во. – 2006. – № 10. – С. 25–28.
2. Пат. РФ № 52581 МПК В22D27/08. Устройство для получения отливок / Караник Ю. А., Рахилькин В. Ш., Конюхов Ю. Г. Опубл. 10.04.2006. Бюл. № 10.

Yu. O. Mikhailov, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University
D. G. Dresvyannikov, PhD in Engineering, Associate professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University
S. N. Knyazev, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Manufacturing of internal rifling grooves of tubular parts

A method of manufacturing of tubular parts with internal rifling grooves by reduction is proposed. The method is labor-saving and cost-saving. The method allows obtaining the material operating ratio as high as 0.95.

Keywords: rifling grooves, reduction, tubular parts, energy-saving technology, forging

Получено: 03.04.13

УДК 621.88.07

И. А. Печёнкин, аспирант;
А. Г. Бажин, старший преподаватель;
Ю. В. Пузанов, кандидат технических наук, доцент
 Ижевский государственный технический университет
 имени М. Т. Калашникова

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СЛОЖНОСОПРЯЖЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ СБОРОЧНОЙ ЕДИНИЦЫ

Изложен метод формирования сопрягающихся поверхностей ответной детали сборочной единицы для снижения трудоемкости ее обработки по результатам измерения (контроля) заданной исходной детали.

Ключевые слова: технология, облако точек, плоскость

Существует ряд изделий машиностроения, в которых необходимо обеспечить плотное прилегание поверхностей сопрягаемых деталей и возможность их точного взаимного перемещения. При этом из-за особенностей конструкции и технологии изготовления не всегда удается выдержать эти требования методами полной, неполной взаимозаменяемости или регулировки, а метод групповой взаимозаменяемости неприемлем, например, для сопряжений с несколькими взаимосвязанными поверхностями вследствие большого числа контролируемых параметров и сложностью выбора критериев для разбиения на группы.

На машиностроительных предприятиях в таких случаях обычно применяется метод пригонки, основанный на использовании трудоемких ручных слесарных и многократных контрольных операций. Это исключает применение современного оборудования с программным управлением высокой производительности. Ситуация значительно усугубляется в тех случаях, когда пригонка осуществляется по нескольким взаимосвязанным поверхностям, такая задача может быть решена только высококвалифицированным персоналом.

В связи с этим вопрос создания автоматизированной адаптивной технологии, позволяющей минимизировать или исключить ручной труд на сборочных операциях, является весьма актуальным. Решение этой задачи может быть основано на принципе построения технологии обработки сопрягаемой поверхности ответной детали (ОД) на результатах контроля соответствующей поверхности исходной детали (ИД) или, иначе говоря, – реплики ее контактирующей поверхности.

Рассмотрим реализацию этого принципа на примере сборочной единицы (рис. 1). По традиционной технологии, основанной на использовании метода пригонки, обеспечение функционального назначения сопряжения достигается за счет припуска на одной из выбранных деталей сопряжения (ОД).

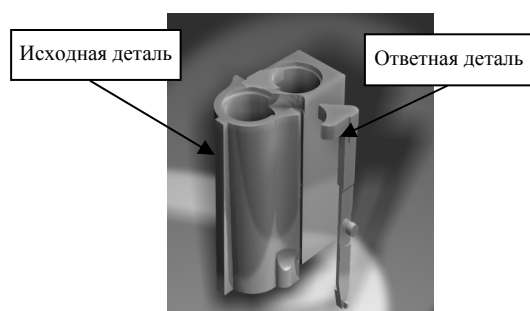


Рис. 1. Пример объекта для реализации предлагаемого метода

Для снижения трудоемкости пригоночных работ вспомогательные базы ИД, как правило, обрабатываются из условий достижения минимально возможных погрешностей формы, размеров, взаимного расположения, волнистости и шероховатости. Это позволяет минимизировать припуски, но предъявляет

более высокие требования к выбору вариантов технологии и точности обработки.

Важное преимущество предлагаемой технологии по сравнению с базовой состоит в том, что она позволяет использовать весь спектр известных операций, обеспечивающих выполнение минимально необходимого набора технических требований для вспомогательных баз ИД [1]. Очевидно, что эти требования предварительно должны быть сформулированы, и определяться они будут сложностью и конфигурацией поверхностей, подлежащих обработке.

Большинство изделий машиностроения номинально представляют собой набор поверхностей простой формы (геометрические примитивы: плоскость, цилиндр, конус и т. п.). Исходя из этого, для изготовления частей основных баз ОД при реализации предлагаемой технологии используется простая геометрия. Рассматривается пример построения боковых плоскостей «ласточки хвоста» и паза под «ласточкин хвост» (рис. 2).

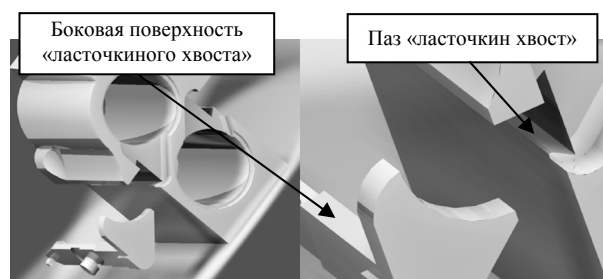


Рис. 2. Поверхности сборки

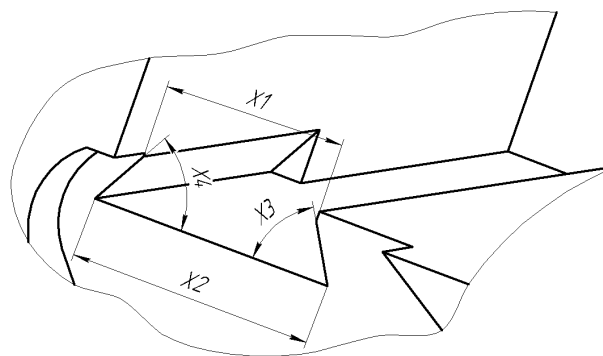


Рис. 3. Детализация поверхностей паза «ласточкин хвост»

В частности, применительно к сопряжению типа «ласточкин хвост» для обеспечения плавности работы и плотности прилегания поверхностей ИД и ОД необходимо соблюдать высокие требования по точности к размерам: X_1 , X_2 , X_3 , X_4 (рис. 3). Как отмечалось ранее, по традиционной технологии уровень требований обуславливается минимизацией сборочно-пригоночных работ. Предлагаемая же технология позволяет снизить требования к точности размеров и взаимного положения поверхностей ИД. Это достигается благодаря индивидуальным измерениям поверхностей каждой из ИД и формированием геометрии поверхностей ОД на основе этих измерений. Такой подход позволяет учесть особенности каждой ИД и «адресно» изготовить под нее ОД. Поэтому

в ИД размеры X_1, X_2, X_3, X_4 могут иметь более широкие допуски, что существенно снижает трудоемкость изготовления ИД. Кроме того, это позволяет применять более производительные методы обработки, чем предусматривает технология с ручной пригонкой.

Завершающим этапом предлагаемой технологии является обработка ОД на оборудовании с программным управлением, для управляющей программы которого необходимо провести предварительную обработку массива данных измерений ИД.

Результаты измерения поверхностей ИД представляются в виде облака точек (координат X, Y, Z множества точек) и нуждаются в обработке. Для создания поверхностей ОД необходимо выполнить подбор наилучшего варианта взаимного сопряжения поверхностей ИД и ОД (например, количество и форма элементов поверхностей ОД, характер сопряжения...). Выбор оптимального варианта определяется эксплуатационными характеристиками изделия.

Современный рынок предлагает огромный выбор специализированного программного обеспечения (ПО) для решения поставленных задач (обработка результатов измерений и создание поверхностей на их основе), например, программное средство фирмы Delcam PowerINSPECT (рис. 4), обрабатывающее каждую из полученных точек [5]. После обработки создается файл отчета о точках контакта измерительного щупа с поверхностями измеряемой детали. Также PowerINSPECT позволяет по результатам измерений сразу получить геометрические примитивы (плоскость, конус, цилиндр, тор и т. д.) [4].

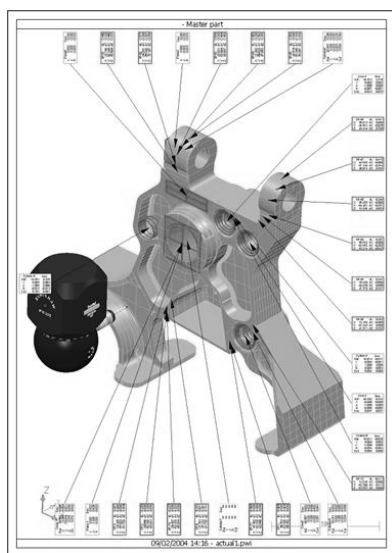


Рис. 4. Пример обработки измерений в PowerINSPECT

Основным недостатком таких методов обработки измерений является:

- отсутствие встроенных возможностей обработки и фильтрации облака точек для получения наилучшего варианта сопряжения (прилегания) поверхностей ОД с ИД;

- основная специализация ПО сводится к контролю обработанной детали либо реинжинирингу (построение 3D-модели измеряемой детали).

Исходя из сказанного, целесообразно разработать алгоритм реализации обработки облака точек, позволяющий получать информацию, по которой возможно построение поверхностей ОД в большинстве современных CAD-систем [2].

Для решения задачи получения информации о геометрических примитивах рассмотрены регрессионные методы анализа. При этом используется метод полных наименьших квадратов (МПНК). Ниже приводятся этапы реализации МПНК на примере плоскости. Характерной особенностью метода является выполнение условия минимизации суммы квадратов евклидовой нормы, например, до функции прямой (рис. 5, б) в отличие от метода наименьших квадратов (МНК), где минимизация расстояний происходит вдоль оси ординат (рис. 5, а) [3].

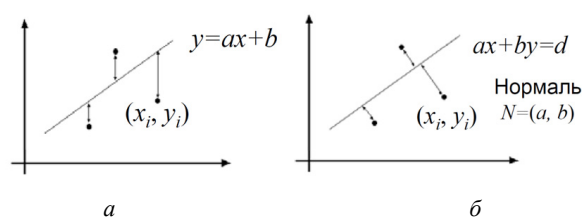


Рис. 5. Отличие МНК от МПНК

На основе общего вида уравнения плоскости и уравнений расстояния от точки до плоскости выводится общий вид уравнения минимизации суммы квадратов расстояний вдоль линии нормали к плоскости. Уравнение плоскости:

$$Ax + By + Cz + D = 0$$

где A, B, C – координаты вектора нормали к плоскости; x, y, z – координаты любой произвольной точки; D – параметр определяющий смещение плоскости вдоль ее вектора нормали относительно центра системы координат.

Уравнение расстояния от точки до плоскости:

$$H = \frac{|Ax_0 + By_0 + Cz_0 + D|}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}},$$

где x_0, y_0, z_0 – координаты точки, от которой ищется расстояние до плоскости.

Наилучшим решением задачи является подбор координат вектора нормали к плоскости, для которого сумма квадратов отклонений будет минимальна.

Приняв первоначальное допущение в виде ортонормированности вектора нормали к плоскости, сумма квадратов отклонений имеет вид:

$$S = \sum_{i=1}^n (Ax_0 + By_0 + Cz_0 + D)^2.$$

Для определения минимума найдены частные производные по координатам вектора нормали и

приравнены к нулю (условие минимума функции). Получена система уравнений:

$$\frac{dS}{dA} = \sum_{i=1}^n (Ax_i + By_i + Cz_i)^2 = 0,$$

$$\frac{dS}{dB} = \sum_{i=1}^n (Ax_i + By_i + Cz_i)^2 = 0,$$

$$\frac{dS}{dC} = \sum_{i=1}^n (Ax_i + By_i + Cz_i)^2 = 0,$$

где x_i, y_i, z_i – координаты точек облака в системе центра тяжести плоскости.

После нахождения частных производных сумм система примет вид:

$$\frac{dS}{dA} = A \sum_{i=1}^n x_i^2 + B \sum_{i=1}^n x_i y_i + C \sum_{i=1}^n x_i z_i = 0,$$

$$\frac{dS}{dB} = A \sum_{i=1}^n x_i y_i + B \sum_{i=1}^n y_i^2 + C \sum_{i=1}^n y_i z_i = 0,$$

$$\frac{dS}{dC} = A \sum_{i=1}^n x_i z_i + B \sum_{i=1}^n y_i z_i + C \sum_{i=1}^n z_i^2 = 0.$$

Решением системы является собственный вектор матрицы, взятый от минимального собственного значения [3].

Матрица выполнения условий МНПК для плоскости:

$$\begin{vmatrix} \sum_{i=1}^n x_i^2 & \sum_{i=1}^n x_i y_i & \sum_{i=1}^n x_i z_i \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i & \sum_{i=1}^n y_i^2 & \sum_{i=1}^n y_i z_i \\ \sum_{i=1}^n x_i z_i & \sum_{i=1}^n y_i z_i & \sum_{i=1}^n z_i^2 \end{vmatrix}.$$

Существует несколько методов нахождения собственных чисел и собственных значений матрицы, например, таких, как метод вращений Якоби, степенной метод, QR-алгоритм нахождения собственных значений матриц.

После нахождения уравнения плоскости, определяющей форму и геометрию части вспомогательной конструкторской базы ИД, задается направление вектора смещения этой плоскости, обеспечивающее требуемый характер сопряжения с ОД в рассматриваемой области. После выбора направления и расстояния смещения формируется уравнение части основной конструкторской базы ОД, которое реализуется аналогично описанному выше способу.

По найденному уравнению строится плоскость и формируются управляющие программы обработки в любой CAD/CAM-системе, поддерживающей необходимый функционал интерфейса программирования приложений.

Библиографические ссылки

1. Пузанов Ю. В., Бажин А. Г., Печёнкин И. А. Адаптивная технология изготовления сопряженных деталей с высокой степенью прилегания // Современные компьютерные технологии фирмы Delcam в науке, образовании и производстве : тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. / [ред.-сост.: Н. В. Носов, А. А. Черепашков]. – Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2011. – С. 33–34.
2. Пузанов Ю. В., Бажин А. Г., Печёнкин И. А. Разработка алгоритма проектирования технологии изготовления деталей, обеспечивающей требуемую плотность прилегания их поверхностей с применением программных инструментов DELCAM // III Международная конференция «Информационные технологии Delcam в образовании и научных исследованиях». – URL: <http://edisk.ukr.net/?do=dir&#cdir=i1747016> [логин delcam2012, пароль 999999] (дата обращения: 15.06.2012).
3. Собственные числа и собственные векторы линейного оператора. – URL: <http://math.semestr.ru/math/vector.php> (дата обращения: 30.04.2012).
4. Delcam PowerINSPECT. – URL: <http://www.delcam.ru/products/powerinspect/powerinspect.htm> (дата обращения: 15.06.2012).
5. Pechenkin I. A., Bazhin A. G., Puzanov Yu. V. Hardware and Software Complex Development of Precisely Conjugated Parts Processing Based on the Delcam Solutions // Third Forum of young researchers : in the framework of International forum "Education quality - 2012" : [EQ-2012] : Febr. 20-22, 2012, Izhevsk, Russia : proceedings / Min. of education a. science of the Russian Federation, Izhevsk state technical univ. – Izhevsk : Publ. house of Izhevsk state technical univ., 2012. – Pp. 238-242.

* * *

I. A. Pechenkin, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

A. G. Bazhin, Senior teacher, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Yu. V. Puzanov, PhD in Engineering, Associate professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Interpretation of measurements results when producing complex conjugated parts of the assembly unit

The paper describes the method of generating the conjugated surfaces of the mating part of the assembly unit to reduce the labor consumption of its machining according to results of the pre-assigned initial part measurement (control).

Keywords: technology, point cloud, plane

Получено: 26.12.12