

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ
ИЗ ФТОРОПЛАСТОВ ОБЪЕМНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ
И ОЦЕНКА ИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Чуприкова А.А.*, Завражин Д.О., Баронин Г.С.

Тамбовский государственный технический университет

***chuprikova-anastasia21@yandex.ru**

В работе исследованы технологические режимы изготовления радиотехнических изоляторов из фторопластов, проведена оценка качества и шероховатости поверхности изделия, его теплостойкости в зависимости от степени обжатия заготовок. Разработан технологический регламент получения изделий.

Ключевые слова: объемная штамповка, фторопласт, экструзионное отношение.

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL REGULATIONS FOR OBTAINING
PRODUCTS FROM FLUOROPLASTS BY VOLUME PLASTIC DEFORMATION
AND EVALUATION OF THEIR TECHNICAL CHARACTERISTICS**

Chuprikova A.A., Zavrazhin D.O., Baronin G.S.

Tambov State Technical University

In this paper, the technological modes of manufacturing radio engineering insulators from fluoroplastics are investigated, the quality and roughness of the surface of the product, its heat resistance, depending on the degree of workpiece reduction, are assessed. Technological regulations for obtaining products have been developed.

Keywords: forging, fluoroplast, extrusion ratio.

Введение

Экспериментальные исследования методов объемной штамповки термопластов показали, что математические модели, описывающие отдельные стадии процесса с высокой точностью, не позволяют определить режимы формования реальных изделий. Процессы, происходящие при объемной штамповке, можно разделить на следующие: осадка заготовки, выдавливание (затекание) в зазоры пресс-формы, осесимметричное сжатие при выдержке под давлением. Таким образом, при объемной штамповке реализуются различные схемы деформирования материала [1–3].

Установлено, что для осадки заготовки давление не превышает 50 МПа/мм². Значительное увеличение давления формования происходит при затекании материала в зазоры, возникновении местных сопротивлений, использовании сложносоставных пресс-форм с наличием резких переходов и т. п. Давление формования значительно зависит и от пластических свойств материала. Предельные значения давления формования наблюдаются на стадии выдержки и охлаждения изделия в форме. При этом протекают сложные физико-химические процессы в полимере, обеспечивающие высокие физико-механические показатели и размерную точность изделия. Применение чрезмерно высоких давлений при штамповке полимеров в твердой фазе нежелательно, поскольку оно приводит к образованию в изделии значительных внутренних остаточных напряжений и растрескиванию [4, 5].

Изделия из фторопласта обладают высокой размерной точностью и низкой технологической усадкой, что является одним из важнейших критериев качества и работоспособности. Эти показатели напрямую зависят от скорости релаксации полимера при формовании.

В работе [6] исследованы режимы выдавливания образцов фторопласта через фильеры с разными диаметрами. Отмечено, что с повышением степени обжатия наблюдаются значительные колебания давления во времени, вследствие чего по цилиндрической поверхности экструдата распространяются вин-

товые образования, характерные при неустойчивости течения. Повышение степени обжатия приводит к разрушению образца (рис. 1, 2).

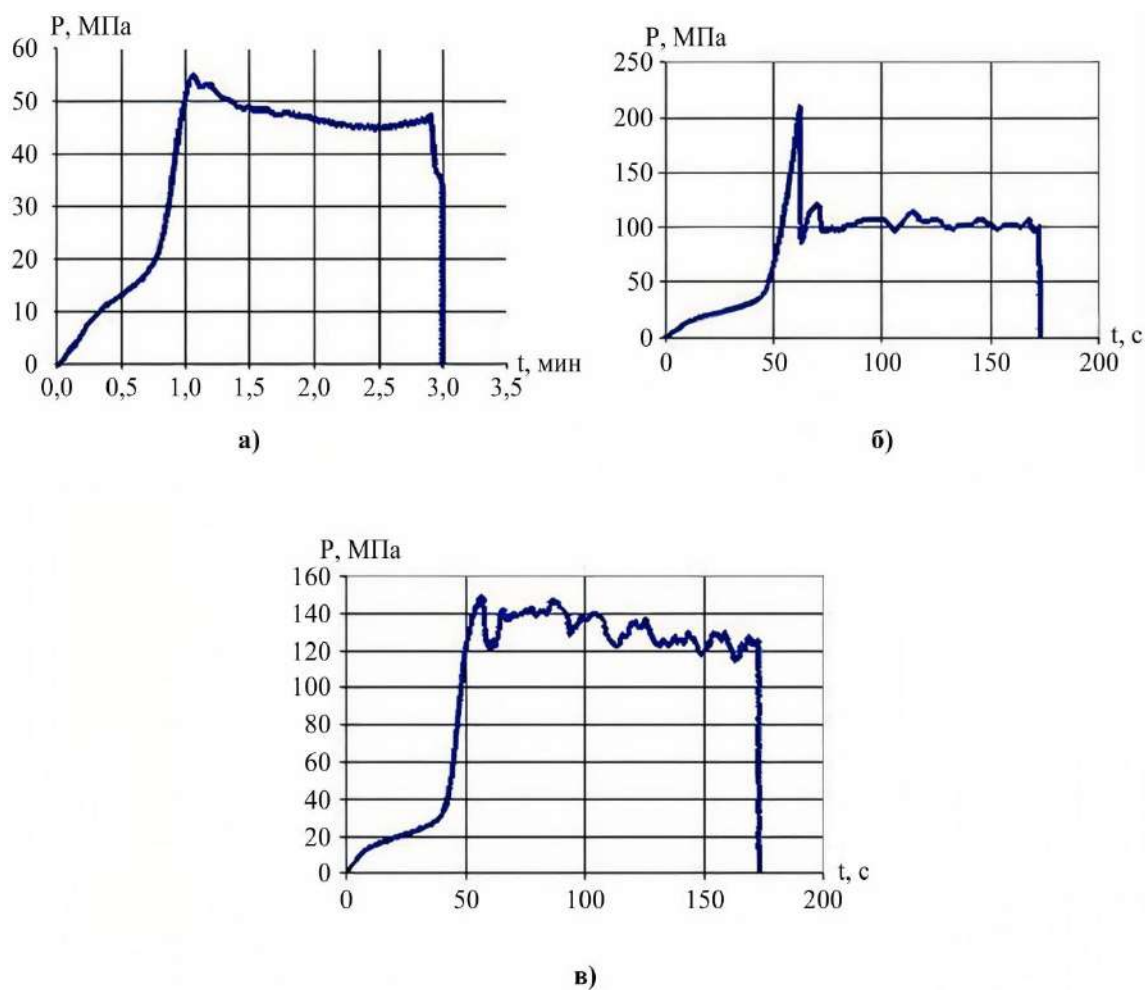


Рис. 1. Зависимость давления экструзии от времени образцов фторопласта-4 при экструзионном отношении $\lambda_{\text{экс}}=1,73$; $d_{\text{фил}}=3,8$ мм (а); $\lambda_{\text{экс}}=4$; $d_{\text{фил}}=2,5$ мм (б); $\lambda_{\text{экс}}=5,17$; $d_{\text{фил}}=2,2$ мм (в)



Рис. 2. Фото экструдатов фторопласта-4 при различных степенях обжатия: 1 – $d_{\text{фил}}=2,2$ мм; $\lambda_{\text{экс}}=5,17$; 2 – $d_{\text{фил}}=2,5$ мм; $\lambda_{\text{экс}}=4$; 3 – $d_{\text{фил}}=3,8$ мм; $\lambda_{\text{экс}}=1,73$; 4 – исходный образец. Температура испытаний $T=295$ К

Данный эффект объясняется следующим фактором: неустойчивость течения возникает при определенных условиях, в том случае, когда вязкоупругая среда становится твердообразной и вызывает нерегулярное накопление и сброс упругих деформаций. Указанные выводы нашли подтверждение в теоретических работах [7–9], в которых представлена неизотермическая математическая модель процесса

твердофазной плунжерной экструзии вязкого структурированного материала. Полученные результаты необходимо учитывать при разработке технологического регламента получения изделий методами пластической деформации.

Эксперимент

На основании приведенных выше рекомендаций разработаны режимы объемной штамповки фторопластов, обеспечивающие реализацию структурной релаксации полимера в полном объеме. Данное утверждение основано на полученных результатах реализованных процессов, в результате которых технологическая усадка изделий из фторопласта не превышает 0,3 %, что позволяет получать изделия из фторопласта с высокой размерной точностью.

При конструировании пресс-форм для объемной штамповки необходимо учитывать основные практические рекомендации: следует сократить до минимума число плоскостей разреза, стремиться реализовать схему двухстороннего сжатия с плавающей матрицей, обеспечить зазор в сопряжении пуансона с матрицей не более $\varnothing H8/h8$ так, чтобы исключить затекание в него материала под давлением. Пресс-форма должна быть закрытого типа, т. е. обеспечивать равномерное распределение нагрузки по всей площади поверхности заготовки. Последнее требование накладывает жесткие допуски на размеры заготовки с учетом её сжимаемости под действием давления штампования [2, 10, 11].

Опыт показывает, что заготовка по форме должна приближаться к форме изделия. Главный диаметральный размер её, как правило, на 25–30 % меньше соответствующего размера изделия, что обеспечивает пластическое течение материала при объемной штамповке. Объем заготовки должен быть на 5–10 % больше объема изделия для учета сжимаемости и уплотнения материала. В данной работе предлагается получать полимерные изоляторы из фторопласта-4 методами твердофазной объемной штамповки. Основной принцип данной технологии заключается в формовании изделия из заготовки в твердом агрегатном состоянии в закрытой пресс-форме за счет воздействия высокого давления. Получаемые таким способом изделия отличаются улучшенными эксплуатационными показателями и обладают рядом преимуществ перед изделиями, полученными традиционными технологиями [12].

Оценка эффективности объемной штамповки проводилась на образцах трех диаметров: 18, 22 и 24 мм. Диаметр готового изделия составляет 28 мм. Технологические параметры процесса формования соблюдались для каждой заготовки. Предварительная оценка проводилась визуально, оценивалось качество поверхности: наплывы, трещины, раковины и т. д. (рис. 3, 4).

Оценка шероховатости поверхности образцов изделий, полученных из заготовок диаметром 22 и 24 мм проводилась на бесконтактном оптическом профилометре Veeco NT 9080, результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Среднеквадратическая шероховатость поверхности, R_q

| | | Образец | Значение |
|--|---------|---------|----------|
| Заготовка, полученная механической обработкой без шлифования | | Ф-4 | 22,05 |
| | | Ф4С15 | 8,88 |
| Изолятор | Ø 22 мм | Ф4 | 7,16 |
| | | Ф4С15 | 3,29 |
| | Ø 24 мм | Ф4 | 7,24 |
| | | Ф4С15 | 5,16 |

Примечание: погрешность экспериментальных результатов составляет менее 4 %.

Результаты и их обсуждение

Рекомендации по конструированию пресс-форм для объемной твердофазной штамповки фторопласта-4 и подбора размера и формы заготовки учитывались при разработке временного технологического регламента (технологической карты) изготовления изделий из фторопласта и организации опытного участка изготовления реальных изделий радиотехнического назначения (рис. 5).

Форма изолятора осложнена наличием внутреннего шестигранного отверстия для установки металлической вставки – крепления. Кроме того, область крепления имеет меньший наружный диаметр.

Рассматривая технологию изготовления предлагаемого изолятора механической обработкой можно выделить ряд отрицательных факторов, основные из которых это значительные трудозатраты и количество отходов.



Рис. 5. Технологический регламент получения опорного изолятора объемной штамповкой

Для изготовления изолятора на токарно-фрезерных станках понадобится заготовка, минимальным диаметром 30 мм. Особые сложности вызовет изготовление шестигранного отверстия по центру. Его можно изготовить протяжкой, либо на долбежном станке.

Для изготовления опорного изолятора из фторопласта была спроектирована пресс-форма (с учетом основных рекомендаций), разработана 3D-модель процесса (рис. 6).



Рис. 6. 3D-модель процесса изготовления опорного изолятора

На рис. 3 видно, что изделия, полученные из заготовок диаметром 18 мм. имеют значительное нарушение структуры поверхности. Все изделия, полученные из заготовок диаметром 22 и 24 мм (рис. 4) имели четкие контуры и высокое качество поверхности. Бракованных изделий выявлено не было.



Рис. 3. Фотография заготовок (слева) и изделий из заготовок диаметром 18 мм (справа).



Рис. 4. Фотография изделий заготовок диаметром 22 мм (слева) и изделий заготовок диаметром 24 мм (справа)

Анализ экспериментальных данных (см. табл. 1) позволяет сделать вывод, что показатель средне-квадратической шероховатости поверхности полученных методом объемной штамповки изделий снижается в 2,5-3,0 раза в сравнении с механической обработкой на токарном станке. Высокая чистота поверхности изолятора значительно увеличивает ресурс его работы, повышает надежность электрооборудования и значительно сокращает расходы на его обслуживание. На такой поверхности будут меньше образовываться загрязнения, которые часто приводят к его пробую и потере работоспособности.

Важным параметром работоспособности изделий, полученных обработкой давлением в твердой фазе, является температура теплостойкости – предельная температура работоспособности изделия. Определение температуры теплостойкости проводится методом построения диаграмм изометрического нагрева [12]. Экспериментальные данные были статистически обработаны и сведены в табл. 2.

Таблица 2

Температура теплостойкости изоляторов, полученных объемной штамповкой

| | | Образец | Значение, °С |
|----------|---------|---------|--------------|
| Изолятор | Ø 22 мм | Ф4 | 260 |
| | | Ф4 С15 | 305 |
| | Ø 24 мм | Ф4 | 286 |
| | | Ф4 С15 | 294 |

*Погрешность экспериментальных результатов составляет менее 5 %.

Полученные данные (табл. 2) подтверждают, что при использовании заготовок диаметром 22 мм формируются наилучшие эксплуатационные свойства материала представленного изделия.

Выводы

На основе анализа полученных экспериментальных данных было выбрано наилучшее отношение диаметра заготовки к диаметру изделия, которое, в данном случае, должно составлять 0,786. Показано улучшение эксплуатационных характеристик материала изделия и улучшение качества его поверхности в сравнении с механической обработкой проката. Технологический процесс получения изоляторов из фторопласта-4 методом твердофазной объемной штамповки характеризуется значительным снижением трудо- и энергозатрат, повышенной производительностью и практически полным отсутствием отходов [12]. Возможна организация производства заготовок заданной формы из порошка фторопласта вместо получения их механической обработкой, что сделает предлагаемую технологию полностью безотходной. В связи с этим возможно прогнозировать получение значительного экономического эффекта от внедрения представленных в статье разработок в производство.

Библиография

1. Баронин Г.С., Кербер М.Л., Минкин Е.В., Радько Ю.М. Переработка полимеров в твердой фазе. Физико-химические основы: монография. М.: Машиностроение-1, 2002. 320 с.
2. Баронин Г.С., Радько Ю.М. Объемная штамповка деталей из термопластов для машиностроения // Процессы и аппараты производства полимерных материалов, методы и оборудование для переработки их в изделия: тез. докл. науч.-техн. конф. М., 1986. Т. 2. С. 39–40.
3. Патент РФ № 2446188 С2. Способ подготовки заготовок из полимерных композиционных материалов для обработки давлением в твердой фазе / Баронин Г.С., Дмитриев В.М., Завражин Д.О., Кобзев Д.Е., Комбарова П.В., Ткачев А.Г. Оpubл. 27.03.2012. Заявка № 2010108492/05 от 09.03.2010.
4. Горяинова А.В., Божков Г.К., Тихонова М.С. Фторопласты в машиностроении. М.: Машиностроение, 1972. 185 с.
5. Чегодаев Д.Д., Наумова З.К., Дунаевская Ц.С. Фторопласты. Л.: Госхимиздат, 1960. 192 с.
6. Пугачев Д.В. Влияние структурных и реологических факторов на кинетику процессов твердофазной обработки термостойких полимерных материалов: дисс... канд. техн. наук. Тамбов, 2010. 155 с.
7. Стельмах Л.С., Столин А.М. Математическое моделирование СВС-экструзии. Ч.2. Реодинамические модели // Инженерно-физический журнал. 1993. Т. 64, № 3. С. 90–94.
8. Стельмах Л.С., Столин А.М., Хусид Б.М. Реодинамика выдавливания вязких сжимаемых материалов // Инженерно-физический журнал. 1991. Т. 61, № 2. С. 268–276.
9. Стельмах Л.С., Столин А.М., Баронин Г.С. Математическое моделирование твердофазной экструзии композиционных материалов // Перспективные материалы. Специальный выпуск 2008. Ч. 2, № 6. С. 279–284.
10. Баронин Г.С., Радько Ю.М., Воробьев Ю.В. Объемная штамповка изделий из фторопластов для машиностроения // Современные методы синтеза машин-автоматов и их систем: тез. докл. Всесоюз. совещ. Тамбов, 1981. С. 173.
11. Баронин Г.С., Артемова Т.Г., Радько Ю.М., Воробьев Ю.В. Переработка фторопластов в твердом агрегатном состоянии // Тамбов. ин-т хим. машиностроения. Тамбов, 1982. 1 с. Деп. в ОНИИТЭХИМ (Черкассы) № 47хп-Д82.
12. Белошенко В.А., Варюхин В.Н., Спусканюк В.З. Теория и практика гидроэкструзии. Киев: Наукова думка, 2007. 248 с.