

УДК 621.9

ЗАВИСИМОСТЬ ОСНОВНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТ СТЕПЕНИ УПРАВЛЯЕМОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ

С.М. Кизилов, студент гр. МР-101, V курс

Научный руководитель: В.А. Полетаев, д.т.н., профессор

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Точность является важнейшей потребительской характеристикой технологий формообразования. Процесс формообразования рассматривается в настоящей работе как преобразование и перенос на заготовку априорной геометрической информации. Помимо формы задания (символическая или «естественная») информация характеризуется содержанием и количеством. В рассматриваемой модели содержание преобразуемой информации однозначно задано – это сведения о форме заданной детали.

При этих условиях можно охарактеризовать точность формообразования данного изделия количеством переносимой на заготовку информации. Допуск на погрешность формообразования данного изделия получит при этом однозначное количественное выражение как минимально допустимое количество информации заданного содержания, которое должно быть перенесено на заготовку. Рост погрешности формообразования выразится как уменьшение количества переносимой информации, а снижение погрешности – как увеличение этого количества.

Такая трактовка понятия «точность» позволяет вскрыть принципиально отличные точностные характеристики управляемых и неуправляемых технологий.

В неуправляемых технологиях вся геометрическая информация сначала преобразуется из символического вида в «естественный» и переносится на промежуточный носитель, а затем вся она практически «запом» (с целью обеспечения максимальной производительности) передается на заготовку. Согласно закону передачи информации, сформулированному К. Шенноном [1], при передаче могут происходить лишь потери количества информации, что накладывает принципиальное ограничение на возможности неуправляемых методов: очность получаемых ими изделий не может превышать точность формоносителя.

Всегда имеющие место в реальных процессах потери информации приводят к заниженной точности изделия по сравнению с точностью формоносителя. Из физических соображений ясно, что потери геометрической информации при переносе, которые есть не что иное, как деформации формоносителя, увеличиваются с ростом используемых энергетических потоков. Поскольку в неуправляемых методах вся информация переносится на заготовку практиче-

ски одновременно, то велики и потоки энергии, обеспечивающие физический процесс переноса. Вследствие этого неуправляемым методам присущи высокие абсолютные значения потерь геометрической информации.

Управляемые технологии допускают в любой момент растянутого во времени процесса формообразования «подпитку» системы извне дополнительной геометрической информацией в естественном виде. В принципе, используя такую «подпитку» информацией, в управляемом режиме можно изготавливать деталь с любой наперед заданной точностью. Это объясняет внешне парадоксальную ситуацию, когда на станках получают детали более точные (содержащие большее количество геометрической информации), чем сам станок. Дополнительная информация поставляется извне, например, привносится мерительным инструментом.

Как будет показано ниже, универсальность управляемого оборудования достигается благодаря многократному использованию значительного количества геометрической информации, однажды заложенной в элементах конструкции этого оборудования. Так же, как и в неуправляемом оборудовании, при считывании этой информации имеют место потери. Управляемое оборудование существенно более чувствительно к воздействию энергетических потоков – это неизбежная плата за его универсальность (специализированные формоносители неуправляемого оборудования оптимизируются для решения конкретной задачи, т.е. конструируются так, чтобы обеспечить минимальные потери информации, а также позволяют учесть и компенсировать систематические составляющие потерь заранее).

Другой неотъемлемой потребительской характеристикой технологии формообразования является производительность. Понимая под производительностью темп, в котором данная технология обеспечивает достижение основного результата, рассмотрим связь этой характеристики со степенью управляемости технологии.

Реальные физические методы формообразования выполняют основные функции технологии формообразования в неодинаковой степени (управляемые – и преобразование, и перенос информации, неуправляемые – только перенос). Сравним сначала темп достижения результата при выполнении конечной функции – переноса информации на материал заготовки.

Неуправляемые методы, специализированные на выполнении только одной функции – переноса, обеспечивают на порядок большую производительность. Но управляемые методы обеспечивают выполнение обеих основных функций технологии формообразования, поэтому анализ производительности этих методов приобретает особую важность.

Дальнейшим шагом повышения производительности управляемого оборудования было создание механических программных средств (к ним относятся упоры, кулачки, копиры), определяющих последовательность считывания информации с эталонов станка, т.е. взаиморасположение элементарных поверхностей на изделии. Применение таких устройств ликвидировало затра-

ты времени оператора на осмысление последовательности проведения процесса и на манипулирование органами управления.

Таким образом, в определенных элементах конструкций современного станка – эталонах – хранится в естественном виде информация о целых классах геометрических поверхностей и имеется возможность управляемого варьирования относительным расположением этих поверхностей в пространстве. Управляющая информация о взаиморасположении поверхностей выдается оператором последовательно, в моменты перехода от обработки одной из них к очередной. В конструкции наиболее производительных автоматизированных станков имеются, помимо этого, элементы, в которых программируются относительное расположение простейших поверхностей на детали и последовательность выдачи этой информации.

Учитывая, что неуправляемые методы выполняют, хотя и с большей производительностью, лишь часть функций технологии формообразования, для объективного сравнения их с управляемыми методами необходимо рассмотреть еще одно важнейшее потребительское свойство – гибкость.

В связи с этим для характеристики конкретной технологии формообразования используется специфическое свойство «гибкости», отражающее ее способность перестраиваться на изготовление нового изделия.

Принципиальная особенность управляемого оборудования состоит в том, что оно является универсальным преобразователем геометрической информации из символического вида в естественный. Подавляющая часть необходимой для выполнения этого преобразования геометрической информации закладывается при изготовлении станка в его эталоны на весь физический срок службы машины. Поэтому на подготовительном этапе достаточно преобразовать и заложить в промежуточные носители (оснастку, кулачки, копиры) лишь недостающую, обычно весьма малую часть полной геометрической информации об изделии.

Неуправляемое формообразующее оборудование есть всего лишь переносчик уже заданной в естественном виде геометрической информации на материал заготовки.

Для сравнения объемов информации, закладываемых в промежуточный носитель в управляемом и неуправляемом процессах, воспользуемся подходом, развивающим в уже упоминавшейся работе французского физика Л. Бриллюэна [1]. По Бриллюэну, количество информации I разм, заключенное в размере, пропорционально двоичному логарифму от величины, обратной относительной точности этого размера ε :

$$I \text{ разм} = -\log_2 \varepsilon.$$

Для простоты предположим, что по всем трем координатным направлениям задана одинаковая относительная точность ε . Положение каждой точки, линии в пространстве определяется тремя размерами, а для задания всей линии (в общем случае) необходимо задать положение порядка $1/\varepsilon$ точек этой линии. Тогда количество информации, заключенное в линии:

$$I \text{ линии} = -3(1/\varepsilon)\log_2 \varepsilon.$$

Поверхность в координатном пространстве, очевидно, можно задать $1/\varepsilon$ линиями, образующими эту поверхность, т.е.

$$I \text{ поверхность} = -3(1/\varepsilon)^2 \quad I \text{ размер} = -3(1/\varepsilon)^2 \log 2 \varepsilon.$$

Относительная погрешность изделий современного машиностроения находится в пределах 10–3–10–6, т.е. Iразм может меняться в пределах 10–20. Отношение Iлинии/Iразмера при этом составляет порядка 103–106, а отношение I поверх/Iразмеру – порядка 106–1012. При использовании неуправляемого оборудования требуется переносить на промежуточный носитель, например, всю информацию о прямой линии. В элементах конструкции управляемого оборудования (направляющих) уже заложена информация о прямой линии, и в этом случае на промежуточный носитель (например, нерегулируемый упор) необходимо перенести лишь информацию о длине этой линии, которая, как было показано, на много порядков меньше полной информации о линии. Аналогичные рассуждения справедливы для плоскости, а также, например, поверхностей вращения, информация о которых заложена в подшипники станков.

Благодаря тому, что отпадает необходимость преобразовывать и фиксировать на промежуточном носителе большой объем информации, управляемое оборудование обеспечивает минимальную трудоемкость подготовительного этапа процесса формообразования. Зато этап собственно формообразования на управляемом оборудовании требует больших затрат труда, чем на оборудовании неуправляемом. Дополнительный труд связан с выполнением процесса преобразования основного объема информации и заключается в задании последовательности проведения процесса, т.е. способов комбинирования стандартных геометрических элементов в каждый момент времени, получении и обработке информации о текущем результате процесса, а также в коррекции этого результата в случае необходимости.

Управляемость – весьма общее фундаментальное свойство технологии. Столь же общей и важной является характеристика трудоемкости технологии.

Выводы, полученные при рассмотрении двух предельных случаев: полностью управляемой ($K_u = 1$) и полностью неуправляемой ($K_u = 0$) технологий, можно распространить и на общий случай технологии с произвольной степенью управляемости ($0 < K_u < 1$):

- 1) трудоемкость подготовительного этапа снижается с ростом степени управляемости технологии;
- 2) трудоемкость этапа собственно формообразования повышается с ростом степени управляемости.

Список литературы

1. Бриллюэн Л. Наука и теория информации. – Москва: Наука, 1960.
2. Денисов А. А. Информация о системах управления. – Ленинград: Ленинград. политехн. ин-т, 1980.

3. Колмогоров А. Н. Три подхода к определению понятия «количество информации». Проблемы передачи информации. – Т. 1. – Вып. 1. – Москва: Наука, 1965.