

УДК 630*839:631.532.004.8

О ВЛИЯНИИ РЕЛАКСАЦИИ НА ВЕЛИЧИНУ УСИЛИЯ
ОТРЫВА ХВОИ ОТ СТЕБЛЯ

В. И. Посметьев, А. Г. Михайлов (ФГОУ ВПО ВГЛТА)

Проблема промышленной заготовки качественной хвои все еще остается нерешенной вследствие как недооценки ее важности, так и сложности решаемых при этом задач. Многие ученые пытались выявить основные параметры, влияющие на её сохранность, транспортирование, оценки биологической ценности как сырья. С применением инновационных технологий сбора появилась необходимость учесть такое явление, как релаксация.

Релаксация характеризуется способностью материалов к самопроизвольному уменьшению напряжений при постоянном воздействии внешних сил. Это происходит в результате межмолекулярных перемещений в материале. Релаксация оценивается периодом релаксации – временем, за которое напряжение в материале снижается в $e = 2,718$ раза, где e – основание натурального логарифма. Продолжительность релаксации составляет от 1×10^{-10} секунд для материалов жидкой консистенции и до 1×10^{10} секунд (десятки лет) у твердых.

Релаксация – многоступенчатый процесс, т. к. не все физические параметры системы (распределение частиц по координатам и импульсам, температура, давление, концентрация вещества в малых объёмах и во всей системе и др.) стремятся к равновесию с одинаковой скоростью. Все процессы релаксации являются неравновесными и необратимыми процессами, при которых в системе происходит диссипация энергии, т. е. производится энтропия (в замкнутой системе энтропия возрастает); исследование этих процессов составляет предмет физической кинетики. В различных системах релаксация имеет свои особенности, поэтому её процессы весьма многообразны. Время τ установления (частичного или полного) равновесия в системе называется временем релаксации.

Достаточно полно изучен процесс протекания релаксации в металлах и сплавах, в композитных и полимерных материалах. Так отжиг при относительно низких температурах приводит к трансформации зернограничной структуры, перестройке неравновесных границ в относительно равновесные благодаря аннигиляции неравновесных дефектов, что сопровождается релаксацией напряжений вдоль границ. Очевидно, что движение зернограничных дефектов в поле

напряжений звуковой волны, их упругая релаксация приводят к дополнительной деформации и объясняют понижение эффективных упругих модулей [1]. Термообработка обычно осуществляется при температурах, лежащих в интервале кристаллизации, т. е. между точкой плавления и температурой стеклования полимера. Нагрев кристаллических полимеров при этих температурах способствует снижению вязкости полимера, что ускоряет процессы релаксации внутренних напряжений в изделиях [2].

Лившиц и Ротем [3], изучая однонаправленные стеклопластики, установили временную зависимость прочности волокна при растяжении в продольном направлении. Существование такой зависимости объясняется релаксацией напряжений в смоле, приводящей к уменьшению эффективной длины волокна. Рухманн и Ву обнаружили, что под воздействием растворителей, например, бензола, процесс релаксации напряжений ускоряется и протекает, по-видимому, одновременно с пластикацией полимера. Релаксация нормальных напряжений сжатия на поверхности раздела может отрицательно сказаться на свойствах композита, но это зависит от степени влияния остаточной деформации на передачу напряжения. Поэтому вполне вероятно, что процесс релаксации напряжений в смоле способствует понижению прочности волокнистых полимерных композитов, которое наблюдается при старении на воздухе.

Кристаллическое тело, переведенное воздействием внешних сил в неравновесное состояние, всегда стремится возвратиться обратно в равновесное состояние. Процесс перехода кристаллического тела из неравновесного состояния в равновесное называют релаксационным.

Еще в первой половине прошлого столетия были отмечены факты самопроизвольного уменьшения внутренних напряжений. По мнению Пуассона, в жидкостях в течение некоторого времени непрерывно выравниваются или ослабляются напряжения от внешнего давления. Распространив эту мысль на твердые тела, К.Максвелл сделал предположение, что спадание (или релаксация) напряжений в функции времени пропорционально величине напряжения. Он рассматривал твердое тело как упруго-вязкую систему, сочетающую в себе идеально упругое тело Гука и идеально вязкое тело Ньютона.

При релаксации же происходит исчерпывание (или «истощение») легко подвижных дислокаций. В каждый последующий момент напряжение меньше, чем в предыдущий, и поэтому интенсивность действия источников непрерывно уменьшается во времени. Уменьшение плотности легкоподвижных дислокаций

и их связывание в устойчивые системы ведут к упрочнению. Но при высоких температурах интенсивность разупрочнения путем переползания и двойного поперечного скольжения дислокаций (при неизменной температуре) оказывается повышенной. В результате в условиях релаксации упрочнение незначительно и зависит от интенсивности снижения напряжения.

Известны различные методы изучения релаксации напряжений в условиях одноосного растяжения, которые отличаются, в частности, тем, является ли разгрузка образца в процессе испытаний необходимым для периодического измерения остаточного напряжения или нет.

Еще в 1953 г. Б.М. Ровинским и В.Г. Лютцау [4] был разработан метод испытаний, при котором периодически измеряют поперечное сечение образца, начальная продольная деформация которого остается постоянной.

Поперечную деформацию в испытаниях при комнатной температуре измеряют с помощью специальных чувствительных датчиков, а при повышенных температурах – методом обратных рентгеновских снимков поперечной упругой деформации решетки.

Факторы, влияющие на протекание процесса релаксации напряжений, можно разделить на внутренние – зависящие от испытываемого материала и внешние – от него не зависящие.

К числу внутренних факторов относятся: химический состав материала; структура: макро- и микроструктура, тонкая (мозаичная и дислокационная) структура; технологические особенности: способ выплавки, обработка давлением, наклеп, термическая обработка.

К главным внешним факторам относятся: условия нагружения и разгрузки; начальное напряжение; время (срок службы детали); температура; масштабный фактор.

Релаксация в древесине протекает сначала по круто нисходящей (экспоненциальной) кривой, затем приближающейся к своей горизонтальной асимптоте. Зависимость мгновенного модуля упругости древесины от ее влажности обратная. Она близка к линейной. Сильно выражена обратная зависимость мгновенного модуля упругости от температуры t . С повышением температуры и влажности древесины упругие деформации уменьшаются быстрее, переходя в остаточные как в закрепленном на концах стержне, так и в сечении пиломатериалов, в которых упругие деформации возникли в процессе сушки. Лазуркин – Аскадский обнаружили интересный эффект. Если образец, в котором происхо-

дит релаксация напряжений, разгрузить, сохраняя длину фиксированной, то, так как после разгрузки исключена деформация упругого последствия, вновь возникнут напряжения [5].

Экспериментами выявлена значительная зависимость восстановления прочности связи хвоинки со стеблем от времени выдержки в период от конца нагрева или охлаждения до момента включения механизма отрыва установки. Опытами установлено, что среднее время частичного восстановления прочности крепления хвоинки к стеблю (релаксации) составило 600 с при глубоком охлаждении, 800 с при СВЧ-обработке и 900 с при нагреве. За это время значения усилий отрыва хвоинки увеличились в 3,5, 2,2 и 7,5 раза, а максимальные значения усилий отрыва хвоинки в конце релаксации составили 2,1, 1,6 и 2,4 Н, соответственно. Эти значения усилий соответственно в 1,8, 2,4 и 1,6 раза меньше значения усилия отрыва у контрольного образца хвоинки и стебля в нормальных условиях без воздействия нагрева и охлаждения.

Экспериментально было также исследовано влияние влажности окружающей среды в месте крепления хвоинки со стеблем на параметры релаксации (времени и величины усилия отрыва хвоинки). В частности, при зафиксированных условиях проведения опытов в лаборатории: давлении 0,1013 ... 0,1014 МПа, температуре 16 ... 18 °С и влажности воздуха 40 ... 45 %, продолжительность времени релаксации с увеличением относительной влажности на 10, 20 и 30 % уменьшилась в среднем соответственно на 7, 12 и 20 %. При этом влияние способа нагрева или охлаждения хвоинки и стебля оказалось незначительным. В аналогичных условиях величина усилия отрыва хвоинки повысилась незначительно – в среднем соответственно на 3, 5 и 9 %, т. е. находилась в пределах ошибки измерений [10].

Выявленная релаксация, очевидно, объясняется частичным восстановлением внутренней структуры (формы и геометрических размеров клеток и др. элементов) ножки хвоинки и стебля в результате интенсивного насыщения их влагой, вытесненной ранее. В тоже время изменение влажности в аналогичных опытах с контрольными образцами хвоинок и стеблей не выявили заметной релаксации. Однако этот вопрос требует проведения дополнительных исследований для уточнения отмеченных зависимостей.

Библиографический список

1 Валиев Р. З. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией / Р. З. Валиев, И. В. Александров. – М.: Логос, 2000. – 271 с.

2 Малышев К. А. Фазовый наклеп аустенитных сплавов на железоникелевой основе / К. А. Малышев, В. В. Сагарадзе, И. П. Сорокин [и др.]. – М.: Наука, 1982. – 261 с.

3 Браутман Л. Н. Поверхности раздела в полимерных композитах Том 6 / Л. Н. Браутман [и др.]. – М.: Мир, 1978. – 294 с.

4 Лютцау, В. Г. Методы изучения релаксационной стойкости / В. Г. Лютцау, Б. М. Ровинский // Заводская лаборатория. – 1957. – №9. – С. 61.

5 Филин А. П. Прикладная механика твердого деформируемого тела. Том 1 / А. П. Филин // Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1975. – 832 с.

6 Посметьев, В. И. Обоснование способа и схемы установки для отделения хвои [Текст] / В. И. Посметьев, О. С. Калашникова // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: Материалы международной научно-технической конференции. – Вологда: ВоГТУ, 2006. – 28-30.