

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КОМПЛЕКСНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАГРУЖАЕМЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЫСТРЕЛОВ

Н.П. АГЕЕВ, Е.В. ЗАТЕРУХА

*Балтийский государственный технический университет
198005, Санкт-Петербург, 1-я Красноармейская ул. д.1,
(812)251-84-57, e-mail bgtu_e4@mail.ru*

Надежное функционирование металлических элементов выстрелов возможно лишь в том случае, если их материалы обладают требуемыми по условиям эксплуатации механическими свойствами.

Следовательно, для технологического обеспечения эксплуатационных свойств прогнозирование характеристик механических свойств на различных стадиях технологических процессов изготовления деталей является весьма важной задачей и требует создания достоверных математических моделей процессов формирования этих свойств с учетом влияния основных конструктивно-технологических параметров изготавливаемых деталей, способов изготовления и режимов обработки.

Для изготовления металлических элементов выстрелов типа гильз, пульных оболочек и др. применяют комплексные технологические процессы, основанные на применении различных методов обработки (процессов холодной обработки давлением, термообработки, химической обработки, механической обработки и др.).

Типовая структура применяемого процесса предполагает выделение этапов, технологических циклов, операций и переходов [1]. За этап принимается законченная часть технологического процесса по получению заготовок или ее конструктивных элементов характерной формы определенным методом и способом обработки. За технологический цикл принимается совокупность двух последовательно выполняемых технологических операций: штамповочной и термической. За переход принимается законченная часть штамповочной операции, например, вытяжка через одну или несколько матриц.

На этом основании модель комплексного технологического процесса формирования механических свойств должна иметь аналогичную иерархическую структуру, состоящую из нескольких уровней.

Целесообразно выделить четыре уровня: первый, низший уровень – переход, второй – операция, третий – технологический цикл и четвертый – уровень технологического процесса.

При разработке математических моделей принимаем следующие постулируемые положения:

1. Комплексный, по структуре линейно – циклический технологический процесс изготовления детали есть закономерная, управляемая, последовательная смена разнородных физических явлений, вызванных реализацией в процессе взаимодействия обработанной заготовки и технологической среды двух основных форм технологического движения: деформационной в процессах штамповки и термической в процессах термообработки.

Тогда в соответствии с законом сохранения энергии, изменение внутренней энергии dU будет представлено в следующем виде:

$$dU = \sum_{i=1}^2 dQ_i = dA_{y\partial} - dQ_T, \quad (1)$$

где dQ_i - обобщенная удельная работа; $dA_{y\partial} = \sigma_i(\varepsilon_i)d\varepsilon_i$ - удельная механическая работа пластической деформации; $dQ_T = T(dS_T - dS_\partial)$ - составляющая термической энергии.

2. Накопление количественных изменений обобщенной работы приводит к определенным качественным и количественным изменениям структуры и свойств обрабатываемого материала, вызывающим его переход через предельные (необратимые) состояния. Энергетическое условие перехода:

$$Q_{i\Sigma} \geq Q_k; \quad (2)$$

$$Q_{i\Sigma} = \sum_{j=1}^{N_{з.ц.}} (A_{y\partial} - Q_T)_j,$$

где $N_{з.ц.}$ – количество завершенных циклов.

3. Основными физико-механическими характеристиками технологического процесса являются удельная работа $A_{уд}$, интенсивность ε_i и степень деформации e_i , интенсивность напряженного состояния σ_i , коэффициенты использования ресурса пластичности ω_i , относительный модуль пластичности E_{σ_i} , а также характеристики механических свойств ($\sigma_{0,2}$, σ_B , ε_{ip} , ε_{iy})

4. Каждая из характеристик технологического процесса и изготавливаемого изделия на любой стадии процесса определяется как сумма систематической $C_{Tjд}(x,y,z)$ и случайной $C_{Tjс}$ составляющих:

$$C_{Tj}(x, y, z) = C_{Tjд}(x, y, z) + C_{Tjс}(x, y, z). \quad (3)$$

5. В пределах технологического и "жизненного" циклов изделия в целом проявляется технологическое наследование свойств металла изделия.

На уровнях штамповочных переходов и операции основным эффектом процессов является деформационное упрочнение металла и соответствующее изменение его механических свойств.

Основными технологическими факторами, влияющими на формирование механических свойств на уровнях переходов и операций являются: вид процесса и схема НДС, величина накопленной эффективной деформации, условия деформации (температура, скорость процесса, условия монотонности процесса и др.). При применении процессов холодной штамповки наиболее существенно влияет накопленная эффективная степень деформации.

$$e_{i\sigma}^j = \sum_{m=li}^{n_{on}} \sum_{k=1}^{n_n} \sum_{l=1}^{n_{cm}} e_i^j, \quad (4)$$

где k, i, m – количество стадий процесса, переходов, операций.

Интенсивность скорости деформации ε_i в процессах холодной деформации влияет несущественно.

На уровне завершенных технологических циклов накопленная эффективная деформация определяется с учетом разупрочняющего влияния термической обработки

$$e_{i\sigma}^j = \sum_{i=1}^N e_{ii}^j \prod (1 - k_{Ti}^j)^{\frac{1}{1+n}}, \quad (5)$$

где $N = N_{zu} + N_{nu}$; k_{Ti} - коэффициент эффективности термообработки, определяемый при постановке активного планируемого эксперимента; n - характеристика упрочняемости материала при пластической деформации.

При этом на уровнях операций и технологических циклов модели формирования механических свойств характеризуются зависимостями

$$M_i^j = f(e_{i\sigma}^j),$$

где M_i^j - характеристика механических свойств в расчетном сечении j .

На уровне ТП учитывается влияние всех реализованных завершенных и незавершенных технологических циклов.

Обобщенная модель формирования механических свойств при реализации в технологическом процессе, смешанных циклов обработки (упрочняющих и разупрочняющих) может быть представлена в следующем виде:

$$Mn = \sum_{i=1}^N M_i^t - (N_p - 1)M_0 - \sum_{i=1}^{N_y} M_i^d$$

где $N = N_p + N_y$ - общее количество циклов обработки, в том числе упрочняющие (N_y) и разупрочняющие (N_p); $M_i^t = M_i^t(e_{i\Sigma}, t_i, \tau_i)$ - многофакторная цикловая модель, учитывающая накопленную степень деформации, режим термообработки; $M_i^d = M_i^d(e_{i\Sigma})$ - однофакторная цикловая модель, учитывающая влияние только степени деформации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агеев Н.П., Данилин Г.А. Огородников В.П. Технология производства патронов стрелкового оружия. Ч.1. Технологические основы проектирования патронов: учебник/Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2005. 352 с.

НАНЕСЕНИЕ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ МЕТОДОМ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ЛИТЬЯ

Е.А. АНТОНОВА

*ФГУП «Научно исследовательский институт
полимерных материалов»*

614113, Пермь, Чистопольская ул. д.16,

т(342)282-77-83, факс(342)283-68-87, E-mail: niipm@pi.ccl.ru

Большинство изготавливаемых зарядов из баллистического твёрдого топлива частично покрываются теплостойкими полимерными материалами. Бронирование поверхностей зарядов необходимо с целью обеспечения постоянства скорости горения и требуемого закона газообразования при горении заряда в составе ракетного двигателя твёрдого топлива.

В статье предложено нанесение теплостойкого полимерного материала на основе олигоэфиракрилата методом центробежного литья, который заключается в заполнении формы составом под действием центробежной силы. Также представлено описание метода бронирования и перечня технологических операций, приведены зависимости технологических параметров: скорости вращения центрифуги и объёмный расход бронирующей массы

В работе показано, что предложенный метод обеспечивает адгезионную прочность скрепления бронирующего покрытия с поверхностью шашки, мало изменяющуюся по длине заряда. А так же, в связи с улучшением заполняемости форм бронирующим составом под действием центробежных сил, повышает плотность бронирующего покрытия вследствие устранения усадочных пор, раковин и воздушных включений.