

Многообразие видов применяемых мембранных материалов определяет разнообразие методов их производства. Основным объемом изготавливаемых в мире полимерных пленок приходится на пленки из расплавов пластических масс, основу которых составляют полимеры, способные при нагреве переходить в вязкотекучее или высокоэластическое состояние, не подвергаясь при этом термической деструкции. Метод производства пленки определяется химической природой полимера и назначением готовой пленки. В настоящее время можно выделить четыре группы методов изготовления пленки: из полимера, находящегося в вязкотекучем или высокоэластическом состоянии: экструзия, каландрование, производство комбинированных пленок, физико-химическая модификация мембранных материалов [1]. Например, для производства ПВХ-ткани используется основа - полиэфирное волокно (полиэстер, лавсан), которое с одной либо двух сторон покрывают поливинилхлоридом и защитным лаком [2].

Рис. 1 - Схема ПВХ-ткани [2]

Основным параметром качества материала является количество нитей на 1 см². Для улучшения прочностных и эксплуатационных характеристик, материал покрывают жидким ПВХ. Существует несколько методов покрытия ПВХ. Наилучшим является метод литья, при котором полиэстеровая основа заливается жидким ПВХ. Толщина покрытия регулируется с помощью специальных ножей, устанавливаемых компьютером на определенной высоте. При другом способе покрытия ПВХ наносится методом экструзии и распределяется по поверхности при помощи специального вала. Сила давления вала регулируется в зависимости от необходимой плотности готового материала. Полиамидные ткани характеризуются высокой прочностью, в несколько раз превышающей прочность натуральных тканей, повышенной эластичностью и изнosoустойчивостью, устойчивостью к действию щелочей и масел. Их используют для мембран, эксплуатирующихся при температуре до 127 °C [3]. Однако прочность связи резины с текстилем низкая, поэтому ткани подвергаются специальной адгезионной обработке, например резорцин-формальдегидной смолой, винилпиридиновым латексом или резорцином, эпоксидной смолой № 89 [4,5]. Каландрование пластмасс применяется для получения листовых и пленочных материалов, а также для одностороннего или двухстороннего нанесения покрытий на текстильные ткани и бумажное полотно. Уже с середины девятнадцатого столетия каландры применялись для гуммирования различных тканей натуральными каучуками. Примерно в это же время возникло производство линолеума каландровым способом. Современные каландры для переработки пластических масс сохранили основные конструктивные признаки первых каландров. Каландрование синтетических полимеров начали применять только с 1930 года с возникновением производства ПВХ. Даже в настоящее время почти половина производимого во всем мире ПВХ (непластифицированного и пластифицированного) перерабатывается каландрованием, так что поливинилхлорид можно отнести к основным типам

полимеров, перерабатываемых на каландрах. На каландрах можно также перерабатывать и другие типы пластмасс, такие, например, как полиуретан, полистирол, сополимеры винилхлорида, винилацетата, акрилонитрила, стирола, различные полимерные компаунды и синтетические каучуки. Кроме пленок, каландровым способом изготавливаются листы, слоистые пластики и т. д. Каландрированием называют процесс обработки и формования полимерных материалов на специальных агрегатах, главной частью которых является каландр. Каландры - многовалковое оборудование, основным элементом которого являются параллельно расположенные и вращающиеся навстречу друг другу металлические цилиндры - валки. Переработка полимерных композиций на каландрах осуществляется путем непрерывного пропуска материала через зазор между парами валков. Число валков может быть различным. Основные схемы расположения валков и направления пропуска материала представлены на рис. 2. Каландры используются в следующих случаях: - Для непрерывного формования тонкого полимерного изделия (полимерной пленки, листа). - Для нанесения тонкого слоя полимерного материала (покрытия) на основу, в качестве которой могут быть использованы бумага, ткань, полимерная пленка, нетканый материал и т. п. - Для дублирования предварительно сформированных полимерных пленок или лент, листов и покрытий, а также пленок с иными материалами. - Для промазывания основы полимерным связующим и т. п. Двухвалковые каландры используют для дублирования, тиснения и других отделочных работ, трехвалковые- для тиснения или промазывания, трех- и четырехвалковые- для калибрования (листования), в процессе которого формируется полотно утоняется до заданной ширины. Многовалковые машины позволяют объединить в одном агрегате весь цикл перечисленных выше технологических схем. Окружная скорость валков может изменяться до 10 раз, при этом постоянство скорости обеспечивается системой электронного регулирования с абсолютной погрешностью $\pm 0,2 \%$. Оптимальная величина фрикции (для вальцов- отношение скорости переднего валка к скорости заднего валка) меняется в зависимости от типа каландра и расположения валков внутри одного каландра в довольно широких пределах (обычно 1:1 до 1:5) и выбирается конкретно для каждого полимера или композиции полимеров с учетом их реологических характеристик. Механизм каландрирования во многом аналогичен механизму вальцевания. Различие состоит в том, что при каландровании полимер проходит через зазор между валками только один раз и ширина листа увеличивается, а толщина уменьшается по мере последовательного прохождения через зазоры каландра. Среднее давление, которое испытывает материал в зазоре между валками каландра, в зависимости от типа и толщины материала варьируется в пределах 7- 70 МПа. При этом полимерная масса испытывает деформацию сдвига. В результате действия гидродинамических сил при течении полимера в зазоре

между валками возникает распорные усилия, пропорциональные эффективной вязкости каландруемой композиции, что приводит к появлению неравномерности полимерной пленки по толщине. Эти усилия зависят от геометрических размеров валка, частоты их вращения и величины зазора между ними. Распорные усилия в расчете на единицу длины валка изменяются от 350 до 1100 кН/м. При каландровании в материале создаются сдвиговые деформации. Они складываются из вязкого течения и развивающихся значительных высокоэластических деформаций полимерных расплавов. Одновременно в материале возникают напряжения, приводящие к ориентации молекул. Вследствие достаточно высокой скорости приемки каландруемого полотна, примерно равной скорости каландрования, эти напряжения не успевают релаксировать, и возникшая в пленке ориентированная структура замораживается, что приводит к анизотропии свойств материала, получаемого методом каландрования. Это явление известно под названием каландрового эффекта, за меру которого принимают отношение прочности изделия, измеренной в направлении каландрования, к его прочности в поперечном направлении. Снижения каландрового эффекта удастся достичь несколькими способами: - Повышением температуры переработки полимера, что не всегда возможно вследствие низкой термостабильности некоторых полимеров - Выдержкой пленки в течении нескольких часов в свободном состоянии при повышенных температурах. - Организацией приемки (закатки) пленки без натяжения с невысокими скоростями. - Использованием специальных усадочных конвейеров, увеличивающих продолжительность прохождения пленки от каландра к намоточному устройству и облегчающих усадку (релаксацию) материала. При нанесении полимерного покрытия на основу каландрованием существенное влияние на качество готовой продукции оказывает глубина проникания полимера. Глубина проникания должна увеличиваться прямо пропорционально корню квадратному из радиуса валков и обратно пропорциональна корню квадратному из толщины накладываемого слоя. Однако, она так же зависит от скорости и температуры нанесения. Увеличение скорости приводит одновременно к уменьшению продолжительности проникания и к снижению эффективной вязкости пропиточного состава вследствие проявления эффекта аномалии вязкости. Поэтому несколько уменьшается продолжительность проникания, настолько же возрастает его скорость. Изменение температуры влияет как на вязкость, так и на давление в зазоре, под действием которого происходит проникание жидкой системы в объем. Широкое распространение каландрового метода производства полимерных пленочных материалов обусловлено тем, что для него основным сырьем являются ПВХ и его производные. В России 80 % ПВХ- пленок изготавливаются каландрованием. Экструзия ПВХ и его производных сопряжена со значительными трудностями, поэтому, несмотря на принципиальное

преимущество экструзионного метода перед каландровым, получение пленок каландрованием сохраняется в известной мере свои позиции. Этот метод наиболее эффективен при производстве пленок толщиной 0,4- 0,8 мм. При уменьшении толщины пленки от 1 до 0,1 мм производительность каландра снижается в 10 раз. Достоинством каландрирования является: 1. осуществление формования при относительно невысокой температуре, не вызывающей термодеструкции полимера. 2. получение пленочных материалов толщиной до 0,8- 1 мм при ширине до 2,5 метров без существенного усложнения оборудования. 3. изготовление не только гладких пленок, но и материалов с тиснением. Технологический цикл получения полимерных пленочных материалов каландровым методом включает следующие операции: подготовку сырья и материалов, дозирование компонентов смеси, приготовление ПВХ смеси и ее гомогенизацию, разогрев смеси и ее пластикацию, собственно каландрирование, тиснение, охлаждение, намотку материала, сортировку, маркировку и упаковку. Существует несколько вариантов основной технологической схемы каландрового метода получения полимерных пленочных материалов, главными из которых являются:

- пластикация смеси на червячных прессах (микструдерах) с последующим калиброванием на четырех- или пятивалковых каландрах;
- изготовление пленок на поточной линии, состоящей из мощного смесителя закрытого типа, питающих вальцов и четырехвалкового каландра;
- изготовление пленок на поточной линии, состоящей из мощного смесителя закрытого типа или непрерывного смесителя, разогревающих вальцов, стрейнер-экструдера и четырехвалкового каландра различных типов;
- пластикация смеси в экструдерах с планетарной системой валков и последующим калиброванием на трехвалковой каландровой установке, известной под названием «Каландретте»;

экструдер с планетарной системой валков позволяет увеличивать производительность каландра с 300 до 800 кг/ч. Каландры, используемые для получения полимерных пленок, предназначены для работы при достаточно высокой (150- 230 °C) температуре. Такие каландры снабжены устройствами для обогрева валков паром, жидким теплоносителем или электричеством. Наиболее распространенными формами каландров в производстве пластифицированных ПВХ- пленок являются Г-, L-, Z-, S- формы, в производстве жестких пленок Г- и L- формы. Технологический процесс получения пленок каландровым методом - сложный многостадийный процесс, включающий большое число различных операций. Он начинается с подготовки сырья и ингредиентов смеси, взвешивания компонентов в подготовительном отделении предприятия и смешения их для получения композиций на основе ПВХ-С. Сырье из цистерн системой пневмотранспорта передаются в резервуары для ПВХ 3 (рис. 3) и наполнителей 2. ПВХ просеивают и с помощью автоматически направляемых пневмонасосов 1 подают в резервуары 4. Посредством разгрузочного механизма 10 соответственно выбранному рецепту

происходит наполнение полимером бункера автоматических весов 11. После взвешивания ПВХ поступает в вихревой смеситель 12. Стабилизаторы и наполнители из резервуаров 5 в количествах, отвечающих рецепту, что достигается с помощью расходомера 9, отдельно перемешивают с пластификаторами из резервуаров 6 в специальных мешалках до получения равномерной суспензии, которая фильтруется и затирается в коллоидных или бисерных мельницах. Готовая суспензия подается в дозаторы 8, откуда определенные ее порции самотеком также поступают в смеситель 12. Количество вводимого пластификатора определяется пластификатороемкостью компонентов. Необходимые для окрашивания пленки пигменты из резервуаров 7 готовят отдельно в виде однородной пасты в пластификаторе, что обеспечивает их дальнейшее равномерное распределение в ПВХсмеси. Пигменты обычно с пластификатором в планетарных смесителях и затем с целью получения однородного цвета и повышения степени дисперсности материалов проводят их трехразовое перетирание на краскотерке или диспергаторе. Готовые пигментные пасты развешивают и упаковывают в полиэтиленовые пакеты. Особо важной операцией, во многом определяющей свойства готового изделия, является смешение компонентов, в процессе которого полимер, пластификаторы, стабилизаторы, наполнители, пигменты и другие ингредиенты смеси необходимо тщательно перемешивать и пластифицировать до получения однородной гомогенной массы- пластиката. В зависимости от конкретно выбранной схемы тип и число смесителей могут быть различны. В представленной на рис. 2 технологической схеме универсальной каландровой линии для предварительного смешения использован вихревой смеситель 12. В нем готовится «сухая» маточная смесь полимера с ранее приготовленной суспензией стабилизаторов и наполнителей в пластификаторе (без пигментов и красителей) обычно в течение 4- 5 минут, при этом начинается и процесс желирования ПВХ в псевдооживленном состоянии. Полученная маточная смесь затем передается в закрытый интенсивный смеситель периодического или непрерывного действия 13, в который входят и пасты пигментов. Рис. 2 - Принципиальная схема универсальной каландровой линии по производству пластифицированных ПВХ- пленок В интенсивном смесителе происходит дальнейшее желирование, окрашивание и гомогенизация композиции в течение 3- 4 минут при повышенной (160- 170 °C) температуре и превращении ее в пластикат. Для смешения используют различные смесители в зависимости от вводимых в смесь компонентов и вида подготовки материала, такие, как смесители непрерывного действия, экструдеры с планетарными шнеками или смесители периодического действия. Полученный пластикат поступает в листовальные вальцы 14 и затем в стрейнер- экструдер 15 для завершения гомогенизации системы. В другом варианте технологической схемы вместо экструдера могут быть использованы вторые (разогревательные) вальцы, валки

которых подогреваются до температуры 160- 170 °С. Продолжительность процесса обработки смеси на разогревательных вальцах определяется продолжительностью процесса гомогенизации смеси в интенсивном смесителе. В производственную линию могут быть также включены и питательные вальцы, однако их чаще совмещают с разогревательными, разделяя последние с помощью специального приспособления на разогревательные и питательные. В отдельных случаях, для получения тонких прозрачных пленок, для обеспечения питания каландра хорошо подготовленной смесью после вальцов ставят фильтры, очищающие смесь от посторонних включений и непроработанных частиц. Из стрейнер-экструдера 15 (или с разогревающих вальцов) с помощью поворотного загрузочного устройства 16 (или качающемся ленточным конвейером, над которым обычно устанавливают инфракрасные излучатели для предотвращения охлаждения пластика) пластикат подается к верхнему зазору между валками Г-образного или к нижнему L-образного четырех- или пятивалкового каландра 18. Использование поворотного загрузочного устройства или качающегося конвейера способствует равномерному питанию каландра и равномерному распределению пластиката по всей загрузочной части входного зазора между валками каландра. Формирование (профилирование) пленки происходит при последовательном прохождении пластиката между валками каландра. ПВХ-пластикат, проходя зазор между вторым и третьим валками каландра, развальцовывается до требуемой ширины и толщины. Температура валков каландра: первого и второго 150- 170 °С, третьего и четвертого 160- 180 °С. Для обеспечения равномерного прогрева пленки по всей ширине каландр снабжен специальным устройством 19, которое обогревает третий валок и выравнивает температуру по всей его длине. Толщиномер 20, связанный с механизмом питания, устанавливается вблизи нижнего валка каландра и предназначается для контроля и автоматического регулирования толщины пленки. На четвертом валке каландра с помощью круглых ножей проводится обрезка кромок горячего материала, которые возвращаются в загрузочную зону, а горячая пленка специальным приспособлением снимается с последнего валка каландра. Съем изделия является ответственной операцией процесса и должен проводиться так, чтобы возникающие при этом растягивающие напряжения были по возможности минимальные. Съем материала происходит за счет того, что окружная скорость съемного валка многовалкового устройства 21 больше, чем окружная скорость последнего валка каландра. Помимо основного каландра в технологической схеме процесса рекомендуется также предусматривать трехвалковое гладильное устройство или теснильную пару валков 22. Расположенные друг над другом валки гладильного устройства должны иметь хромированные наружные поверхности высокой чистоты для придания высококачественной поверхности каландрируемому изделию. Один из валков гладильного устройства может заменяться теснильным валом, на поверхности которого выгравирован

рельефный орнамент, соответствующий заданному рисунку тиснения. Тиснение может быть и на отдельном теснильном каландре. Подача пленки к охлаждающим валковым устройствам 23 и 24 осуществляется без натяжения на роликовом конвейере, что способствует дальнейшей релаксации внутренних напряжений в пленке и повышению ее качества. Затем пленка проходит измерительную станцию 25, где измеряется профиль и толщина пленки. Станция способна проводить дополнительную автоматическую регулировку толщины пленки путем воздействия на величину зазора между последними валками каландра. После этого пленка поступает на двойной пост продольной резки 26 с узлом отжимного резания для мягких пленок и с отворотом кромочных полос. Через тормозные валки 27 или компенсаторное устройство, обеспечивающее временное накопление материала, выравнивание скоростей отбора и сматывания в рулон пленки, дополнительную релаксацию внутренних напряжений и выравнивающие свойства полотна, пленка попадает на намоточную станцию 28 с автоматическим узлом для отрезания пленки, обеспечивающую безнатяжное равномерное сматывание материалов в рулон требуемого метража. Готовая пленка отвозится на корытообразной вагонетке 29 или электроталью попадает на сортировочный стол, где пленку сортируют, маркируют, зашивают в мешки и отправляют на склад. Для устранения металлических включений в смеси современные каландровые линии снабжаются металлоискателями 17, устанавливаемыми перед подачей смеси на каландр, и программными устройствами для контроля и автоматического управления процессом. Как видно из рис.2 пленка, сходящая с последнего валка каландра, до окончательной обрезки и сматывания в рулон проходит ряд устройств и агрегатов, оказывающих существенное влияние на качество пленки (ее прочностные характеристики, уровень внутренних напряжений, плоскостность, ширину и т.д.). При этом на всем пути технологического цикла (от съема с валка каландра и до намотки) пленка подвергается действию продольного растягивающего усилия, за счет которого может происходить и сокращение пленки по ширине (сморщивание). В современных улучшенных вариантах каландровых линий для снижения влияния продольного растягивающего усилия на свойства сформированной пленки ее пропускают через устанавливаемое за каландром устройство с большим набором валков малого диаметра. Многовалковое устройство (рис. 3, а) позволяет использовать валки для приемки, растяжения и ориентации пленки, дает возможность регулировать температуру охлаждаемой пленки по всей поверхности валков независимо от их длины, способствуют в наибольшей степени релаксации в пленке внутренних напряжений и исключают поперечное сморщивание. Число валков в таком устройстве обусловлено процессами приемки горячей пластичной пленки, ее ориентации или отсутствия таковой, тиснения, охлаждения, релаксации и подачи к намоточному устройству. Соответственно, в многовалковом устройстве

выделяют приемные 1, тянущие, вытягивающие 2, стабилизирующие валки 3, узел тиснения 4, релаксационные и охлаждающие валки 5. Рис. 3 - Принципиальные схемы каландровых установок с большим набором валков малого диаметра для получения пластифицированной смеси ПВХ (а) и дублирования двух полимерных пленок (б) Диаметр валков должен быть минимальным, что обеспечивает достаточное и постоянное прижатие поверхности пленки к валкам при ее небольшом натяжении. Оптимальным считается диаметр приемных и вытягивающих валков 0,068- 0,11 м, релаксационных и охлаждающих валков 0,15- 0,25 м. Попеременный обхват валков формируемой пленки позволяет проводить термостабилизацию обеих ее сторон, что имеет первостепенное значение при получении толстых пленок, когда низкая теплопроводность материала создает значительную разность температур по толщине пленки и вызывает возникновение в ней дополнительных напряжений. Автономная система термостабилизации позволяет получать пленку без каких-либо внутренних напряжений и гарантирует отсутствие ее усадки при хранении и эксплуатации. В настоящее время каландровым методом получают высококачественные ПВХ- пленки толщиной 0,15- 1 мм при скорости каландрования 35- 70 м/мин. Применяя многовалковые устройства в комплексе с каландровыми установками, можно также успешно проводить дублирование пленок и получить как двух- и трехслойные материалы из термопластичных пленок, так и многослойные материалы типа пленка- ткань- пленка с тисненой поверхностью. Установка для получения двухслойной пленки (из слоев 1 и 2) показана на рисунке 3, б. Современные технологические линии для переработки термопластов каландровым методом включают в себя правильно подобранное и полностью автоматизированное основное и вспомогательное оборудование, позволяющее с помощью ЭВМ четко и правильно контролировать параметры переработки, а также регулировать ход самого технологического процесса на всех ее стадиях, начиная с момента загрузки исходных компонентов и до получения готового продукта. Выбор и подготовка сырья оказывает весьма существенное влияние на свойства пленок, получаемых каландрованием. Для бесперебойной работы современных высокопроизводительных линий и для производства высококачественного материала требуется стабильное по свойствам сырье. Для получения поливинилхлоридных пленок каландровым методом используют в основном суспензионный ПВХ марок С-65 или С-70 с молекулярной массой 90- 115 тыс. (табл. 1). В состав смеси на основе ПВХ, используемой для получения пленок, входит большое число компонентов. В зависимости от состава композиции, и прежде всего от количества введенных пластификаторов, можно получить мягкие и жесткие ПВХ- пленки. ПВХ- пленки (пленочный пластикат) получают каландрованием пластиката. Пластикат - это техническое название термопластических смесей на основе пластифицированного ПВХ. Жесткие ПВХ- пленки (пленочный винипласт)

получают из жесткого термопластичного материала на основе ПВХ- винипласта. Состав композиций для получения пленочных пластика и винипласта приведен в таблице 2. Для производства винипласта наряду с суспензионным используют эмульсионный (латексный) ПВХ. В состав композиций для получения различных полимерных пленочных материалов на основе ПВХ обычно входят пластификаторы, наполнители, стабилизаторы, модифицирующие и смазывающие вещества и т. д. Конкретный состав композиции может различаться в широких пределах в зависимости от вида и назначения материала.

Таблица 1 - Характеристика суспензионного ПВХ трех типов

Показатель	1	2	3	1	2	3	4
Константа Фикентчера	73	70	68				
Массовая доля, % влаги и летучих веществ	0,14	0,24	0,004	1	2	3	4
Золы	-	0,03	0,01				
Температура разложения, °C	134	110	158				
Термостабильность при 180 °C, мин	1,3	0,8	2,0				
Насыпная масса, кг/м ³	450	430	450				
Скорость поглощения пластификатора при 60 °C, мин	8	10	8				

Таблица 2 - Состав композиций (в мас. ч. на 100 мас. ч. ПВХ) для получения пластика и винипласта

Компонент	Пластикат	Винипласт	1	2	3	ПВХ
100	100					
Стабилизаторы	3-	15	10			
Смазывающие вещества (стеариновая кислота, стеараты кальция, кадмия, свинца)*	1-	3	0,5-	1		
Красители	-	10	1	2	3	
Пигменты органические или минеральные	0,1-	3				
Наполнители	Не более	30	200			
Модификаторы	-	35				
Пластифицирующие агенты	30-	90	5-	10		

Стеараты одновременно играют роль стабилизаторов. Как правило, при получении пленочных материалов на основе ПВХ используют «букет» пластификаторов, каждая составляющая которого оказывает специфическое влияние на свойства готового продукта. ДБФ, обладающий высокой летучестью, обуславливает быстрое старение ПВХ- пластикатов, но в смеси с другими пластификаторами облегчает переработку полимера, так как обладает высокой желирующей способностью. Использование в букете пластификаторов ДОС приводит к повышению морозостойкости (вплоть до - 50 °C) материала. Диактилфталаты высших спиртов рекомендуется вводить в композиции материалов, используемых в условиях тропического климата, для повышения их сопротивляемости воздействию грибов и плесени. Для значительного повышения ударной прочности, морозо-, масло- и бензостойкости ПВХ- пленок в смесь добавляют полимерный пластификатор на основе бутадиеннитрильного каучука (СКН- 26 или СКН- 40), который совмещается с ПВХ в любых соотношениях. Этот пластификатор не выпотевает и способствует сохранению эластичности материала до температуры - 30 °C. В качестве стабилизаторов используются соединения, способствующие стабильности ПВХ в процессе переработки и облегчающие этот процесс: стеараты кальция, кадмия, свинца, смешанные кадмиево- бариевые соли жирных кислот, иногда в сочетании с эпоксидированным маслом. Для получения прозрачных пленок применяют достаточно дорогие, но обладающие хорошими термо- и светозащитными свойствами оловоорганические соединения (дibuтиллаурат, дibuтилмалеинат,

дибутилмеркапид и т. п.). Введение наполнителей обусловлено главным образом стремлением к снижению стоимости пленочных материалов, а также к приданию им различных специальных свойств (непрозрачность, светостойкость, повышение твердости). В качестве наполнителей обычно используют липотон или сепарированный мел, введение которого в количестве 15- 30 мас. ч. На 100 мас. ч. Полимера особенно важно при использовании менее высокомолекулярного и более дисперсного ПВХ марки С- 65. При получении пленок, подвергающихся усиленному атмосферному строению (плащевых, для сельского хозяйства и т. п.), в состав смеси вводят хлорпарафин, придающий пленкам негорючесть и антигрибковые свойства. Растворимые в полимере органические красители, основным недостатком которых является невысокая стойкость и склонность к миграции, используют в производстве ПВХ- пленок сравнительно редко главным образом для получения прозрачных материалов. Чаще всего применяют минеральные и органические пигменты и их комбинации. Тип и количество вводимых пигментов широко варьируется в зависимости от требуемой окраски материала. Помимо спектральных характеристик свето- и термостойкости большое значение имеет степень дисперсности пигментов, так как от нее зависит равномерность окрашивания пленки. Для улучшения перерабатываемости ПВХ, снижения хрупкости пленки при обычной и низкой температурах и повышения их ударной вязкости в композицию смеси вводят модификаторы в количестве 10- 15 % от массы полимера. В качестве модификаторов используют хлорированный полиэтилен и каучуки, а при получении жестких пленок- тройные сополимеры акрилонитрила с бутадиеном и стиролом (АБС- пластики). Необходимым компонентом всех жестких (не содержащих пластификатора), а во многих случаях и пластифицированных материалов на основе ПВХ являются смазки, в качестве которых применяют низкомолекулярные жидкости или полимерные вещества, плохо или совсем не совмещающихся с ПВХ. В качестве внешних смазок, уменьшающих трение на поверхности раздела расплав- стенка перерабатываемого оборудования, а также прилипание смеси к валкам используют парафин, воски, низкомолекулярный полиэтилен; в качестве внутренних смазок- стеараты металлов и другие мыла. Использование смазок способствует повышению качества глянцевой поверхности. В композицию для получения материалов специального назначения могут входить и различные фунгициды, антипирены и антистатика [6]. При прохождении материала через область деформации на валки действуют распорные усилия, которые передаются от валков через подшпники каландра на станины. Под действием распорных усилий валки каландра подвергаются деформации. Деформация валков от действия распорного усилия вызывает искажение профиля выпускаемого материала при каландровании. Для получения тонкого листа с малой разнотолщиной по ширине на каландрах необходимо применять устройства компенсации прогиба

валков. Методы компенсации (уменьшения) прогиба валков должны обеспечивать возможность регулирования величины прогиба. Обычно на каландрах для компенсации прогиба валков применяются: 1) бомбировка (рис. 4. а); 2) переkreщивание (рис.4. б); 3) контризгиб (рис. 4. в). Рис. 4 - Методы компенсации прогиба валков

Для компенсации прогиба валков и получения листов резиновой смеси равной толщины по всей ширине листа некоторым валкам каландра при шлифовке рабочей поверхности придают незначительную выпуклость (бочкообразность) или вогнутость, Процесс придания рабочей части вала бочкообразной и вогнутой формы называют бомбировкой. Бомбировка валков производится на специальных шлифовальных станках. Величина бомбировки валков - разность между диаметрами в середине и на концах вала - обычно невелика и редко превышает 0,3- 0,4 мм для выпуклых и 0,1 мм для вогнутых валков. Величина бомбировки валков зависит от свойств перерабатываемого материала, типа операции, режима работы каландра, направления движения материала, размера машины, величины распорного усилия и др. Бомбировка обеспечивает надежную компенсацию прогиба валков только для одного типа смеси и при одних определенных условиях переработки. С изменением режима работы или при изменении рецептуры смеси необходимо менять величину бомбировки валков, что связано с большими трудностями.

Переkreщивание - это способ поворота осей некоторых валков каландра с целью уменьшения разнотолщинности листов материала, выпускаемых при каландровании. До настоящего времени применялось несколько различных конструкций механизмов переkreщивания осей валков, В современных механизмах переkreщивания ось подвижного вала перемещается в плоскости, перпендикулярной к плоскости, которая проходит через оси двух соседних валков, переkreщиваемого и непереkreщиваемого. Для этой цели применяют механизмы с подвижными клиньями. Как правило, на трех- и четырехвалковых каландрах переkreщиванию подвергают по два вала: соответственно, первый и третий, первый и четвертый, На каждый из валков устанавливают по два синхронно работающих механизма, которые отклоняют концы каждого вала в разные стороны. Вследствие переkreщивания осей вала зазор между валами на концах становится несколько больше, чем зазор в середине длины бочки вала, что равносильно бомбировке. Регулирование компенсации прогиба вала методом переkreщивания можно производить только в сторону увеличения зазора. Метод контризгиба валков (изгиб валков в направлении, обратном прогибу от распорного усилия) заключается в приложении к концам вала изгибающего момента, который или уменьшает, или увеличивает прогиб, вызываемый распорным усилием. Такой эффект достигается приложением нагрузок к концам вала с помощью гидравлических устройств. Применение обоих методов (переkreщивание осей валков и контризгиб) дает аналогичные результаты в устранении влияния прогиба. Только контризгиб позволяет

уменьшить прогиб валков от действия распорного усилия, а перекрещивание компенсирует разнотолщинность листа в сторону увеличения зазора по краям валков [7]. Заключение В основном каландровым способом изготавливают пленки из жестких и мягких композиций поливинилхлорида [8-13]. Полимер и другие компоненты загружают в смеситель, где обеспечивается получение гомогенной смеси, которая затем поступает на вальцы. С вальцев гомогенный расплав в виде ленты или жгута поступает в зазор каландра, где формируется пленочное полотно. Для изготовления пленок используют многовалковые каландры с различным расположением валков. Хорошее качество пленки обеспечивается при прохождении пленки через три зазора. Из последнего зазора пленка поступает в охлаждающее устройство, состоящее из нескольких барабанов, где пленка охлаждается за счет контакта с их поверхностью. После обрезки кромок пленка наматывается в рулоны с помощью намоточного устройства. При прохождении полимера через зазоры между валками в нем возникают высокие напряжения, направленные вдоль пленки (продольная ориентация или так называемый каландровый эффект). Несмотря на высокую температуру полимера, пленка не успевает релаксировать, что обуславливает значительную анизотропность ее свойств. Каландровым методом можно изготавливать пленки толщиной от 0,08 до 0,5 мм со скоростями приема тонких пленок более 100 м/мин.