

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫСОКОУСАДОЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ НИТЕЙ ПРИ ВЛАЖНОТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ

Асс. Ясинская Н.Н., проф. Коган А.Г. (ВГТУ)

Для расширения области применения синтетических волокон особый интерес представляет производство высокоусадочных химических нитей, позволяющих выработать изделия с новыми потребительскими свойствами.

Соединение высокоусадочных и низкоусадочных химических нитей и последующая их термическая обработка в пряже или ткани придает текстильным изделиям повышенную объемность, которую нельзя получить у изделий, содержащих обычные виды химических нитей.

При термической обработке высокоусадочный компонент усаживается, низкоусадочный компонент располагается в основном на поверхности пряжи, принимая изогнутую форму. Это придает пряже большую пушистость, значительно уменьшает объемную массу и увеличивает объем.

Чем больше усадка высокоусадочного компонента, тем с большей объемностью пряжу можно получить.

Нами выполнены исследования зависимости усадки комбинированных высокоусадочных нитей, полученных разными способами прядения, от температуры и продолжительности влажно-тепловой обработки. Как показали экспериментальные данные, усадка одной и той же высокоусадочной полиэфирной нити в разных средах различна. Были получены нити с различными органолептическими показателями в зависимости от среды, в которой происходит усадка.

Усадка при разных теплоносителях различна. В наибольшей степени она проявляется в кипящей воде, хотя температура горячего воздуха значительно выше 180°C . При одинаковых температурах сред 120°C нить значительно меньше усаживается в горячем воздухе. Усадка в горячем воздухе приближается к усадке в паре и горячей воде, когда температура воздуха повышается до 180°C . Так для высокоусадочных полиэфирных нитей наиболее подходящей является мгновенная усадка в кипящей воде.

Неоднозначное поведение этих нитей при термообработке в различных средах объясняется различной степенью их набухания. Набухание волокон в

процессе термообработки существенно влияет на усадку и объемность нитей. Количество тепла, необходимое для получения желаемого эффекта, для набухших нитей его требуется значительно меньше по сравнению с количеством тепла, необходимым для получения того же эффекта при обработке ненабухших нитей. Это объясняется тем, что молекулы воды при кипячении проникают в полярные группы полимера и гидролизуют его. Кроме того, располагаясь в межмолекулярном пространстве, они увеличивают расстояние между отдельными молекулами по оси нити, вследствие чего она набухает. Вода также оказывает действие "смазки", при этом подвижность молекул при механических воздействиях на нить увеличивается. С увеличением расстояния между активными группами соседних молекул энергия межмолекулярных связей уменьшается, и эти связи могут частично разрушаться, что облегчает усадку нитей. Кроме того, в кипящей воде в результате неравномерности гидротации возникает определенная дезориентация молекул нити. Всем этим можно объяснить различие в степени набухания и усадке полиэфирных нитей при обработке в разных средах.

Влажно-тепловая обработка сопровождается сложным физико-механическими процессами, изменяющими надмолекулярную структуру волокон. При повышении температуры вследствие усиления тепловых колебаний отдельных звеньев макромолекул наблюдается три стадии структурных изменений в волокне.

Первая стадия характеризуется ослаблением межмолекулярного взаимодействия и ослаблением первоначальной структуры, возникшей в волокне в процессе его формирования и отделки. Эта стадия обработки протекает при температуре до 140°C в течение 7-10 с и зависит главным образом от продолжительности релаксации макромолекулярных звеньев. Все эти процессы при обработке волокон в свободном состоянии проходят в течение 2-5 мин. Одновременно со снижением внутренних напряжений и релаксацией макромолекулярных звеньев уменьшается ориентация целых макромолекул или их звеньев вдоль оси волокна. Только при полном отсутствии нагрузки релаксационные процессы могут проявиться в полной мере. При этом ориентация макромолекул не уменьшается, а даже начинает возрастать в результате перераспределения внутренних напряжений по длине волокна.

Вторая стадия характеризуется образованием вторичных надмолекулярных структур, их ростом, кристаллизацией, а также образованием новых межмолекулярных связей. После ослабления межмолекулярных связей макромолекулы, структурные элементы волокна приобретают подвижность. При этом происходит процесс возникновения новых межмолекулярных связей, который протекает во времени и резко ускоряется с повышением температуры. Ускорение процесса можно охарактеризовать величиной энергии активации. Все факторы, облегчающие движение молекул (например, водяной пар) должны снижать энергию активации. Новые межмолекулярные связи, очевидно, достаточно свободно могут образовываться только в аморфных областях волокна, так как в кристаллических областях все макромолекулы прочно связаны между собой. Вследствие этого образование новых межмолекулярных связей при термообработке волокон в них должно резко замедляться во времени по мере "насыщения" аморфных областей новыми связями. В отличие от первой стадии обработки химических волокон - ослабления молекулярной структуры, протекающей очень быстро, вторая стадия - образование новых структур - зависит от продолжительности тепловой обработки. Это объясняется тем, что с увеличением колебаний звеньев макромолекул на расстоянии менее $(2...3) \cdot 10^{-8}$ см. возникают новые межмолекулярные связи, число которых увеличивается во времени, причем для различных полимеров существует температура максимальной скорости кристаллизации, которая на $40-60^\circ\text{C}$ ниже температуры плавления. Образование новых надмолекулярных структурных элементов и уплотнение молекулярной структуры волокна ускоряются с повышением температуры до максимальной. Для полиэфирных, полиамидных и полиакрилонитрильных волокон $T = 160-190^\circ\text{C}$. Влияние температуры на скорость уплотнения молекулярной структуры описывается уравнением Аррениуса

$$K = K_0 e^{E/RT}$$

где K - константа скорости уплотнения молекулярной структуры или степень кристалличности волокна.

K_0 - постоянная.

E - энергия активации процесса уплотнения структуры.

R-универсальная газовая постоянная.

T-абсолютная температура.

Для большинства волокнообразующих полимеров $E=84-168$ кДж/моль.

На третьей стадии обработки структура, образовавшаяся на второй стадии, закрепляется путем охлаждения волокна. Этот процесс можно осуществить в течение 1-2 мин. Закрепление структуры, возникающей на первых двух стадиях обработки, возможно только при мгновенном охлаждении волокна ниже температуры стеклования