

ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСОВ КАБИН МНОГОЦЕЛЕВЫХ КОЛЕСНЫХ МАШИН

Асп. КУХАРЁНОК Л. В.

Белорусский национальный технический университет

E-mail: leon_by@mail.ru

MANUFACTURING TECHNOLOGIES OF CAB BODIES FOR MULTI-PURPOSE WHEEL MACHINES

KUKHARIONOK L. V.

Belarusian National Technical University

Приведена оригинальная технология изготовления корпусов многоцелевых колесных машин.

Ключевые слова: корпус кабины, колесная машина, технология изготовления панелей, материал корпуса кабины.

Ил. 5. Табл. 2. Библиогр.: 3 назв.

The paper presents an original manufacturing technology of cab bodies for multi-purpose wheel machines.

Keywords: cab body, wheel machine, panel manufacturing technology, cab body material.

Fig. 5. Tab. 2. Ref.: 3 titles.

Введение. В статье рассматриваются вопросы выбора материалов и технологий для изготовления кабин. Вопрос подбора технологии изготовления кабины [1–3] неразрывно связан с выбором материала. При определении материала для изготовления следует исходить из целей, которые требуется достичь, и возможностей материала. Так, если целью проектирования определена низкая себестоимость при тиражировании и выпуске не более шести-восьми тысяч изделий, то следует остановиться на дешевом материале и недорогой технологии. Такой парой применительно к каркасу является сталь как материал, гибка и резка как технология обработки и точечная сварка как технология соединения.

Если требуется небольшая масса каркаса, то в качестве материала можно выбрать алюминиевый сплав марки АМг-5. Он хорошо сваривается и обрабатывается гибкой. Если принять толщину деталей каркаса из стали 0,8 мм, а из алюминия – 2,0 мм, то снижение массы алюминиевого каркаса, по сравнению со стальным, составит около 15 %. При этом, исходя из цен (табл. 1), только стоимость материала возрастет в пять раз. Достоинством этого варианта технологии является то, что в сборочной оснастке, предназначенной для сварки каркаса из тонкостенных профилей, полученных гибкой из ли-

стового материала, можно сваривать как стальные каркасы, так и алюминиевые.

Таблица 1
Сравнительная стоимость материалов (1 м²)

Материал	Толщина, мм	Объем, см ³	Масса, кг	Стоимость, рос. руб.
Стеклопластик	1,5	1500	2,40	860
	2,5	2500	4,00	1440
	4,0	4000	6,40	2300
Сталь	0,8	800	6,40	176
	0,6	600	4,80	132
Алюминий	1,0	1000	2,70	450
	1,6	1600	4,32	715
	2,0	2000	5,40	900

В свою очередь масса каркаса из углепластика будет в несколько раз меньше, чем из алюминия, но при этом еще в 2,5–3 раза дороже. Вариант каркаса из стеклопластика как промежуточный рассматривать не имеет смысла. Весовых преимуществ перед алюминием у него почти нет, но при этом он в 1,5–2 раза дороже.

Если основной целью проектирования выбрана минимальная величина затрат на подготовку производства, т. е. оснастку, то соответственно самым удобным материалом для каркаса в этом случае является стандартная холоднокатаная труба прямоугольного сечения. Но при этом масса такого каркаса будет в 1,5–2 раза больше.

Все основные положительные и отрицательные свойства разных технологических вариантов исполнения каркаса, рассмотренные выше, приведены в табл. 2.

Технологии изготовления панелей наружного строения. Контактная (ручная) формовка и ее варианты. Ручная формовка применяется в основном при изготовлении деталей из стеклопластика, но для изделий с наполнителем из углеволокна нецелесообразна, так как целью использования дорогостоящего углеволокна является получение максимальных прочностных характеристик детали, а при ручной формовке это затруднительно. Производительность и качество работ при ручной формовке низкие, поэтому она применяется в основном в штучном и экспериментальном производстве, а также в мелкосерийном, если требования к качеству не высоки.

Применение такой формовки наиболее оправдано в подготовительном производстве при изготовлении оснастки, где такт выпуска не имеет большого значения, а повышение трудоемкости на 30–50 % компенсируется увеличением срока службы оснастки и на себестоимость практически не влияет. В этом случае ручная формовка позволяет обеспечить индивидуальный подход в изготовлении изделий сложной формы, выкладывать их переменными слоями

из материалов с разными характеристиками. Кроме того, процесс формовки в открытой матрице подвержен влиянию окружающей среды. Даже незначительные колебания влажности и температуры отрицательно влияют на процесс полимеризации и, как следствие, на прочностные и геометрические параметры изделия.

Время процесса ручного формования детали площадью 1,0 м² и толщиной 2,5 мм в три слоя составляет около 30 мин и зависит от квалификации формовщика. Общее же машинное время при сушке детали в сушильной камере – около 2 ч. Причем процесс этот точному расчету не поддается и обычно отрабатывается опытным путем.

Недостатком ручной формовки, кроме упомянутых выше, является невозможность получения двусторонних деталей и обеспечения соблюдения толщины на фланцах и в посадочных местах. Как следствие этого – очень высокие допуски при сборочных операциях. Кроме того, технология ручной формовки не позволяет получать торцы деталей хорошего качества. Это приводит к тому, что, во-первых, торец детали имеет неэстетичный вид и, во-вторых, обнажает волокна наполнителя, что повышает впитываемость влаги с неприятными последствиями – коробление и постепенное разрушение на морозе.

Таблица 2

Свойства различных технологических вариантов исполнения каркаса кабины

Технология	Достоинства	Недостатки
Конструкция из штампованных стальных деталей и точечная сварка	Минимальная себестоимость при серийном и массовом производстве. Максимальное качество изделия	Высокая стоимость подготовки производства
Конструкция из гнутых коробчатых тонкостенных стальных профилей и точечная сварка	Низкая стоимость подготовки производства. Низкая себестоимость изделий при серийном производстве	Проблемы придания изделию сложной формы (если это требуется)
Конструкция из холоднокатаной прямоугольной трубы и газовая сварка	Минимальные затраты на подготовку производства	Большая масса изделия. Высокие трудоемкость и себестоимость. Проблемы придания изделию сложной формы (если это требуется)
Конструкция из алюминиевого профиля и сварка (или клепка)	Минимальные затраты на подготовку производства. Относительно небольшая масса изделия	Высокие трудоемкость и себестоимость. Проблемы придания изделию сложной формы (если это требуется)
Конструкция из пластика	Минимально возможная масса изделия. Возможность придания изделию формы любой степени сложности	Высокая трудоемкость. Высокая себестоимость изделия

Основное достоинство данной технологии в том, что затраты на подготовку такого производства очень низки. Стоимость открытой несоставной матрицы для формования детали толщиной 2,0–2,5 мм приблизительно равна стоимости десяти деталей. Ходимость такой матрицы при тщательном соблюдении технологии – одна-две тысячи съёмов. При партии в 100 изделий добавленная стоимость от амортизации оснастки составит около 10 % стоимости детали. Отсюда следует, что ручная формовка оптимальна при производстве в диапазоне от 100 до 1000 шт. и максимум – 2000 шт. При производстве партий более 2000 шт., с одной стороны, возникают проблемы с тиражированием оснастки, а с другой – уже становится целесообразным применение более дорогостоящей и производительной оснастки. Но это лишает данную технологию ее основного преимущества – низких подготовительных затрат.

Разновидностью ручной формовки является формовка с применением распылителей для нанесения формовочной массы. Формовочная масса в этом случае состоит из собственно смолы, но в более жидкой консистенции, с мелко нарубленным волокном, которое смешивается со смолой непосредственно в процессе напыления. Затем производится ручная прикатка нанесенного слоя с помощью резиновых валиков. Никаких особых преимуществ эта технология не дает. А прочностные свойства изделия при такой технологии нанесения даже ниже, чем у традиционной формовки с применением стеклоткани. Это связано с тем, что волокна при таком нанесении располагаются хаотично и не связаны между собой, как в случае с применением стеклоткани.

Еще одна разновидность ручной формовки в открытой матрице – это технология с применением вакуумного мешка. Суть этого варианта в том, что вместо ручного прикатывания применяется удаление воздуха из формовочной массы созданием разрежения. На открытую матрицу поверх уложенной стеклоткани с пропиткой кладется полиэтиленовая пленка, исполняющая роль воздухонепроницаемой мембраны. В нижней части матрицы создаются отверстия типа литников, через которые отсасывается воздух, создавая разрежение. Вместе с воздухом удаляется и излишняя смола. Достоинство этого метода в том, что прочностные свойства изделия получаются выше. По разным

источникам, эта величина составляет от 10 до 20 % по сравнению с традиционной ручной формовкой. А это значит, что при той же прочности изделие получается легче и, следовательно, дешевле. Кроме того, снижается время изготовления за счет сокращения затрат ручного труда на прикатку. Дополнительные расходы на такой вариант процесса незначительны. В основном это стоимость полиэтиленовой пленки и вакуумного насоса.

Технология горячего прессования. Первой попыткой применения автоматизированных, высокопроизводительных технологических процессов получения пластиковых изделий без ручной формовки был метод горячего прессования. Одно из названий материала, полученного по такой технологии, – препрег, поэтому иногда эта технология именуется как технология препрега. Суть метода заключается в том, что в матрицу подают стеклоткань, уже пропитанную смолой, а затем под прессом пуансон осуществляет формование, одновременно выдавливая лишнюю смолу и воздух. При этом матрица и пуансон подогреваются до необходимой температуры с тем, чтобы процесс полимеризации сократить до минимума. Схема процесса аналогична традиционному прессованию изделий из листового материала. Достоинства этой технологии в том, что машинное время сведено к минимуму. Детали получаются с высокими прочностными свойствами и, следовательно, более легкими. Стало возможным получать двусторонние детали, т. е. с качественной поверхностью на обеих сторонах. И, наконец, допуски по толщине значительно уменьшаются. Однако затраты на оборудование приближаются к затратам на производство стальных штампованных деталей. А, учитывая, что пластик как материал значительно дороже стали, никакого выигрыша в стоимости данная технология не дает. Поэтому она нашла применение в крупносерийном производстве для деталей, от которых требуются малая масса и низкая тепловая и электрическая проводимость.

Формование с применением заливки в замкнутую форму. При изготовлении средних и крупных партий изделий из стеклопластика сегодня наиболее целесообразно применять метод инъекции полиэфирной смолы в закрытую форму (метод RTM – от полного английского названия Resin Transfer Moulding). Такое

формование является логичным развитием всех предыдущих технологий. Особенно хорошо его достоинства видны в сравнении с горячим прессованием. Данная технология сохранила все достоинства метода горячего прессования и избежала его недостатков. Время цикла получения изделия составляет 15–20 мин. Также возможно формовать двусторонние детали. Допуски по толщине даже немного меньше, так как проще контролировать зазор между двумя матрицами. Прочностные характеристики практически те же, что и при горячем прессовании. Однако при этом затраты на подготовку технологического процесса на порядок ниже, так как отпадает необходимость в дорогостоящих прессах для смыкания-размыкания форм, да и стоимость формы значительно меньше. Снижение стоимости форм обусловлено тем, что в процессе заливки они не испытывают столь серьезной нагрузки, как в случае метода горячего прессования, поэтому материалы и технологии изготовления данных форм менее дорогостоящие.

По своей сути эта технология схожа с литьем под давлением. Давление здесь создается не прессом, как при технологии горячего прессования, а насосом, подающим жидкую смолу. Схема такого процесса показана на рис. 1.

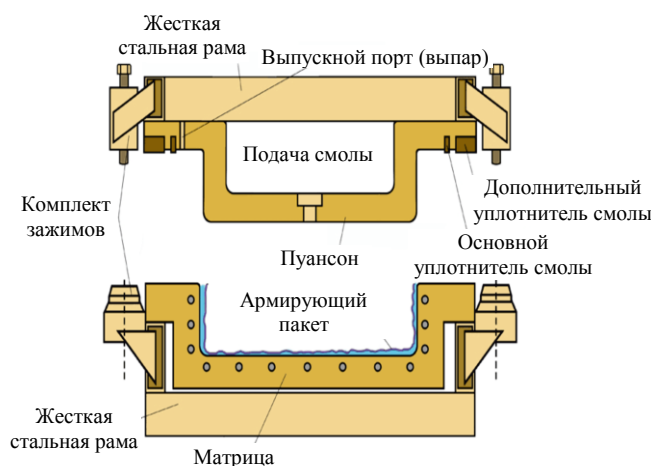


Рис. 1. Схема процесса RTM

При малых партиях и повышенных толщинах формуемых деталей возможно изготовление матриц из композитных материалов. Кроме того, у этой технологии практически нет отходов на обрезку и удаление облоя, нет проблемы с качеством торцов деталей. И, наконец, у данного метода формования решена проблема всех предыдущих технологий по перемещению, обработке и укладке «мокрых», т. е. пропитанных

смолой деталей. Следовательно, эта технология еще чище и экологичнее: все сырые и испаряющиеся компоненты не находятся на открытом воздухе.

Внешний вид пресс-формы для технологии RTM, изготовленной из алюминиевого сплава с угловым перемещением верхней части, представлен на рис. 2. На передней части, пресс-формы хорошо видны проушины запирающих замков.



Рис. 2. Пресс-форма для производства крышки тракторов «Беларус» по технологии RTM (ООО «Белкарпластик»)

Существует вариант формования с применением заливки в замкнутую форму, получивший название Light RTM, когда смола подается в форму за счет разрежения, которое создается насосом. По способу заполнения формы этот вариант формования сходен с технологией, использующей вакуумный мешок. Метод Light RTM характеризуется тем, что прижим матрицы и пуансона осуществляется с помощью вакуума. Разрежение создается также и в рабочей полости формы, что позволяет добиться оптимальных характеристик пропитки армирующего материала. Схема процесса по этой технологии показана на рис. 3.

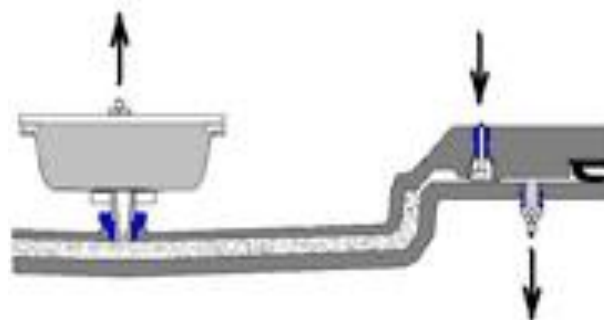


Рис. 3. Схема процесса Light RTM

Процесс изготовления детали состоит из двух этапов. На первом с помощью простейшего ручного пресса заготовке из стекломата придают форму будущей детали. Затем заготовку переносят в матрицу пресс-формы для заливки. Подготовленная для работы открытая алюминиевая пресс-форма с вертикальным перемещением верхней части показана на рис. 4, а процесс закладки в матрицу пресс-формы предварительно отформованной заготовки из стекломата – на рис. 5.



Рис. 4. Открытая пресс-форма



Рис. 5. Укладка армирующего слоя (заготовки из стекломата)

Заливку осуществляют через специальное отверстие, расположенное так, чтобы смола равномерно распределялась по полости между частями пресс-формы. Лишний воздух и смола отсасываются под действием разрежения. Детали, получаемые в результате формовки, не требуют дополнительной механообработки, как то обрезка или заделка торцов.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенного анализа можно сформулировать некоторые рекомендации по выбору материала и технологии. Если стоит задача создания опытного образца кабины и (или) мелкосерийного производства кабин (примерно до 10–15 тыс. в год), следует склоняться к изготовлению каркаса по технологии гнутых коробчатых тонкостенных стальных профилей с последующей точечной сваркой, а наружное строение выполнять по технологии контактной формовки стеклопластика и (или) литья стеклопластика методом RTM.

2. Если же речь идет о массовом производстве, стоит задуматься о технологии штамповки стального листа. Но на этапе создания опытного образца (возможно даже, первой промышленной партии) рекомендуется обратиться к технологиям, приведенным в п. 1.

3. Следует заметить, что каждый проект нужно анализировать в отдельности. При расчетах важно грамотно комбинировать различные технологии в зависимости от конкретной конструкции, функциональных (потребительских) требований к кабине, экономической ситуации. В этом случае увеличивается шанс коммерческого успеха будущего изделия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуськов, В. В. Многоцелевые гусеничные и колесные машины. Основы эргономики и дизайна / В. В. Гуськов, Д. В. Клютко, Л. В. Кухарёнок; под ред. В. П. Бойкова. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2013. – 384 с.
2. Гуськов, В. В. Основы эргономики и дизайна многоцелевых колесных и гусеничных машин / В. В. Гуськов, Д. В. Клютко, Л. В. Кухарёнок. – Минск: БНТУ, 2011. – 60 с.
3. Штробель, А. В. Современный автомобильный кузов / А. В. Штробель. – М.: Машиностроение, 1984. – 165 с.

REFERENCES

1. Guskov, V. V., Klioutko, D. V., Kukharionok, L. V., & Boykov, V. P. (2013) *Multi-Purpose Track-Laying and Wheel Machines. Principles of Ergonomics and Design*. Minsk: Novoye Znanie.
2. Guskov, V. V., Klioutko, D. V., & Kukharionok, L. V. (2011) *Principles of Ergonomics and Design of Multi-Purpose Wheel and Track-Laying Machines*. Minsk: BNTU.
3. Shtrobel, A. V. (1984) *Modern Automotive Body*. Moscow: Mashinostroyeniye.

Поступила 13.06.2013