

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЛОЖНОСТИ ДЕТАЛИ ПО РАСПОЗНАВАНИЮ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Красильникова В.А., Кугультинов С.Д.

*Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова,
г.Ижевск*

Ключевые слова: распознавание конструктивных элементов, обработка сложный поверхностей, классификатор, система автоматизированного проектирования (CAD), система подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ (CAM).

Аннотация. В статье представлен принцип определения сложности деталей машиностроения, получаемых методом фрезерования на станках с ЧПУ, приведен уникальный алгоритм, основанный на распознавании конструктивных элементов.

DEVELOPMENT OF THE PRINCIPLE OF DETERMINING THE COMPLEXITY OF DETAILS BASED ON THE RECOGNITION OF STRUCTURAL ELEMENTS

Krasilnikova V.A., Kugultinov S.D.

Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk

Keywords: feature recognition, processing of complex surfaces, classifier, computer-aided design (CAD), computer-aided manufacturing (CAM).

Abstract. The article presents the principle of determining the complexity of details machining on CNC using a unique algorithm based on the recognition of structural elements.

Разработка выполняется при поддержке Фонда содействия инновациям по программе «У.М.Н.И.К.». Решение конкурсной комиссии Фонда, протокол заседания дирекции № 14 об утверждении итогов конкурсного отбора по программе «У.М.Н.И.К.» от 15 декабря 2017 г.

Основной целью работы является сокращение времени и трудоемкости предварительной технологической подготовки производства и проектирования операций механической обработки деталей на станках с ЧПУ.

Определение конструктивных элементов является основой модуля определения сложности детали, так как сложность детали во многом определяется сложностью, конфигурацией и количеством ее конструктивных элементов. Для определения сложности детали и проектирования стратегии механической обработки в дальнейшем деталь необходимо представить в виде комплекса технологических конструктивных элементов (КЭ) [1].

Каждый отдельный конструктивный элемент связан с определенной для него стратегией обработки. Пример, конструктивный элемент Отверстие получается сверлением, а КЭ Плоскость – плоским фрезерованием.

Для оптимальной работы было выделено 18 типов простых конструктивных элементов (Код 19 – относится к сложным элементам), которые, в целом, позволяют описать любую геометрию детали. В таблице 1 приведены КЭ с кодом классификатора, позволяющим их упрощенный поиск в базе данных

конструктивных элементов. Кроме того, каждому КЭ в зависимости от конфигурации назначена степень сложности [2].

Табл. 1. Конструктивные элементы

Наименование группы КЭ	Код группы КЭ	Степень сложности М
Отверстие	01	1
Окно	02	1
Колодец	03	2
Уступ	04	2
Стенка	05	1
Плоскость	06	1
Цилиндрическая поверхность (Вал)	07	1
Лыска	08	1
Фаска	09	1
Канавка	10	2
Паз	11	2
Бобышка	12	2
Буртик	13	2
Шип	14	2
Скругление	15	1
Галтель	16	1
Рифление (насечка)	17	2
Резьба	18	2
Сложные элементы	19	5

Определение сложности деталей – основа предварительной технологической подготовки и укрупненного нормирования деталей сложной пространственной формы. Сложность детали, материал и ее габаритные размеры определяют технологию обработки. От габаритных размеров и материала в первую очередь зависит выбор оборудования и инструмента, от сложности детали – выбор стратегии обработки.

Каждая деталь представляет из себя набор конструктивных элементов, сложность детали определяется их конфигурацией и количеством, что, в последствии, определяет стратегию и время механической обработки. Таким образом по степени сложности детали можно произвести укрупненный расчет времени и стоимости обработки [3].

Степень сложности детали можно представить формулой

$$C_{общ} = C_p + (C_m + C_{тв}) + \sum C_{кэ}, \quad (1)$$

где $C_{общ}$ – общая степень сложности детали, C_p – степень сложности по основным габаритным размерам, C_m – степень сложности детали по материалу, $C_{тв}$ – степень сложности детали по твердости, $C_{кэ}$ – степень сложности детали по конфигурации, учитывается сумма сложности всех конструктивных элементов.

Степень сложности по габаритным размерам определяется по таблице 2. От размеров детали зависит в первую очередь выбор оборудования, а также выбор стратегии обработки. Граничные размеры диапазонов могут варьироваться и задаются с учетом существующего на конкретном производстве оборудования.

Табл. 2. Степень сложности по габаритным размерам

Наименование размера	Размер	Степень сложности
Стандартные размеры	До 400 мм	5
Увеличенные размеры	400 мм – 1000 мм	7
Крупные размеры	1000 мм – 1500 мм	10

Так детали стандартных размеров могут обрабатываться на любом из представленных станков, в то время как детали крупных размеров могут быть обработаны только на специальном оборудовании.

Степень сложности по материалу также необходимо учитывать при проектировании предварительной подготовки производства деталей. Выбор стратегии обработки и инструмента, а также время обработки во многом зависит от таких механических свойств материала, как твердость, вязкость прочность и т.д. В частности, эти механические свойства зависят и от термической обработки. Например, твердость стали 40X без термической обработки соответствует 20-25HRC, в то же время при соответствующей термообработке – 37-45 HRC.

Материалы по степени сложности обработки условно делятся в соответствии с таблицей 3.

Твердость материалов по степени сложности можно условно разделить в соответствии с таблицей 4.

Табл. 3. Степень сложности по степени сложности обработки

Класс материалов	Материалы	Степень сложности
Легкообрабатываемые материалы	Алюминий, Бронза и Латунь, низколегированные стали	5
Стандартные материалы	Легированные стали и Качественные конструкционные стали	7
Труднообрабатываемые материалы	Высоколегированные стали и Титаны	10

Табл. 4. Степень сложности по твердости материала

Твердость	Степень сложности
До 30 HRC	5
От 30 до 45 HRC	7
От 45 HRC и выше	10

Совокупность конструктивных элементов представляет собой конфигурацию детали. От количества и сложности конструктивных элементов будет зависеть сложность детали. $C_{кэ}$ – степень сложности детали по конфигурации зависит от количества и сложности КЭ, а также от шероховатости поверхности каждого КЭ. Сложность каждого КЭ можно определить по формуле

$$C_{кэ} = M + R + A, \quad (2)$$

где M – степень сложности КЭ по конфигурации (значения приведены в таблице 1, сложные КЭ – элементы, описываемые сложными поверхностями, а также отверстия, глубиной больше 10 диаметров; степень сложности таких элементов –

5), R – степень сложности КЭ по шероховатости, A – степень сложности КЭ по точности элемента.

По степени сложности КЭ по шероховатости можно разделить в соответствии с таблицей 5.

Табл. 5. Степень сложности КЭ по шероховатости

Шероховатость	Степень сложности R
До Ra3,2 и более	0
От Ra3,2 до Ra0,8	1
От Ra0,8и менее	2

По степени сложности КЭ по квалитетам точности можно разделить по таблице 6.

Табл. 6. Степень сложности по квалитетам точности

Квалитет	Степень сложности A
От 13 квалитета и ниже	0
13 – 8 квалитет	1
От 8 квалитета и точнее	2

В качестве примера представлена деталь Штампа для пробивки - Матрица (рис. 1).

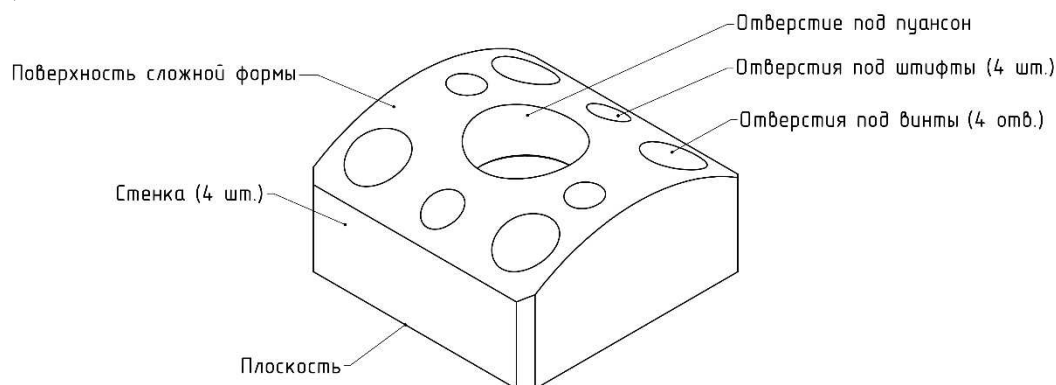


Рис. 1. Матрица штампа для пробивки

Создается таблица расчета сложности каждого элемента (таблица 7).

Табл. 7. Расчет сложности каждого элемента

Наименование	Кол.	Код	M	R	A	$C_{КЭ}$
Сложная поверхность	1	19	5	2 (Ra0,8)	1 (10)	8
Отв. под пуансон	1	01	1	2 (Ra0,8)	1 (12)	4
Отв. под штифты	4	01	1	1 (Ra1,6)	1 (10)	12
Отв. под винты	4	01	1	0 (Ra3,2)	0 (14)	4
Стенка	4	04	1	0 (Ra3,2)	0 (14)	4
Плоскость	1	06	1	2 (Ra0,8)	0 (14)	3

Итого: $C_{КЭ} = 35$.

Матрица штампа выполнена из стали Х12Ф1, твердость 45-52 НРС, размеры габаритные 120x120 мм, таким образом, по формуле (1) рассчитывается общая степень сложности детали:

$$C_{общ} = 5 + (10 + 10) + 35 = 60 .$$

Итоговая степень сложности определяется по таблице 8, данные в которой также были вычислены путем практического анализа реальных деталей.

Табл. 8 Определение степени сложности детали по всем параметрам

Степень сложности детали	Код класса	$C_{кэ}$
Простые детали	01	17 – 50
Детали средней сложности	02	50 – 100
Сложные детали	03	50 и более

Если исходить из данных таблицы 8, то Матрица штампа относится к деталям средней сложности.

Список литературы

1. CAD/CAM/CAE Observer. – 9(79)/2012 – 89 с.
2. Таллер С.Л., Верченко В.Р. Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения (в 2-х частях). Часть I. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 168с.
3. Аверченков В.И. Автоматизация проектирования технологических процессов: учеб. пособие для вузов / В.И.Аверченков, Ю.М. Казаков – 2-е изд., стереотип. – М.: ФЛИНТА, 2011. – 229 с.

Сведения об авторах:

Красильникова Валерия Андреевна – аспирант, ИжГТУ им. М.Т. Калашникова, г.Ижевск;

Кугультинов Сергей Данилович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Сопротивление материалов», ИжГТУ им. М.Т. Калашникова, г.Ижевск.