

# Изготовление резины на ВАЛЬЦАХ



Для вальцев характерен сложный механизм течения под действием перепада давления, наложенного на вынужденное течение жидкости между непараллельными пластинами. Валки вальцев могут вращаться с различными окружными скоростями, вследствие чего, в зазоре вальцев возникают сдвиговые деформации, и при соответствующем температурном режиме на одном из валков образуется слой вальцуемого материала.



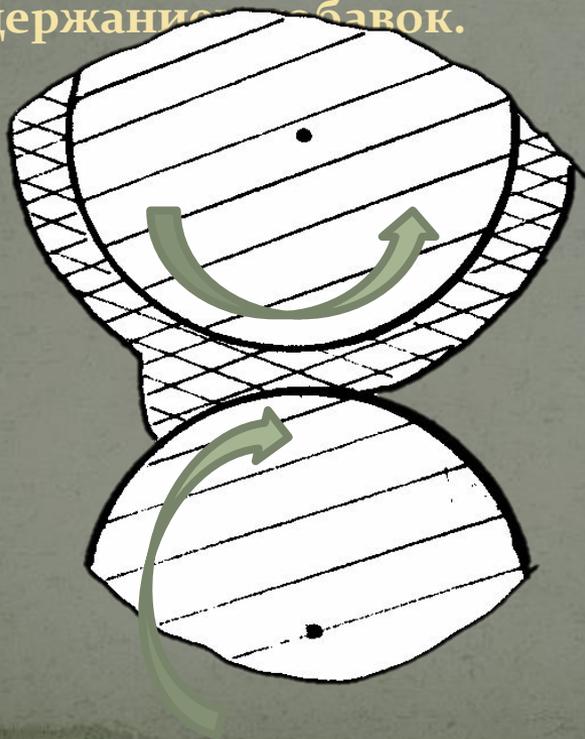
Величину зазора между валками устанавливают в зависимости от адгезионных свойств вальцуемого материала, от его способности прилипать к поверхности одного из валков. В процессе вальцевания постоянно подрезают вальцуемое полотно и многократно пропускают его через зазор валцов, вследствие чего происходит перераспределение элементов поверхности раздела



На маленьких вальцах эта процедура осуществляется вручную, и степень усреднения смеси зависит от мастерства оператора. На больших вальцах нож вальцовщика заменяет крутящееся колесико или плуг, которые непрерывно режут вальцуемое полотно на ленты и перераспределяют их. Такое перераспределение необходимо, так как на вальцах почти полностью отсутствует перемещение материала в горизонтальной плоскости. Процесс вальцевания можно вести непрерывно. Например, с одного края валков полимер в виде гранул или порошка подают в зазор вальцев, постоянно подрезают ленты расплавленных слоев смеси и перераспределяют их вдоль зазора между валками, а с противоположной стороны валков снимают готовую смесь.



В процессе вальцевания в смесь можно вводить различные добавки. Вальцы – это эффективный диспергирующий смеситель. При диспергирующем смешении разрушение агломератов происходит при достижении некоторого критического напряжения сдвига. Из всех видов смешения диспергирующее смешение является наиболее трудоемким и дорогим процессом. Поэтому часто предварительно готовят концентрат, представляющий собой смесь с высоким содержанием добавок.



Представим схематически геометрию течения материала между вращающимися валками. Течение происходит через узкую щель с медленно изменяющейся шириной зазора. Смешение на валковых машинах для получения необходимой однородности смеси осуществляется при многократном прохождении загруженного материала через зону переработки.

Вследствие применения нагруженные слои материала движутся вместе с поверхностью валка, а из-за наличия сил вынужденного трения нагруженный слой увлекает прилегающие к нему слои, и вся масса материала начинает втягиваться в зазор. Поскольку площадь поперечного сечения по мере удаления от выходного сечения все время уменьшается, а обрабатываемый материал несжимаем, то скорости движения слоев материала, расположенных на разных расстояниях от поверхности валка оказываются размягченными. Существование переменной по расстоянию скорости приводит к возникновению в материале деформации сдвига, причем скорость деформации зависит как от величины зазора, увеличиваясь с его уменьшением, так и от частоты вращения валков, увеличиваясь с ее возрастанием.

*Движение полимера  
в зазоре между  
вращающимися валками*



Поскольку скорость сдвига однозначно связана с напряжением сдвига, которое в различных точках перерабатываемого материала различно, то есть его абсолютное значение и направление меняется в зависимости от места расположения и режима (скорость, зазор, температура), то материал, проходящий через зазор вальцев, подвергается воздействию напряжений сдвига и претерпевает существование деформации сдвига. Смесительный эффект достигается за счет формоизменения малых материальных объемов и макро перемешивание, в результате чего происходит увеличение поверхности раздела компонентов.

Как и в ряде других процессов ориентирования, увеличение поверхности раздела при обработке на вальцах наблюдается вдоль линий тока, изучение характера которых указывает на то, что в валковом зазоре существуют законы поступательного движения материала в сторону минимального зазора и циркуляционной области в виде двух завихрений клиновидной формы. Подобный механизм движения материала характерен как для ньютоновских, так и упруговязких сред. Однако в последнем случае поверхность запаса приобретает более округлую форму, а точка отрыва полимера от валка располагается на большем расстоянии от сечения минимального зазора. Резиновые смеси с высокой степенью наполнения обычно деформируются с образованием пластического ядра, движущегося с постоянной для данного сечения скоростью.

На характер деформирования влияют не только реологические свойства материала, но и технологические параметры процесса, в частности фрикция.

Чем выше фрикция, тем больше сдвигается область противотока к тихоходному валку, а при остановленном валке одно из завихрений исчезает полностью и область противотока имеет только одну зону. Увеличение скорости вращения валков и минимального зазора не меняет качественную картину деформирования термопластичных материалов, а при переработке эластомеров эти параметры являются определяющими в отношении нарушения устойчивости процесса. Таким образом, всю рабочую зону можно разделить на две области: область, где материал совершает не только поступательное, но и циркуляционное движение и область, в которой весь находящийся в зазоре материал движется в одном направлении.

Существование области циркуляционного течения и областей с различной ориентацией скоростей сдвига обуславливает возможность применения вальцев для смешения, которое происходит из-за того, что вальцуемый материал подвергается большим сдвиговым деформациям и сопутствующей им периодической переориентации расположения поверхностей раздела вследствие циркуляционного течения в первой области, и существования областей разно ориентированных деформаций сдвига.

Возникновение в проходящем через зазор материале значительных напряжений сдвига позволяет кроме смешения осуществлять на вальцах также и операцию диспергирования в полимере твердых и жидких компонентов (технический углерод, вулканизирующие добавки, мягчители, пластификаторы, стабилизаторы, красители и т. п.). Поскольку процесс диспергирования происходит тем интенсивнее, чем больше напряжение сдвига, значение крытого однозначно определяется эффективной вязкостью, то диспергирующее смешение следует вести при минимально возможных температурах, так как при этом вязкость, а следовательно, и напряжение сдвига максимальны.

Наибольшему воздействию перерабатываемый материал подвергается вблизи минимального зазора, где напряжения сдвига достигают больших значений. В циркуляционной зоне, границей которой является линия тока, образующая замкнутый контур. Градиенты скорости малы, а в отсутствии осевого перемещения и наличие замкнутости линий тока в двух клиновидных зонах приводит к малой интенсивности смесительного воздействия. Для достижения хороших результатов при смешении на практике приходится существенно увеличивать длительность процесса.

Применение фрикции и подрезки перерабатываемого материала для достижения переориентации областей перемешиваемой смеси и объему лишь частично устраняет указанные недостатки, поэтому в настоящее время созданы разнообразные конструкции для интенсификации процесса смешения на вальцах.