

О совершенствовании процессов изготовления изделий сложной формы

Говорится о повышении качества изготовления изделий сложной формы из полимерных композиционных материалов, о возможности применения модели превосходства на этапе планирования и формирования качества. Приводятся экспериментальные данные, подтверждающие эффективность используемых методик

Р

Б.В. Бойцов

заведующий кафедрой Московского авиационного института (МАИ), первый вице-президент Академии проблем качества, Москва, д-р техн. наук, профессор

Ю.Ю. Комаров

профессор МАИ, академик Академии проблем качества, Москва, komarov@mai.ru, канд. техн. наук

ассматриваемый авторами класс изделий характеризуется сложными формами (поверхности вращения: цилиндр, конус, тор, параболоид, эллипсоид, сфера), значительными габаритными размерами (метр и более). Именно эти характеристики объясняют высокую себестоимость и трудоемкость производства, а также особенности технологических процессов. Например, из-за ограниченного времени жизни связующего используются связующие не холодного отверждения, а горячего, работающие по реакции поликонденсации молекул.

Обычно технологический процесс формообразования изделия включает в себя следующие операции: подготовка оправки к выклейке стеклотканью, пропитанной связующим; изготовления цулаги из стеклопластика; изготовление эластичной диафрагмы; подготовка системы вакуумирования изделия; приготовление связующего

и клея холодного отверждения; приготовление препрегов; выклейка корпуса и ребер жесткости; намотка фланца; отверждение сформированного изделия; разборка после отверждения.

Анализ причинно-следственных факторов, выполненный на начальном этапе, позволяет определить главные направления экономии на каждой операции технологического процесса. Для полноценного анализа причинно-следственных факторов составляется укрупненная схема процесса, порядок создания и анализ которой позволит выявить источники проблем (см. рис. 1).

Из анализа блок-схемы можно заключить, что процесс формообразования содержит девять направлений потенциальной экономии или «главного удара»: операция отжига ткани; подготовка связующего; предварительный раскрой; раскрой препрега; получение препрега; начало/повторное; подготовка оправки и цулаги; подготовка вакуумной системы; подготовка сушильного шкафа; образование фланца; подготовка намоточной машины; намотка; отверждение; сдача изделия.

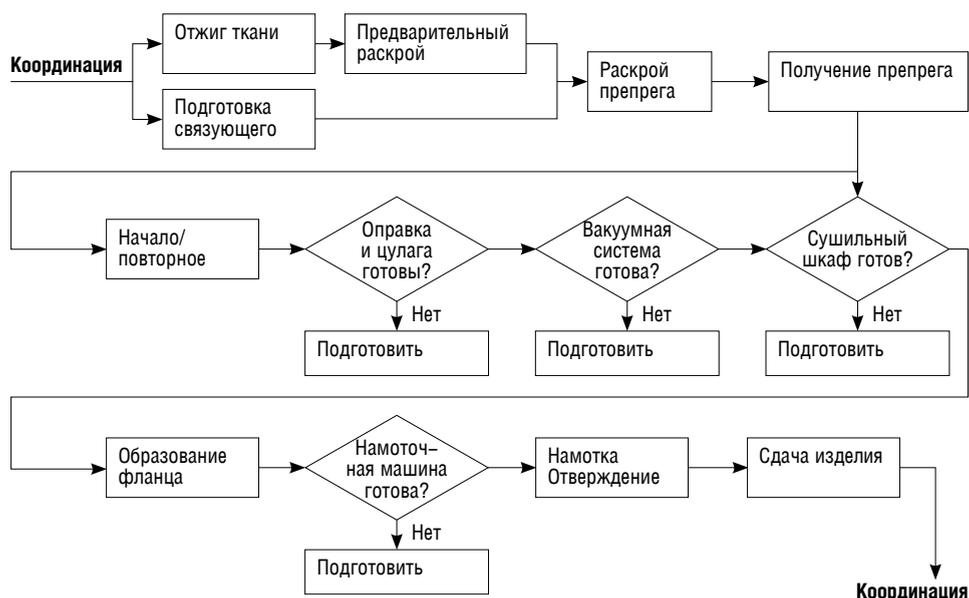


Рис. 1. Блок-схема процесса формообразования

Ключевые слова

полимерные композиционные материалы, формирование качества, технологический процесс, совершенствование, причинно-следственные факторы

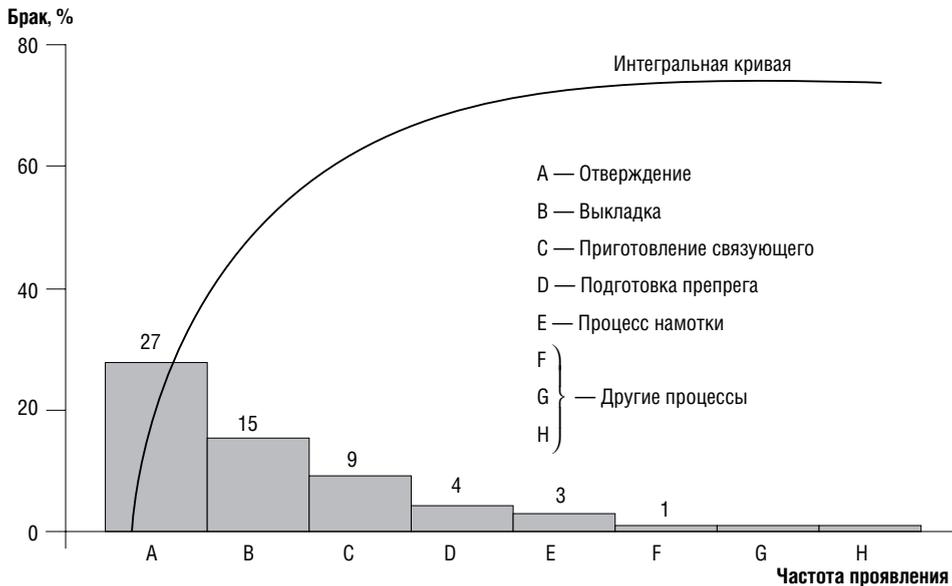


Рис. 2. Анализ Парето (Лоренца) частоты проявления брака по операциям

товка вакуумной системы; подготовка сушильного шкафа; подготовка намоточной машины; операция намотки.

Для выявления приоритетного (в количественном выражении) направления в рамках программы повышения качества был использован принцип Парето (см. таблицу). Из диаграммы Парето (рис. 2) можно заключить, что работа по сокращению затрат на операциях выкладки, приготовления связующего и препрега дает наибольшие предпосылки для последующего снижения брака, а следовательно, наибольшие возможности для экономии по всему процессу.

Операция отверждения в процентном отношении имеет самые высокие затраты на брак, хотя на последнем этапе процесса этот показатель уже не главный. Общая выгода, которую можно получить при сокращении затрат, значительно меньше, чем на начальных

операциях по связующему, препрегу и выкладке. Иными словами, эти три операции должны стать первыми направлениями деятельности по улучшению качества.

Объективные причинно-следственные факторы, влияющие на качество технологического процесса, были определены при построении причинно-следственной диаграммы «рыбий скелет» (рис. 3).

Для составления причинно-следственной диаграммы использовались следующие положения:

- ▶ в опросе участвовали пять инженеров, знакомых с технологией полимерных композиционных материалов (ПКМ);
- ▶ проблемы, подлежащие решению, не подвергались глубокой конкретизации;
- ▶ были записаны мысли (как правило, самые верные), которые возникли в течение первых пяти минут;

Таблица

Количественное соотношение затрат по факторам

Факторы	Затраты на брак, ед.	Производственные затраты, ед.	Затраты на брак. Производственные затраты, %
Препрег	24	576	3
Связующее	13	484	5
Выкладка	44	884	6
Отверждение	40	394	12
Намотка	6	542	1

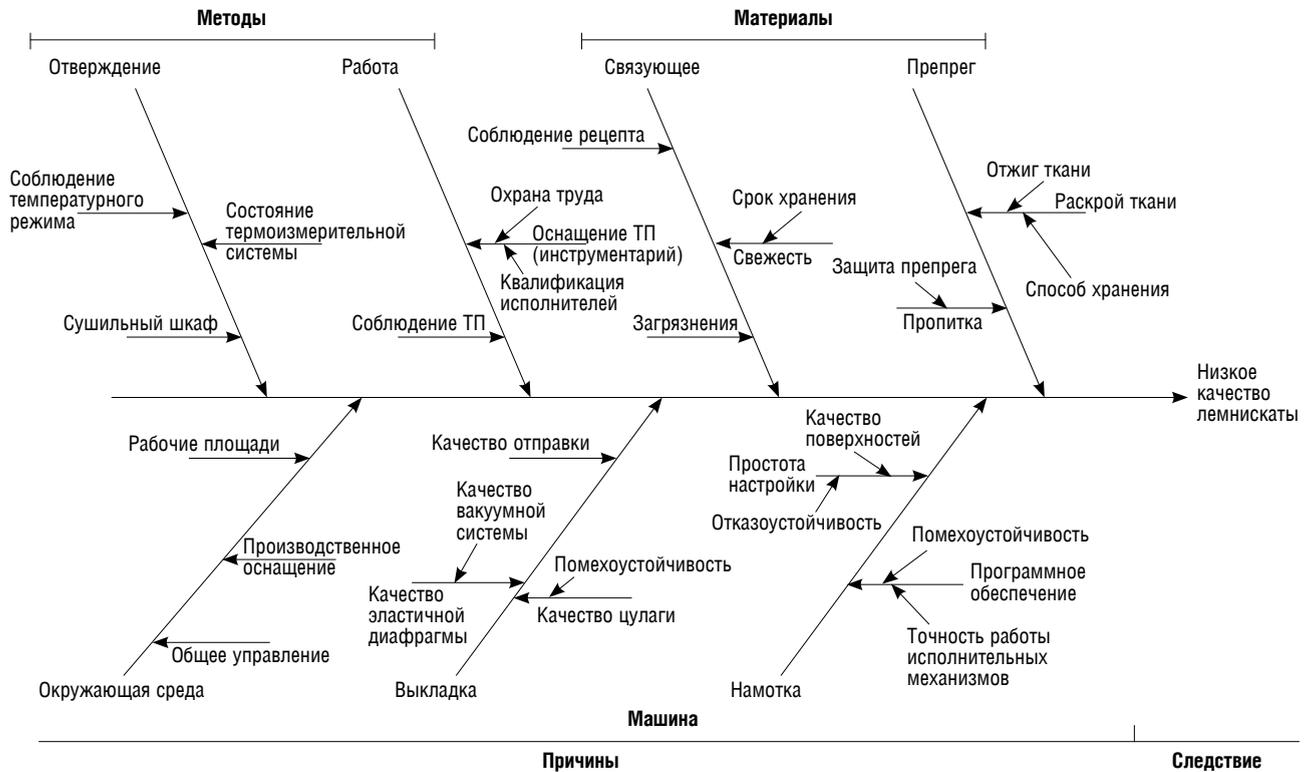


Рис. 3. Причинно-следственная диаграмма технологического процесса формообразования лемнискаты

- ▶ все высказанные соображения были записаны без критики и дискуссий;
- ▶ идеи были сгруппированы, исключив дублирование.

Кроме анализа технологического процесса был проведен анализ организационной структуры, распределения ответственности и ресурсов, а также анализ организации внутри предприятия. Таким образом, первоначально был проведен внутренний анализ среди независимых друг от друга подраз-

делений предприятия на предмет выявления отдела, способного изготовить изделия.

Если имеются альтернативные подразделения, занимающиеся производством изделий из полимерных композиционных материалов (условно названные «первый» и «второй»), выбирается конкретный производитель с помощью исследования на соответствие требованиям модели превосходства ВЕМ (Business Excellence Model) по следующим показателям:

- ▶ наличие опыта работы с ПКМ (демонстрация образцов различных изделий, сделанных ранее);
- ▶ состояние кадров подразделения (текучесть кадров в обоих подразделениях, степень удовлетворенности исполнителей условиями труда);
- ▶ культура ведения технической документации и содержание архива;
- ▶ культура ведения служебной и отчетной документации;
- ▶ наличие и состояние специализированного оборудования;

Капот двигателя самолета Boeing-757, покрытый вакуумной системой перед отверждением



- ▶ культура ведения внутреннего хозяйства, управление материальными ресурсами;
- ▶ количество внешних поставщиков и качество взаимоотношений;
- ▶ качество взаимоотношений с внутренними потребителями.

Процессы и люди в указанной модели (BEM) рассматриваются как возможности (Enablers), которые производят «результаты», измеряющие их работу. В модели предполагается, что удовлетворение заказчика, работников и воздействие на внешних потребителей достигаются в результате правильного или неправильного руководства отделов, осуществляющего политику и стратегию, работы исполнителей, рационального или нерационального использования ресурсов и процессов.

Анализ комплексных показателей от А до Н был проведен экспертным методом и оформлен в виде столбчатой диаграммы по пятибалльной шкале. Диаграмма строилась по следующим правилам:

- ▶ группа экспертов состояла из пяти независимых инженеров, имеющих значительный опыт работы с полимерными материалами и не являющихся руководящими работниками;
- ▶ суммарная оценка определялась по каждому критерию;
- ▶ применялся принцип анонимности высказываний;
- ▶ на анализ каждого подразделения было выделено определенное время (по восемь часов).

По результатам анализа была построена столбчатая диаграмма (рис. 4). На основании экспертных оценок было определено, что «первый» отдел имеет средний балл 3,1, «второй» — 4. Таким образом, с точки зрения выбора подразделения для изготовления изделия на дальнейшие работы более предпочтительным является «второй» отдел.

Чтобы не нести дополнительных затрат, на этом этапе исследование мож-



но закончить, однако выводы анализа необходимо было подтвердить экспериментальным образом. Поэтому следующим этапом стало изготовление образца — прототипа изделия.

Оба подразделения выполняли работу одновременно, используя одинаковые технические решения. Изделие, выполненное «первым» подразделением, не отвечало своему функциональному назначению по качеству рабочих поверхностей (наличие раковин, пустот, расслоения) и превышению допусков по геометрическим размерам (+1, -1) при норме 0,5 мм.

Изделие, выполненное «вторым» подразделением, имело удовлетворительный уровень качества, поскольку могло использоваться по своему назначению. Это изделие также имело недостатки, которые относились к показателям надежности, технологичности и эстетическим показателям. Такие недостатки являются устранимыми.

Таким образом, «в первом приближении» модель BEM полностью оправдала свое применение, что и было подтверждено экспериментально. Следовательно, при планировании качества на стадии проекта при изготовлении сложных, крупногабаритных полимерных изделий этот метод можно успешно применять. ■

Рис. 4. Диаграмма экспертных оценок

справка

Европейский фонд управления качеством (European Foundation for Quality Management, EFQM) использует модель делового совершенства (Business Excellence Model, BEM) в качестве шаблона в своей работе по непрерывному совершенствованию. BEM содержит пять категорий понятий: лидерство; политика и стратегия; население; партнеры и ресурсы; процессы и четыре группы результатов: результаты для заказчика; результаты для населения; социальные результаты и ключевые функциональные результаты. Инновации и обучение помогают улучшать источники превосходства, которые в свою очередь ведут к улучшенным результатам.

Список литературы

1. Бойцов Б.В., Комаров Ю.Ю., Молодцов Г.А., Рахманов М.Л. Управление качеством технологических процессов. — М.: МАИ, 2006.
2. Проблемы создания перспективной авиационной техники. Под ред. проф. Ю.Ю. Комарова. — М.: МАИ, 2003.