



УКРАЇНА

(19) UA (11) 17034 (13) A  
(51)6 B 29 D 23/00ДЕРЖАВНЕ  
ПАТЕНТНЕ  
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДБез проведення експертизи по суті  
на підставі Постанови Верховної Ради України  
№ 3769-XII від 23.XII. 1993 р.Публікується  
в редакції заявника(54) СПОСІБ БЕЗПЕРЕРВНОГО ВИГОТОВЛЕННЯ ЦИЛІНДРА ТА ПОРОЖНИСТИХ ТІЛ  
ІНШОГО ВИПУКЛОГО ПЕРЕРІЗУ

1

(21) 95114963

(22) 22.11.95

(24) 18.03.97

(46) 31.10.97. Бюл. № 5

(47) 18.03.97

(72) Данильцев Володимир Григорович, Голованський Аркадій Ізраїльович, Савчук Володимир Васильович, Шопен Олександр Борисович

(73) Данильцев Володимир Григорович (UA)

(57) 1. Способ непрерывного изготовления цилиндра или полых тел иного выпуклого сечения, включающий намотку предварительно пропитанного связующим стекловолоконного наполнителя на вращающийся дорн-оправку, отверждение при повышенной температуре с помощью высокочастотного электромагнитного поля и последующее охлаждение до температуры

2

окружающей среды, отличающийся тем, что высокочастотное электромагнитное поле создают рабочим индуктором, частоту электромагнитного поля выбирают в диапазоне резонансных частот стеклопластика.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что длину рабочего индуктора выбирают из соотношения

$$L = v \cdot t(T),$$

где  $t(T)$  – оптимальное время обработки в рабочем индукторе; $v$  – скорость схода отвержденного стеклопластика с дорн-оправки.3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что частоту электромагнитного поля выбирают в пределах  $(13-14) \cdot 10^6$  Гц, а отверждение эпоксидного связующего осуществляют при температуре 155–165°C.

Изобретение относится к технике изготовления полимерных изделий, например стеклопластиковых, полученных методом намотки пропитанного связующим стекловолоконного наполнителя.

При производстве изделий из стеклопластиков любым из существующих методов (компрессионным прессованием, намоткой, протяжкой, центробежным методом, контактным прессованием и др.) на различных технологических этапах для той или иной термической обработки требуется, как правило, их нагрев. При оценке целесо-

образности применения того или иного метода нагрева необходимо учитывать ряд факторов, таких как тип связующего, габариты и геометрию изделия, конструктивные особенности оборудования, на котором осуществляется формование изделия. При этом следует с одной стороны иметь в виду, что 80–90% энергетических затрат приходится именно на нагрев, с другой стороны эффективность нагрева определяет ряд технико-экономических показателей процесса, в частности, производительность и качество получаемых изделий. Так, например, отвер-

(19) UA (11) 17034 (13) A

ждение стеклопластиков на основе эпоксидно-фенольных связующих может быть осуществлено за несколько минут. Однако при таком форсированном нагреве намоточного изделия снижаются его прочностные показатели вследствие того, что связующее отверждается, не успев заполнить имеющееся свободное пространство между отдельными слоями, т.е. изделие не получается монолитным. Выделение летучих компонентов в процессе отверждения усугубляет это явление. Использование конвекционного нагрева, обеспечивающего адиабатические условия для проведения процесса отверждения, увеличивает продолжительность отверждения до 24–30 часов, при производительности 0,5 м/мин и длине печи 12,5 м (Глуханов Н.П., Федорова И.Г. *Высокочастотный нагрев диэлектрических материалов в машиностроении*. Л.: "Машиностроение", 1983, с. 57–59).

Для создания условий, обеспечивающих высокое качество изделий при более высокой производительности, используют различные методы нагрева.

Известен, например, способ изготовления толстостенной оболочки вращения из армированных полимерных материалов, включающий намотку предварительно пропитанного эпоксидным связующим стекловолоконного наполнителя, отверждение при повышенной температуре и последующее охлаждение до температуры окружающей среды (см. описание к авт.св. СССР № 939251, кл. В 29 D 23/12 от 11.07.80, авторы Циркин М.З., Кострицкий С.Н., Афанасьев Ю.А., Екельчик В.С., Блинов В.Н., Егоров Л.А., Стопницкий А.С.), при котором отверждение проводят при температуре наружной поверхности 150–230°C, внутренней 100–140°C.

Предлагаемый способ позволяет значительно снизить максимальные остаточные напряжения в радиальном направлении в 2,8–8 раз и более. Однако способ относится к числу мало производительных и энергоемких.

Известен также способ изготовления труб из композиционных материалов, включающий послойную намотку изделия и последовательное отверждение на оправке каждого намотанного слоя материала при нагревании (см. описание к авт.св. СССР № 914299, кл. В 29 D 23/12 от 09.04.80, авторы Вишневский В.А., Демченко В.А., Лазаренко Н.И., при котором оправку нагревают до температуры полимеризации связующего в первом слое намотанного материала, затем нагрев прекращают и каждый последующий

слой наматывают во время полимеризации связующего в предыдущем.

Такая последовательность операций намотки и полимеризации связующего позволяет обеспечить распределение температуры по всему объему наматываемого изделия, что резко снижает уровень внутренних напряжений, способствуя повышению механических характеристик материала и качества изделия. Совмещение этих операций и утилизация выделяемого в процессе полимеризации экзотермического тепла способствует повышению производительности процесса изготовления изделий. Однако производительность при этом не превышает 2–3 м/мин, т.е. определяется временем полимеризации.

Стремясь создать необходимые условия нагрева, предложено реализовать способ, при котором нагревательный элемент располагают внутри оправки, причем нагреватели выполняют в виде смонтированных на центральной опоре подвижных в радиальном направлении прижимных башмаков с рабочей поверхностью, соответствующей внутренней поверхности оправки (см. описание к авт.св. СССР № 839722, кл. В 29 D 23/12, от 26.09.79, авторы Кузнецов Н.А. и др.).

Предлагаемый способ нагрева позволяет осуществить непосредственный контакт обогреваемой поверхности и обогревающей, однако сложность конструкции используемого устройства, неустойчивость температуры не могут гарантировать высокое качество изделий и необходимую производительность.

В настоящее время одним из наиболее перспективных способов термической обработки различных диэлектрических материалов стал высокочастотный нагрев.

Наиболее близким к заявляемому решению по назначению, технической сущности и достигаемому результату при использовании является способ непрерывного изготовления полого цилиндра или полых тел иного выпуклого сечения, включающий намотку предварительно пропитанного связующим стекловолоконного наполнителя на дорне-оправку, отверждение при повышенной температуре с помощью высокочастотного электромагнитного поля и последующее охлаждение до температуры окружающей среды (см. Глуханов Н.П., Федорова И.Г. *Высокочастотный нагрев диэлектрических материалов в машиностроении*. Л.: "Машиностроение", 1983, с. 45–68), при этом изделие будет проходить через рабочие конденсаторы, общая длина которых определяется произведением скорости подачи

на время нагрева. Производительность способа и установленная мощность генераторов определяются в этом случае скоростью подачи. Нагрев труб малых диаметров (до 500 мм) и ограниченной длины (до 2 м) можно производить одновременно по всей площади. При этом особо стоит вопрос выбора конструкции рабочего конденсатора. Нагрев таких труб следует производить при наличии воздушного зазора между трубой и высоковольтным электродом. Заземленным электродом в этом случае будет металлический дорн-оправка. Запроектированная производительность таких машин 30–120 м/ч. Реально осуществлена установка, имеющая производительность 7,5 м/ч при наружном диаметре трубы 140 мм и толщине стенки 7–15 мм.

Использование высокочастотного метода нагрева в электромагнитном поле высоковольтного конденсатора осуществляют при частотах порядка 20–27 МГц и напряжении на электроде рабочего конденсатора 3–4,5 кВ. Продолжительность нагрева трубы порядка 30 мин.

Основным недостатком известного решения является необходимость работы в условиях значительного градиента напряжения (74–150 кВ/м), что существенно ухудшает условия с точки зрения техники безопасности. Кроме того, использование коаксиальных цилиндров затрудняет контроль за температурой, что в конечном счете снижает производительность и качество изделий.

Поэтому целью предлагаемого технического решения является улучшение условий техники безопасности при одновременном повышении производительности и качества.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования способа непрерывного изготовления полого цилиндра или полых тел иного выпуклого сечения, в котором, вследствие воздействия на стеклопластик высокочастотным электромагнитным полем, создаваемым рабочим индуктором, с частотой в области резонансной частоты стеклопластика, обеспечивается эффективный нагрев одновременно стеклопластика и дорна-оправки, при этом дорн-оправка служит источником дополнительного тепла для нагрева стеклопластика, и за счет этого обеспечивается равномерное отверждение стеклопластика, что позволяет повысить скорость схода с дорна-оправки готового изделия, то есть повысить производительность способа.

Вследствие определения длины рабочего индуктора с учетом оптимального време-

ни обработки в рабочем индукторе, которое зависит не только от времени отверждения при определенной температуре и вида связующего, но и от материала, конструкции и габаритов дорна оправки, обеспечивается равномерный нагрев стеклопластика по всему объему, и за счет этого получает изделия с высокими техническими характеристиками.

Вследствие нагрева стеклопластика при частоте электромагнитного поля  $(13-14) \times 10^6$  Гц, обеспечивается повышение температуры стеклопластика до  $T = 155-165^\circ\text{C}$  и за счет этого необходимая степень отверждения эпоксидного связующего и сход готового изделия со скоростью 12–15 м/ч.

Таким образом, за счет указанных выше обстоятельств повышается производительность при обеспечении необходимого качества изделий.

Поставленная задача решается тем, что в известном способе непрерывного изготовления цилиндра или полых тел иного выпуклого сечения, включающем намотку предварительно пропитанного связующим стекловолокнутого наполнителя на вращающийся дорн-оправку, отверждение при повышенной температуре с помощью высокочастотного электромагнитного поля и последующее охлаждение до температуры окружающей среды, согласно изобретению, высокочастотное электромагнитное поле создают рабочим индуктором, а частоту электромагнитного поля выбирают в диапазоне резонансных частот стеклопластика.

В известном способе, согласно изобретению, длину  $L$  рабочего индуктора выбирают из условия

$$L = v \cdot t(T),$$

где  $t(T)$  – оптимальное время обработки в рабочем индукторе;

$v$  – скорость схода отвержденного стеклопластика с дорна-оправки.

В известном способе, согласно изобретению, высокочастотное электромагнитное поле выбирают в пределах  $(13-14) \cdot 10^6$  Гц для получения температуры  $T = 155-165^\circ\text{C}$  и отверждения эпоксидного связующего.

Использование не рабочего конденсатора для создания высокочастотного электромагнитного поля, а рабочего индуктора позволяет в два раза уменьшить частоту и мощность источника электромагнитного излучения. Использование рабочего индуктора позволяет использовать для нагрева не только ту энергию, которая выделяется в диэлектрике за счет поляризации его молекул, но и энергию, которая выделяется в приповерхностном слое дорна-оправки. Электромагнитное поле является причиной

тока Фуко в приповерхностном слое дорна-оправки. Наличие такого температурного барьера создает условие, при котором существенно уменьшаются потери за счет отвода тепла на дорне-оправке. Затраченная на нагрев энергия расходуется более рационально, а дорн-оправка перестает быть теплоотводящим элементом, увеличивающим потери энергии.

Оптимально длину индуктора следует выбрать, учитывая не только особенности связующего, габариты и форму изделия, но и габариты и конструкцию дорна-оправки, что в конечном счете определит скорость схода с дорна-оправки готового изделия.

Как показывают исследования, с помощью рабочего индуктора достаточно эффективно нагревается стеклопластик в среднем диапазоне высоких частот, который лежит в пределах 5–15 МГц. Это очевидно связано с резонансным характером закона дисперсии  $\epsilon(\omega)$ , при котором диэлектрические потери существенно возрастают при определенных частотах генерируемого высокочастотного электромагнитного поля, близких к собственным частотам диэлектрика. Однако при этом возможны значительные потери в окружающую среду, что ведет к неравномерности нагрева, к снижению качества. Для обеспечения необходимого качества отверждения приходится замедлять скорость изготовления изделий, то есть снижать производительность.

Нагрев стеклопластика непосредственно на дорне-оправке позволяет уменьшить потери на излучение, обеспечить равномерное распределение температуры и, следовательно, качество и производительность в определенном диапазоне высоких частот.

Описанный способ позволяет значительно повысить термический коэффициент полезного действия, так как потери дорогостоящей высокочастотной энергии значительно снижаются.

Как видно из изложения сущности заявляемого технического решения, оно отличается от прототипа и, следовательно, является новым.

Решение также обладает изобретательским уровнем. Известно использование высокочастотного нагрева для изготовления стеклопластиковых, металлопластиковых изделий (см. Глуханов Н.П., Федорова И.Г. Высокочастотный нагрев электрических материалов в машиностроении. Л., "Машиностроение", с. 51–68; описание к авт.св. СССР № 363603, кл. В 29 d 23/00, от 21.11.69, авторы Федорова И.Г. и др. Устройство для непрерывного изготовления профильных изделий из композиционного

материала; описание к авт.св. СССР № 233880, НКИ 39 аЗ, 23/00, от 01.06.67, авторы Федорова И.Г., Глуханов Н.П. Устройство для высокочастотного нагрева металлопластиковых труб).

Во всех известных случаях для нагрева диэлектрика высокочастотным электромагнитным полем используют рабочие конденсаторы различных конфигураций и частоты от 27 до 80 МГц и более.

В предлагаемом решении используют рабочий индуктор, а используемую частоту выбирают в пределах 5–15 МГц. При этом оказывается возможен эффективный нагрев стеклопластика. Таким образом, в предлагаемом решении использован эффект поглощения энергии, однако он проявляется в условиях средневисоких частот и отсутствия высоких напряженностей электрического поля.

Кроме того, следует отметить также, что известно использование индуктора при производстве металлопластиковых труб. Однако в известном решении (см. описание к авт.св. СССР № 233880) индуктор использован только для нагрева металлического основания. Нагрев стеклопластика осуществляет высокочастотный конденсатор, а тепловая мощность диэлектрика зависит от частоты и квадрата напряженности электрического поля. Стремление увеличить удельную мощность в диэлектрике приводит к применению высоких частот и высоких напряженностей поля, что связано с использованием высоковольтных источников энергии.

В предлагаемом решении рабочий индуктор создает высокочастотное электромагнитное поле, которое одновременно повышает температуру в приповерхностном слое дорна-оправки и температуру стеклопластика, создавая условия для качественного отверждения связующего.

Как отмечено выше, известно возрастание удельных диэлектрических потерь при резонансных частотах внешнего электромагнитного поля. Однако при значительных тепловых потерях в окружающую среду, которые имеют место при использовании рабочих конденсаторов для повышения температуры диэлектрика, этот эффект практически не заметен.

При снижении уровня тепловых потерь путем нагрева одновременно и дорна-оправки удастся использовать всю тепловую энергию, которая выделяется в диэлектрике, что приводит к эффекту более сильного, чем простое суммирование двух тепловых потоков. При этом, видимо, происходят яв-

ления, связанные с температурной зависимостью диэлектрической проницаемости.

Известно также определение длины рабочих конденсаторов через произведение "скорости подачи  $v$  на время нагрева" (см. стр. 57), однако при этом учитывают, видимо, только габариты изделия, но нигде не учитывается роль дорна-оправки, поверхность которого в данном способе нагревается и вносит свой вклад в окончательное отверждение стеклопластика, способствуя повышению скорости схода и на участке за пределами рабочего индуктора.

Из изложенного выше следует, что решение промышленно применимо, так как может быть использовано для производства стеклопластиковых цилиндров или полых тел иного выпуклого сечения.

Сущность изобретения поясняет пример конкретного осуществления изобретения.

На вращающийся дорн-оправку, являющийся основной частью машины, с помощью автоматического устройства производится укладка стеклонаполнителя.

В процессе укладки весь материал стекло-наполнителя предварительно пропитывают связующим на основе эпоксидной смолы. Дорн-оправка состоит из секторов, совершающих возвратно-поступательное движение за счет специальных приспособлений, обеспечивая сход готовой трубы. Дорн-оправку диаметром 20 мм охватывает индуктор, внутренний диаметр которого равен 80 мм. На дорне-оправке формируют трубу с толщиной стенки 2 мм. Дорн-оправка вращается со скоростью 2-5 об/мин. Термическую обработку стеклопластиковой заготовки осуществляют при частоте изменения тока в рабочем индукторе 13,6 МГц. Длина рабочего индуктора равна 300 мм, скорость схода готового изделия равна 12 м/ч, температура отверждения 160°C. Мощность генератора равна 100 Вт.

Как видно из примера, способ позволяет получать изделия необходимого качества при высокой производительности и существенно сниженных энергетических затратах в условиях более благоприятных с точки зрения техники безопасности.

Упорядник

Техред М.Моргентал

Коректор О. Обручар

Замовлення 4213

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,  
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

