

горения и синтез материалов / А.Г. Мержанов. – Черноголовка: ИСМАН, 1999. – 512 с.  
4. Амосов, А.П. Порошковая технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материалов / А.П. Амосов, И.П. Боровинская, А.Г. Мержанов. – М.: Машиностроение-1, 2007. – 567 с.  
5. Гегузин, Я.Е. Диффузионное деформирование пористых кристаллических структур / Я.Е. Гегузин // Физика твердого тела. – № 7. – 1975. – С. 50–54.

**Bibliography transliterated:** 1. Samorasprostranyayuschisya vyisokotemperaturniy sintez: teoriya i praktika: sbornik statey pod red. A.E. Syicheva. – Chernogolovka: Territoriya, 2001. – 224 p. 2. Obrobka metalliv tiskom pri nestatsionarnih temperaturnih umovah: monografiya B.P. Sereda, I.V. Kruglyak, O.A. Zherebtsov, Yu.O. Belokon. – Zaporizhzhya: ZDIA, 2009. – 252 p. 3. Merzhanov, A.G. Protsessyi gorennya i sintez materialov A.G. Merzhanov. – Chernogolovka: ISMAN, 1999. – 512 p. 4. Amosov, A.P. Poroshkovaya tehnologiya samorasprostranyayuschegosya vyisokotemperaturnogo sinteza materialov A.P. Amosov, I.P. Borovinskaya, A.G. Merzhanov. – Moscow: Mashinostroenie-1, 2007. – 567 p. 5. Geguzin, Ya.E. Diffuzionnoe deformirovanie poristyih kristallicheskih struktur Ya.E. Geguzin Fizika tverdogo tela. – No 7. – 1975. – p. 50–54.

*Поступила (received) 18.11.2014*

УДК 621.075.8

**М. Е. ТАРАНЕНКО**, докт. техн. наук, проф., НАКУ «ХАИ»;  
**О. Н. КЛИМЕНКО**, инженер, НАКУ «ХАИ», Харьков

## **КВАЛИМЕТРИЯ В ОБРАБОТКЕ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ДАВЛЕНИЕМ**

Предлагается метод оценки качества листовых деталей на этапах подготовки производства, а также функциональные зависимости показателей качества от геометрических размеров деталей. Это позволяет выбирать показатели качества на этапе проектирования. Рассматривается показатель технологичности деталей как комплексный. В качестве составляющих частных показателей количественно анализируются свойства: форма детали, её глубины и некоторых локальных элементов (радиус сопряжения бортов). Для этапа изготовления выбрана иерархическая совокупность свойств для оценки качества производимой продукции.

**Ключевые слова:** качество, листовые детали, квалиметрия, опытные и статистические данные, иерархическая совокупность свойств.

**Введение.** В современной конкурентной борьбе за рынки сбыта выпускаемой продукции выигрывает тот производитель, качество продукции которого выше. Для объективной оценки качества используют методы теоретической квалиметрии – науки о количественной оценке качества. Известны технические приложения этих методов при изготовлении сортового проката [1], агроквалиметрии [2], квалиметрии в транспорте [3]. В НАКУ «ХАИ» проводятся исследования использования методов квалиметрии в приложении к технологии производства летательных аппаратов, в частности, к штамповке крупногабаритных листовых деталей (КЛД) разными методами.

При анализе производства крупногабаритных листовых деталей (КЛД) можно выделить три характерные группы продукции: детали, оборудование

(приспособления, оснастка) и процессы штамповки. Для каждой из этих групп характерны свойства в первую очередь определяющие их качество. К таким свойствам первой группы продукции относятся: технологичность, уровень полученной технологической наследственности (включая уровень и место концентрации остаточных напряжений и утонения), точность формы, качество поверхности. К свойствам второй группы можно отнести: технологическую универсальность (широту технологических возможностей), надежность (безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохранность), экономичность, экологичность, технологичность (при изготовлении оборудования), производительность и т.д. Основными свойствами присущими третьей группе продукции считают: свойство, обеспечивающее получение высокого качества первой и второй групп, малые сроки и стоимость технологической подготовки, производительность, невысокую передаваемую технологическую наследственность, возможность комплексной обработки заготовок, экономичность процесса, управляемость, гибкость и ряд других свойств.

Большинство из этих свойств, характеризуемых определенным показателем качества, являются комплексными, включающими в себя или обеспечиваемые более простыми свойствами. Количественно оценить уровень этих свойств или установить численные значения показателей качества (ПК) является одной из задач технологической квалиметрии. Например, рассмотрим свойство технологичности КЛД. Оно определяется следующими факторами:

- габаритными размерами в плане, глубиной детали, а также их соответствие технологическим возможностям оборудования;
- генеральной формой детали, формой ее локальных элементов и местом их расположения;
- толщиной, допустимой разнотолщинностью и местом ее расположения;
- конструктивными элементами детали (размеры, углыгиба, относительная толщина, коэффициенты вытяжки);
- точностью тех или иных поверхностей или их взаимным расположением;
- стоимостью и длительностью технологической подготовки производства;
- коэффициентом использования материала по листу или по рулону;
- параметрами технологической наследственности.

Эти факторы (при известных объемах производства) определяют выбор схемы и метода штамповки, необходимое оборудование, а, следовательно, себестоимость и трудоемкость изготовления.

Для определения комплексного квалиметрического показателя технологичности предлагается использовать следующую зависимость:

$$P^{\text{техн}} = \sum_{i=1}^n P_i,$$

где  $P_i$  – показатели технологичности по отдельным составляющим её факторов;

$n$  – количество учитываемых факторов.

Здесь не учитывается весомость каждого показателя, так как трудно определить влияние её учета на адекватность полученного результата.

В известной мере наиболее трудно определить численные значения показателя генеральной формы детали. Здесь нами предположено, что любую крупногабаритную деталь можно представить в виде оболочки определенной генеральной формы и наложенных на неё локальных элементов с поперечными размерами значительно меньших размеров генеральной формы. Все разнообразие форм можно расположить вдоль линеек шкал, соответствующих соотношению площадей, соотношению сторон и степени неплоскостности (рис. 1). Последовательность их расположения соответствует сложности формы. Влияние фактора формы полости в плане на сложность и трудоемкость штамповки достаточно сложно оценить каким-либо функционально-объективным показателем. На основании опыта штамповки сложных деталей был предложен следующий подход. Оценить форму полости матрицы отношением её площади в плане к площади вписанной окружности. Эти значения показаны на рис. 1. А затем проверить отношение этих показателей к площади круга с одинаковыми габаритными значениями с результатами опытной штамповки круглого днища средней эллиптичности, квадратной коробчатой детали и детали сложной формы. Такое отношение равно 1,0:1,48:2,42, что в первом приближении соответствует значениям, полученным по отношению площадей 1,0:1,27:(1,88...4,0). Необходимо уточнить, что это отношение получено при анализе процесса штамповки-вытяжки деталей жидкой или эластичной средой и учитывает трудоемкость изготовления оснастки. Расхождение значений объясняется неполным соответствием форм детали, но может быть уточнено с увеличением опытных статистических данных.

Подобный подход к оценке сложности штамповки можно использовать к формам деталей, расположенных вдоль других осей.

Для согласования масштаба шкал по осям используются опытно-статистические данные трудоемкости штамповки, включающие длительность формоизменения, изготовления оснастки и приспособлений, а также приведенные к нормо-часам зарплате и расходу электроэнергии.

Для суммирования показателей формы деталей содержащих все элементы сложности формы используются методы векторного анализа.

Такой подход дает возможность получения численного значения показателя технологичности сложности формы  $P_{\phi}^{\text{техн}}$ .

Влияние глубины детали на затрачиваемую для штамповки энергию, а следовательно, на показатель технологичности по глубине оценивается в работе [4]. Там сделан вывод о том, что частный показатель технологичности по потребленной для основных штампуемых форм деталей  $P_{\text{H}}^{\text{техн}}$  увеличивается пропорционально второй степени глубины детали  $H$ . С учетом стоимости изготовления оснастки он записывается в виде:

$$P_{\text{H}}^{\text{техн}} = f_1(H^2) + f_2(H^{2,5...4,0}).$$

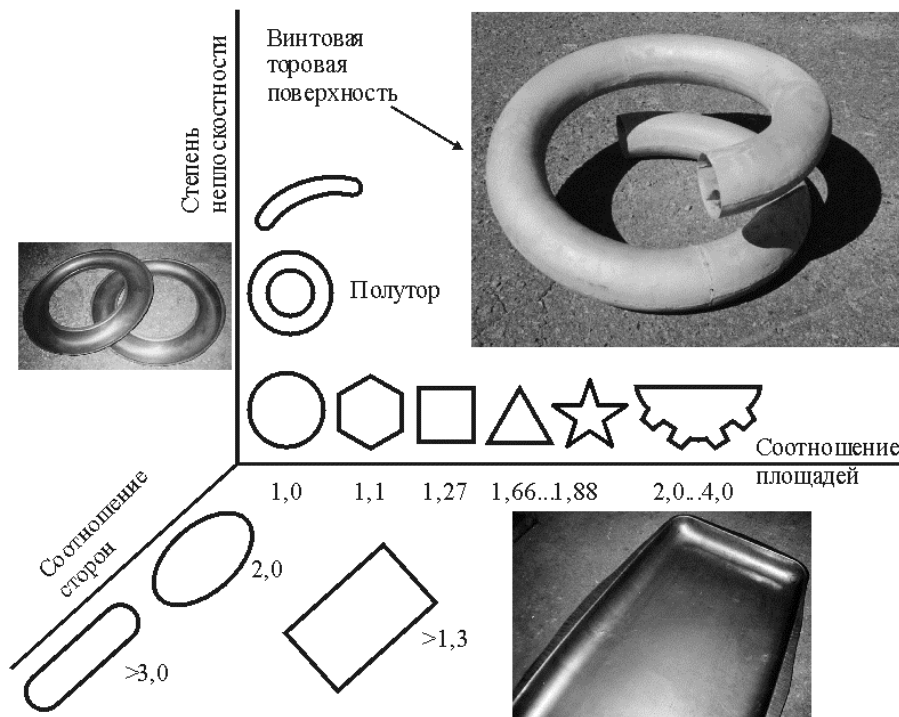


Рис. 1 – Влияние формы полости в плане на сложность процесса штамповки-вытяжки листовых деталей (цифрами показаны значения отношения площади фигуры и вписанной окружности):  
 по горизонтальной оси – круглая, многоугольная, квадратная, треугольная, полость с выпукло-вогнутыми участками, полость сложной формы;  
 по вертикальной оси – полутор, спиральный полутор;  
 по оси изометрии – эллипсы (овалы) с разным соотношением сторон, желоба

Диапазон степеней при  $H$  определяется методом изготовления оснастки.

Такая функция достаточно резко возрастает с увеличением параметра  $H$ , что позволяет сделать вывод о превалирующем влиянии глубины детали на показатель её технологичности.

Влияние величины радиусов сопряжения бортов между собой и стенки детали с бортами на соответствующий частный показатель технологичности

предлагается оценивать по сложности и количеству необходимых технологических приемов, используемых при штамповке коробчатых деталей. Количественным показателем сложности формообразования трехгранного угла в этом случае служит местный коэффициент вытяжки. Можно показать, что значения этого параметра сопоставимы со шкалой сложности технологических приемов, приведенной в работе [5]. Эти численные значения получены при штамповке коробок эластичной и жидкой средой. Частные показатели технологичности угловых локальных элементов является  $\Pi_{\text{улэ}}^{\text{техн}}$  (рис. 2).

Подобным опытно-статистическим подходом можно установить частные показатели технологичности по точности, длительности и стоимости ТПП и другим факторам, определяющим комплексный показатель технологичности при сопоставимости используемых шкал.

Вышеприведенный подход применим для оперативной оценки качества при подготовке производства (этап проектирования).

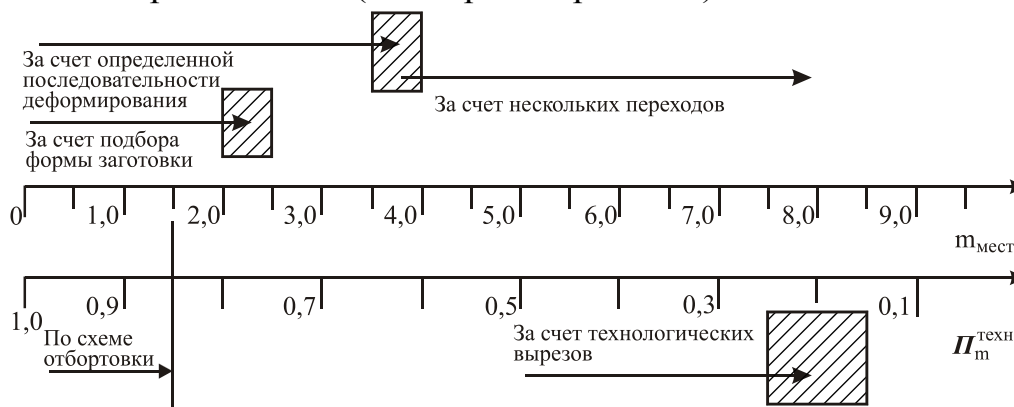


Рис. 2 – Условное совмещение шкалы местного коэффициента вытяжки в угловой зоне коробчатой детали  $m_{\text{мест}}$  и шкалы показателя технологичности по форме угла  $\Pi_{\text{техн}}$  (цифры шкалы условные)

Обобщенный показатель качества на производственном этапе устанавливается с помощью таблиц иерархической совокупности на различных уровнях  $i$ -х свойств деталей, подвергнутых той или иной обработке. Численные значения этих свойств измеренные (определенные) при контроле приводятся в относительные значения и свертываются в единый показатель. На первом этапе анализа рекомендуется пользоваться среднеарифметической функцией свертки. Пример показан в таблице.

Таблица. 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	...	–	
		Отклонение размеров	–	–	
	Качество металла	Структура	Макроструктура	–	–
			Микроструктура	–	–
		Механические свойства	Растяжение	Временное сопротивление	
				Предел текучести	
				Относительное удлинение	
				Относительное сужение	
			Ударная вязкость	Работа разрушения	
				Процент вязкой составляющей	
			Твердость	...	
				...	
		Технологическая проба	...		
			...		
		Внутренние дефекты	...	–	
			Свариваемость	–	
	Специальные свойства	Коррозионная стойкость	...		
		...	–		
	Качество поверхности	Состояние поверхности, образующей профиль	Наличие или отсутствие зазоров (+; -)		
			Неравномерность вытяжки фланца (+; -)		
Наличие «лимонной корки»			...		

Прочерки обозначают отсутствие показателя. Многоточие – условные значения

**Выводы.** Таким образом, в первом приближении, можно оценить квалиметрические показатели качества крупногабаритных листовых деталей.

**Список литературы:** 1. Найзабеков А.В. Квалиметрия в обработке металлов давлением [Электр] / А.В. Найзабеков, В.А. Талмазон, Н.Ю. Шмидт: учеб. пособие / Алматы РИК по УиМЛ, 2005.– 134 с.  
2. Ковтун І. Агроқваліметрія [Текст] / І. Ковтун, Д.І. Мазоренко, В.І. Пастухов, П.А. Джоліс.– Х.:

РВП «Оригінал», 2000.– 314 с. **3.** Бурдаков В.Д. Квалиметрия транспортных средств. Методика оценки эффективности использования [Текст] / В.Д. Бурдаков.– М.: Изд-во стандартов, 1990.–166 с. **4.** Тараненко М.Е. Инжиниринг качества (техноквалиметрии) [Текст]: учеб. пособие / М.Е. Тараненко, А.В. Романцов.– Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2008.– 129 с. **5.** Тараненко М.Е. Электрогидравлическая штамповка: теория, оборудование, техпроцессы [Текст]: монография в 2 ч. / М.Е. Тараненко. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т. ХАИ, 2011.– 272 с.

**Bibliography (transliterated):** **1.** Nayzabekov A.V. Kvalimetria v obrabotke metallov davleniem [Electr.] A.V. Nayzabekov, V.A. Talmazon, N.U. Shmidt: ucheb. posobie Almaty RIK o UiML, 2005.– 134 p. **2.** Kovtun I. Agrokvalimetria [Tekst] I. Kovtun, D.I. Mazorenko, V.I. Pastuhov, P.A. Dzholi P. – Kharkov: RVP «Oryginal», 2000.– 314 p. **3.** Burdakov V.D. Kvalimetria transportnyh sredstv. Metodika ocenki effektivnosti ispolzovania [Tekst] V.D. Burdakov.– Moscow: Izd-vo standartov, 1990. – 166 p. **4.** Taranenko M.E. Inginiring kachestva (tehnokvalimetrii) [Tekst]: ucheb. posobie M.E. Taranenko, A.V. Romancov.– Naz. aerokosmoscow un-t «KhAI», 2008. – 129 p. **5.** Taranenko M.E. Electrogidravlicheskays shtampovka: teoria, oborudovanie, tehprocessy [Tekst]: monografia v 2 ch. M.E. Taranenko. – Kharkov: Naz. aerokosmos un-t. HAI, 2011. – 272 p.

Поступила (received) 05.11.2014

УДК 621.7.044:658.512.011.56

**В. В. ТРЕТЬЯК**, канд. техн. наук, доц., НАУ «ХАИ»;

**Н. Ф. САВЧЕНКО**, канд. техн. наук, доц., ХНЭУ;

**С. А. ДИТИНЕНКО**, канд. техн. наук, доц., ХНЭУ, Харьков;

**А. В. ОНОПЧЕНКО**, мл. науч. сотр., ХАИ;

**А. Ф. ФЕДОРОВА**, инженер 1 категории, НАУ «ХАИ», Харьков

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА КЛАССИФИКАЦИИ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Представлены возможности программного комплекса классификации листовых деталей для анализа технологичности листовых деталей. Выявлены особенности использования импульсных технологий для изготовления сложных листовых деталей для аэрокосмического комплекса. Представлены общая схема использования оснастки и оборудования для импульсной технологии варианты различного нагружения заготовки импульсными источниками энергии. Предложена схема обработки информации интерактивным программным комплексом. Представлен перечень меню работы программного комплекса и даны рекомендации по его использованию.

**Ключевые слова:** интерактивный программный комплекс, импульсные технологии, объектный подход к проектированию импульсных технологий

**Введение.** В конструкциях современных летательных аппаратов сложные листовые детали составляют наиболее многочисленную группу в общей номенклатуре изделия.

Например, в авиационных двигателях такие детали используются в узлах компрессора, камеры сгорания и соплового аппарата.

Технологические процессы изготовления указанной группы деталей, применяемые в настоящее время на производстве, относятся к одним из наиболее сложных и трудоемких процессов.