

УДК 669.056

***Р. Р. Бекмансуров***

Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

*graimys@yandex.ru*

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук *В. Г. Бурдуковский*

## **ПРИМЕНЕНИЕ КВАЛИМЕТРИИ К ОЦЕНКЕ ШТАМПУЕМОСТИ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

### **АННОТАЦИЯ**

Рассмотрено понятие штампуемости и предоставлена информация по применению научной дисциплины квалиметрии для оценки штампуемости материала.

*Ключевые слова:* листовые материалы, штампуемость, квалиметрия.

### **ABSTRACT**

The concept of formability and information on qualimetry are considered to assess material formability.

*Key words:* sheet material, formability, qualimetry.

Изготовление деталей из листовых материалов методами обработки металлов давлением связано, в первую очередь, с допустимым формоизменением материала. Допустимое формоизменение является функцией многих переменных, в числе которых одной из существенных является штампуемость – способность деформироваться при формоизменяющих операциях листовой штамповки без разрушения.

В таком определении штампуемости есть некоторая неопределенность, связанная с тем, что схемы напряжённого и деформированного состояний при различных формоизменяющих операциях листовой штамповки различны, отсюда и различны условия возникновения разрушений металла. Один и тот же материал может хорошо штамповаться (допускать значительное формоизменение) при одной операции, а при другой может показать худшую штампуемость. Это затрудняет отыскание единых показателей (критериев) штампуемости, позволяющих по данным испытания материала с достаточной определённостью судить о возможном поведении материала во всех операциях листовой штамповки.

На практике штампуемость оценивается путём целого ряда испытаний материала. Среди которых имеются стандартные испытания листовых образцов на растяжение и различного вида технологические пробы [1]. Таким образом, штампуемость выступает как некоторый

комплексный показатель способности листового материала к формоизменению, который характеризуется множеством самых различных свойств.

Процедуру поиска и принятие эффективных решений в рамках проблемы оценки штампуемости материала можно существенно формализовать, если помимо применяемых технических средств, применить методологию научной дисциплины – квалиметрии [2].

С позиций положений квалиметрии множество свойств  $S$ , обуславливающих уровень качества (штампуемости) того или иного листового материала  $K(S)$ , можно представить совокупностью подмножеств, связанных условием

$$S = S_i^m \cup S_j^k \cup S_l^q \cup S_c^d, \quad (1)$$

где, например,  $S_i^m$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) – свойства, определяющие прочностные характеристики материала;  $S_j^k$  – свойства, определяющие его пластические характеристики;  $S_l^q$  – свойства, определяющие состояние инструмента и т. д. Предполагая существование некоторого функционала, описывающего штампуемость объекта исследования, получим

$$K(S) = \Phi[K_m(S_i^m), \dots, K_c(S_c^d), t], \quad (2)$$

где  $K_m(S_i^m)$ , как и другие переменные в (2),  $\Phi$  – фактор качества – характеристика, влияющая на штампуемость, а  $t$  – текущее время.

С учётом иерархии показателей качества искомый интегральный показатель штампуемости можно определить операцией суммирования комплексных показателей по формуле

$$\text{Ш} = K(S) = \omega(r_{ij}) \times \sum_{j=1}^q \beta_{ij} \times k_{ij}, \quad (3)$$

где  $\omega$  – функция, значение которой равно нулю, если хотя бы один из показателей единичных натуральных значений свойств  $r_{ij}$  находится на неприемлемом уровне, и равен единице в остальных случаях;  $k_{ij} = F(R_{ij})$  – комплексные показатели сложных нормированных свойств  $R_{ij}$ ;  $\beta_{ij}$  коэффициенты весомости.

Таким образом, стратегия оценки штампуемости, как и оценки любого качества, будет включать следующие последовательные этапы:

1) выявление представительного множества показателей простых свойств. Такими показателями при оценке штампуемости могут выступать:  $\sigma_B$  – временное сопротивление разрыву;  $\sigma_{0,2}$  – условный предел текучести;  $\delta$  – относительное удлинение при разрыве;  $n$  – показатель деформационного упрочнения;  $R$  – коэффициент нормальной пластической анизотропии и др.

2) вычисление нормированных оценок  $R_{ij} = F_1(r_{ij})$ ;

3) количественная оценка интегрального показателя штампуемости

$$\text{Ш} = F_2(R_{ij}).$$

При этом множество значений единичного показателя  $r_{ij}$  можно рассматривать как банк данных, накапливаемых в течение функционирования процесса штамповки листового материала и предназначенных при разработке новых или усовершенствовании действующих технологических процессов.

Перевод натуральных значений свойств  $r_{ij}$  в нормированный вид  $R_{ij}$  можно осуществить с помощью модификации известной в планировании оптимального эксперимента функции желательности Харрингтона, представляющей интерпретацию двойного показательного закона математической статистики [3]

$$R_{ij} = \exp\{-\exp[-y \times (r_{ij}, R_{ij})]\}. \quad (4)$$

Желательно при этом выборку результатов испытаний сформировать так, чтобы параметр  $R_{ij}$  варьировался, как минимум на трёх уровнях, а в качестве базисной можно взять, например, показательную функцию нормирования.

Проведя испытания листовых материалов и определив штампуемость их по предлагаемой методике можно выбрать наиболее качественный для данных условий производства материал, наилучшим образом соответствующий допустимому формоизменению [4], дополнительно проводится математическое моделирование конкретного процесса штамповки [5; 6]. Это позволит сократить на производстве брак и повысить производительность труда, тем самым снизить себестоимость продукции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. О показателях штампуемости автомобильной стали / В. А. Иводитов, М. М. Перкас, А. Е. Шелест, В. Е. Юсупов // *Металлы*. – 2007. – № 4. – С. 54–61.
2. Мигачёв Б. А. Принципы квалиметрии в технологических и конструкторских разработках / Б. А. Мигачев. – Препринт. – Свердловск: УрО АН СССР, 1988. – 52 с.
3. Смирнов Н. В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений / Н. В. Смирнов, И. В. Дунин-Барковский. – М.: Наука, 1976. – 511 с.
4. Ершов А. А. Изучение с помощью программы РАМ-СТАМР влияния состояния поставки материала на формуемость при штамповке / А. А. Ершов, Ю. Н. Логинов // *Металлург*. – 2014. – № 3. – С. 38–41.
5. Логинов Ю. Н. Моделирование деформированного состояния круглой пластины при вытяжке / Ю. Н. Логинов, Б. И. Каменецкий, Г. И. Студенок // *Известия высших учебных заведений. Серия «Черная металлургия»*. – 2006. – № 3. – С. 26–28.

6. Ершов А. А. Оптимизация начальной формы заготовки в РАМ-СТАМП 2G. / А. А. Ершов, В. В. Котов, Ю. Н. Логинов // *Металлург.* – 2012. – № 4. – С. 32–35.