

УДК 629.7.002:658.562.3

М.Е. Тараненко, д-р техн.наук,
А.Н. Мещеряков, канд.техн.наук,
И.М. Тараненко, канд.техн.наук,
В.Д. Петренко

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СОВОКУПНОСТЬ КВАЛИМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Повышение качества деталей и производимой АКТ должно обеспечивать постоянную конкурентоспособность такой техники на мировых рынках. Объективная оценка качества способствует усилению позиций товаропроизводителя в конкурентной борьбе.

Рассматривая цепочку технологических преобразований предметов природы в сложную высокотехнологическую продукцию можно выявить такую последовательность. Сначала природное сырьё проходит преобразование состояния и превращается в металл определённой марки, ту или иную пластмассу, различные волокна и порошки. Затем проводится преобразование формы от простых геометрических форм (прокатка, волочение, прессование) до более сложных (например листовая, объёмная штамповка). В последующем детали подвергаются более сложным преобразованиям объёма и размеров (точение, фрезерование, строгание и т.д.), преобразованию поверхности и физических свойств (термическая и термохимическая, поверхностная отделочная обработки). И после этого начинаются операции сборки и монтажа сборочных единиц, узлов, агрегатов и изделий в целом.

Каждое из этих преобразований придаёт объектам производства множество показателей качества, каждый из которых может служить критерием при выборе параметров технологического процесса. Но более точно постановка задачи оптимизации процесса осуществляется по комплексному критерию, который учитывает группу показателей, которую приобретает деталь при том или ином преобразовании. При этом не исключается другой вариант оптимизации техпроцессов – получение одного или ограниченного количества экстремальных показателей качества, даже в ущерб другим показателям. Примером могут служить технологии получения теплозащитных покрытий для космических челноков или реализации проекта модульных космических станций. В любом случае, необходимо установить взаимосвязь комплексного критерия с параметрами технологии по экспериментальным данным или теоретическим формулам.

Квалиметрический показатель (количественный показатель качества) рассматривается как показатель свойства продукции, определяющий степень её приближения к идеальному (максимально достижимому)

варианту. Степень приближения рассматривается в диапазоне от показателей идеального варианта до брака.

Рассмотрим возможные варианты иерархической совокупности квалиметрических показателей на различных уровнях свойств деталей, получаемых при различных преобразованиях, которые представлены в таблице 1, которая формализуется в виде «дерева свойств».

На последнем этапе металлургического и первых этапах машиностроительного переделов в составе иерархической совокупности квалиметрических показателей обрабатываемых деталей на верхнем уровне $i=1$ характерны одинаковые крупные группы свойств, а именно: качество поверхности, качество металла и геометрические размеры деталей. Это объясняется единой целью – получить металл заготовок с заданными свойствами и обеспечить их дальнейшую обработку с минимальными затратами за счёт коэффициента использования металла. Здесь видно, что производитель на этом уровне преобразований стремится именно комплексно произвести приближение свойств к заданным. Но физико-технические особенности преобразований не позволяют сделать это полностью комплексно. Различия начинают проявляться и оцениваться на втором и последующих уровнях.

Как видно, основные свойства продукции распределяются на 3 – 4 уровнях, что вполне достаточно для описания главных показателей качества и упрощения расчёта комплексного показателя. Иначе, для каждого вида преобразований построено неполное дерево свойств, т.к. полное дерево используется при применении точного метода решения задачи и при оценивании не обязательно.

Таблица 1 – Иерархическая совокупность на различных уровнях i -х свойств сортового проката, поставляемого без покрытий [3]

Группы квалиметрических свойств продукции					
$i=0$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	
1	2	3	4	5	
Качество сортового проката	Геометрические размеры проката	Размеры элементов профиля			
		Соотношение отдельных элементов			
		Длина штанг			
		Кривизна штанг			
		...			
	Качество металла	Химический анализ	Содержание химических элементов по ковшевому анализу		
			Изменяемость химического состава в готовом прокате		Процент отклонения химического состава
		Структура	Микроструктура		
			Макроструктура		

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
		Механические свойства	Растяжение	Временное сопротивление
				Предел текучести
				Относительное удлинение
				Относительное сужение
			Ударная вязкость	Работа разрушения
				Процент вязкой составляющей
			Твёрдость	...
			Технологическая проба	...
				...
			Внутренние дефекты	...
	Специальные свойства	Коррозионная стойкость		
		Свариваемость		
	Качество поверхности	Состояние поверхности, образующей профиль	Поражённость закатами	
			Поражённость остатками окалина	
...				
Состояние концов штанг		Нарушения профиля		
		Заусенцы		
		Косина реза		

В последующих таблицах 2 – 8 представлены иерархические совокупности квалиметрических показателей продукции на различных уровнях преобразований объектов производства авиационной продукции.

Таблица 2 – Иерархическая совокупность на различных уровнях i -х свойств деталей, полученных горячей объёмной штамповкой

Группы квалиметрических свойств продукции				
$i=0$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$
1	2	3	4	5
Качество объёмных штамповок	Геометрические размеры поковки (штамповки)	Габаритные размеры поковки (штамповки)		
		Соотношение отдельных элементов		
		Отклонения в размерах		
		Отклонения в форме		
		КИМ		
		...		

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	
	Качество материала	Химический состав поверхности	Соответствует отклонениям		
			Глубина отклонений		
		Структура	Макро		
			Микро		
		Механические свойства	Растяжение образца	Растяжение: $\sigma_B, \sigma_m, \delta, \varphi$...	
			Ударная вязкость	Работа разрушения Процент вязкой составляющей	
			Твёрдость	НВ	
			Технологическая проба	На осадку ...	
	Специальные свойства		Коррозионная стойкость		
	Внутренние дефекты		Наличие трещин утяжек		
	Качество поверхности	Состояние поверхности поковки (штамповки)	Поражённость остатками окалины		
			Нечёткость геометрии поверхности		
			Заусенцы		
			Специальные св-ва		

При холодной объемной штамповке ряд свойств не проявляется, например, пораженность окалиной, изменение химического состава поверхности. Механические свойства при этой обработке чаще всего определяются твердостью. Но обязательно нужно оценивать состояние макроструктуры детали.

Таблица 3 – Иерархическая совокупность на различных уровнях i -х свойств крупногабаритных листовых деталей

Группы квалиметрических свойств продукции				
$i=0$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$
1	2	3	4	5
Качество крупногабаритных листовых деталей	Геометрические размеры проката	Габаритные формы		
		Соотношение отдельных элементов		
		Длина штанг		
		Кривизна штанг		

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	
	Качество металла	Структура	Микроструктура		
			Макроструктура		
		Механические свойства	Растяжение	Временное сопротивление	
				Предел текучести	
				Относительное удлинение	
				Относительное сужение	
			Ударная вязкость	Работа разрушения	
				Процент вязкой составляющей	
		Твёрдость	...		
			...		
	Технологическая проба	...			
		...			
	Внутренние дефекты	...			
		...			
		Свариваемость			
	Специальные свойства	Коррозионная стойкость			
		...			
Качество поверхности	Состояние поверхности, образующей профиль	Поражённость закатами			
		Поражённость остатками окалины			
		Наличие лимонной корки			

Как видно, при таком преобразовании формы количество показателей меньше, и это свидетельствует о совершенстве процесса.

Таблица 4 – Иерархическая совокупность на различных уровнях i -х свойств деталей, получаемых размерной обработкой

Группы квалиметрических свойств продукции			
$i=0$	$i=1$	$i=2$	$i=3$
1	2	3	4
Качество деталей, получаемых размерной обработкой	Геометрические размеры	Размеры элементов детали	
		Отклонения по функциональным размерам	
		Отклонения по осям отверстий	
		Отклонения по форме поверхностей	
		Отклонения по взаиморасположению поверхностей	

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4
	Качество металла	Специальные свойства	
		Толщина дефектного слоя	
		Остаточные напряжения	
		...	
	Качество поверхности	Шероховатость поверхности	1. Ra 2. Rz
		Субшероховатость	
		Микротвёрдость поверхности	
		Специальные свойства	Намагниченность поверхности ...
		Чистота поверхности	

Таблица 5 – Иерархическая совокупность на различных уровнях i -х свойств деталей, подвергаемых поверхностно пластической деформации

Группы квалиметрических свойств продукции				
$i=3$	$i=4$	$i=5$	$i=6$	$i=7$
Качество поверхностно пластической деформации	Качество металла	Внутренние дефекты	Образование трещин	Баллы
		Специальные свойства	...	
		Эксплуатационные свойства	Износостойкость	г/ч·м ²
			Коррозионная стойкость	г/ч·м ²
	Качество поверхности	Состояние поверхностного слоя	Микротвёрдость	HR, HRB, HRC и HRA
			Шероховатость	Ra, Rz
			Чистота поверхности	...
			...	

Таблица 6 – Иерархическая совокупность на различных уровнях i -х свойств поверхности деталей, подвергаемых промышленной очистке

Группы квалиметрических свойств продукции			
$i=5$	$i=6$	$i=7$	$i=8$
Качество поверхности деталей после промышленной очистки	Качество поверхности деталей	Остатки кристаллических образований	
		Графитные и жировые пятна	
		Окислы, продукты коррозии	
		Асфальтосмолистые отложения	
		Абразив, стружка	Ультрамикротрещины
		Остатки флюса	
		Пятна от консервационной и консистентной смазки	
		...	

Таблица 7 – Иерархическая совокупность на различных уровнях i -х свойств деталей после электроэрозионной обработки (ЭЭО)

Группы квалиметрических свойств продукции					
$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$	$i=6$	
Качество деталей, изготовленных с помощью ЭЭО	Геометрические размеры	Контур поверхностей	Образование трещин	Баллы	
		Точность фасонных поверхностей	...		
		Возможность получения сложных поверхностей			
	Качество металла	Специальные свойства		...	
		Качество поверхности	Состояние поверхности	Шероховатость	Ra, мкм
	Rz, мкм				
	Состояние поверхностного слоя		Наклеп/Твердость	Предел прочности, σ_B , МПа	
				Глубина наклепа, мкм	
	Химические свойства		Остаточные напряжения	$\sigma_{ост}$, МПа	
		...			
	Химические свойства	Химический состав	Состояние легирующих элементов, %		
			...		
...	...				

Таблица 8 – Иерархическая совокупность на различных уровнях i -х свойств деталей, получаемых выклейкой из композиционных материалов (КМ)

Группы квалиметрических свойств продукции			
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$
Качество деталей, получаемых выклейкой из КМ	Геометрические размеры	Длина	
		Ширина	
		Толщина	
		Отклонения	По форме По размерам
		Соотношение отдельных элементов	...
	Качество материала	Механические свойства	В зависимости от материала КМ
		Внутренние дефекты	Расслоение Газовые пузыри
		Специальные свойства	
		Технологическая проба	
		Геометрия расположения волокон	
		...	
	Качество поверхности	Шероховатость поверхности	

Предлагаемые показатели группы свойств отвечают требованиям теоретической квалиметрии. Их количество необходимо и достаточно для оценки качества преобразований в каждой группе технологических преобразований. Например, для группы техпроцессов листовой штамповки ограничено количество свойств, определяющихся изменением качества металла, но достаточно широк набор свойств, адекватно описывающих свойства поверхности детали. Ярус свойств, характеризующих геометрию поверхности и качество металла ниже, чем у других процессов. Рассматриваемые показатели свойств в описываемых технологических преобразованиях отвечают единым признакам деления для свойств в группе. Для них характерны общие признаки классификации. Каждое приведенное свойство не зависит от предпочтения свойств в группе. Относительно небольшое количество свойств в группах тех процессов отвечает требованию их минимума.

Учитываемые показатели свойств отделочных технологических процессов существенно зависят от формоизменяющих процессов (табл. 5 – 7). Большинство изменяемых свойств относится к группе **качество поверхности**. Комбинированное изменение свойств присуще процессам электроэрозионной обработки (ЭЭО), что определяет её преимущества перед другими видами обработки.

Существенным преимуществом приведенных показателей свойств деталей является возможность их определения инструментальными методами, что резко повышает адекватность оценки качества. Такие инструментальные методы широкоупотребимы, точны и малотрудоёмки.

В результате анализа ряда техпроцессов обработки деталей из металла получен набор свойств качества, приобретаемых ими после обработки. Этот набор достаточно большой. Для его использования в практических расчётах необходимо использовать коэффициенты весомости для выявления наиболее важных свойств в каждой конкретной задаче.

При выборе функции свертки отдельных показателей в комплексный на каждом уровне необходимо учитывать следующие соображения. В реальной действительности наличие одного показателя из соответствующего набора, равного или близкого к нулю значения, означает брак. Например, наличие трещины у отштамповки, недостаточная твердость поверхностного слоя в процессах поверхностного пластического деформирования, отклонение размера от заданного допуском размера – это брак. В таких случаях функцию свертки надо выбирать такую, когда наличие даже одного частного показателя, равного нулю, приводило бы к нулевому значению комплексного показателя. Одной из самых простых таких функций является среднегеометрическая.

Анализ показывает, что увеличение количества свойств, влияющих на комплексный показатель качества деталей, с повышением иерархического уровня увеличивает погрешности в оценке качества изделия. Поэтому количество этих свойств необходимо определять как можно точнее, их должно быть как можно меньше, что соответствует более короткому технологическому маршруту.

Список использованных источников

1. Азгальдов, Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) [Текст] / Г.Г. Азгальдов. – М.: Экономика, 1971. – 167 с.
2. Андрианов, Ю.М. Квалиметрия в приборостроении и машиностроении [Текст] / Ю.М. Андрианов, А.И. Субетто. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990. – 216 с.
3. Найзабеков, А.Б. Квалиметрия в обработке металлов давлением [Текст]: учеб. пособие / А.Б. Найзабеков, В.А. Талмазан, Н.Ю. Шмидт. – Алматы: РНК по УиМЛ, 2005. – 134 с.

Поступила в редакцию 30.04.2013.

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.П. Божко,
Национальный аэрокосмический университет
им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.*