УДК 620.179.16. ПРАКТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ИМПУЛЬСНЫМ МЕТОДОМ

И.В. ПАВЛОВ ГОУ ВПО «СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАОЧНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» Санкт-Петербург, Россия

В работе рассматриваются особенности практического определения модуля упругости конструкционных композиционных материалов ультразвуковым импульсным методом. Доклад сопровождается компьютерной презентацией, в которой приведены схемы проведения измерений, фотографии приборов и различные рабочие моменты проведения измерений.

Определение модуля упругости композиционного материала в конструкциях всегда было актуальной задачей. Особенностью материалов этой группы является то, что чаще всего они не существуют самостоятельно и не изготавливаются на специализированных предприятиях, как, например, металлический прокат, сортамент, а создаются непосредственно в процессе создания самих конструкций. В этих условиях, даже при крупносерийном производстве очень трудно обеспечить стабильность технологического процесса, и, как следствие, - стабильность физико-механических характеристик, и, в первую очередь, модуля упругости. Широко применяющийся в настоящее время метод изготовления образцов-свидетелей для разрушающих испытаний обладает недостаточной достоверностью. На результаты оказывает значительное влияние условия испытаний, температурновлажностное состояние оборудования и исследуемого материала, формы и размеры образцов, жесткости испытательных машин и много других факторов [1]. Кроме этого образцы очень часто не идентичны изготавливаемым изделиям. Причин несоответствия много, основными из которых являются, в случае изготовления изделий из бетона, следующие:

 заливка крупногабаритных изделий производится несколько часов, а то и несколько смен, порциями, с виброуплотнением. Процесс твердения начинается сразу, после изготовления бетонной смеси, поэтому каждая порция имеет отличные от предыдущей физико-механические характеристики, и, в первую очередь, – вязкость. В процессе виброуплотнения крупногабаритный наполнитель оседает в нижние слои – наблюдается фракционное расслоение [2], что ведёт к послойному изменению физикомеханических характеристик;

2) в результате изменения вязкости и вариации фракционности наполнителя по толщине изделия изменяется прочность связи бетонной смеси с

металлической арматурой, качество заполнения межарматурного пространства и т.д.

Образцы, чаще всего кубики с ребром 100 мм (по ГОСТ 17624-87), отливаются отдельно и на них не влияют вышеперечисленные параметры. Кроме того, процесс твердения бетона в кубиках и крупногабаритных изделиях происходит по-разному, что также влияет на свойства готового изделия.

В случае изделий из стеклопластиков, углепластиков и других волокнистых материалов с полимерной матрицей разница между образцами и реальными изделиями может быть еще более значительной. Цилиндрические силовые корпусные конструкции изготавливаются чаще всего намоткой стеклотканью или стеклонитью в разных комбинациях. Оптимальное соотношение компонентов в процессе изготовления изделия контролируется наблюдением за вязкостью (температурой) смолы и величиной натяга наполнителя. В случае многослойности конструкции натяг во внутренних слоях ослабевает, что ведёт к искривлению арматуры, непрогнозируемому изменению физико-механических свойств во внутренних слоях. При изготовлении образцов-свидетелей прессованием из этого же материала идентичности свойств образца-свидетеля и готового изделия не удаётся добиться. Часто практикуемое изготовление оболочек большей, чем необходимо длины для изготовления из прибыльной части образцов наиболее эффективно, но также необходимо учитывать, что на краях оболочки, при намотке происходит изменение направления намотки, и, как следствие, уменьшение натяга. Кроме того, волокнистые композиционные материалы плохо поддаются механической обработке. В процессе вырезки образцов в них образуются микротрещины, возможно межслойное расслоение, что также ведёт к неидентичности образцов и реальных изделий.

В этих условиях для определения прочностных и деформативных характеристик материала в изделиях хорошо зарекомендовал себя ультразвуковой импульсный метод. Для его реализации ряд отечественных и зарубежных фирм выпускает недорогие и удобные компьютеризированные приборы, позволяющие определять плотность, прочность и упругость материала. Необходимо отметить, что в компьютеризированности приборов часто кроются причины грубых ошибок и промахов при их применении. Потребители, доверяя рекламным заверениям изготовителей, не утруждают себя изучением теоретических предпосылок и считают, что приборы действительно измеряют прочность, плотность и упругость материала в изделиях в любых условиях и с точностью оговорённой в паспорте прибора. Однако это не так. Приборы измеряют лишь один параметр - время прохождения ультразвукового импульса от излучателя к приёмнику, и в паспортах к приборам оговаривается только точность определения этого параметра на эталонном образце, прилагаемом к прибору и обладающим малым и известным затуханием ультразвука. Остальные параметры вычисляются прибором по заложенным в его память корреляционным уравнениям.

Рассмотрим возможные ошибки, ведущие к значительным промахам в процессе проведения и трактовки результатов неразрушающего контроля:

1) неправильное определение базы измерения, т.е. расстояния от излучателя до приёмника;

2) неправильное определение времени прохождения УЗК базы измерения;

 незнание операторами, производящими контроль принципов работы прибора, что часто приводит к грубым ошибкам.

Напомним, что модуль упругости, в первом приближении, связан со скоростью ультразвука функциональной зависимостью вида:

$$E = C2\rho \tag{1}$$

Предел прочности о связан со скоростью только корреляционной зависимостью, т.е. известно, что с увеличением прочности скорость УЗК в материалах растет и только. Это и понятно, так как модуль упругости и предел прочности не связанные между собой функционально величины. Для вывода корреляционной зависимости необходимо провести серию совместных разрушающих и неразрушающих испытаний на образцах (помня про все неприятности, связанные с разрушающими испытаниями, указанными в начале статьи) и только после этого можно применять ультразвуковой импульсный метод для определения прочности материала, не на минуту не забывая о вычисленном коэффициенте корреляции. Понятно, что уравнение корреляции, выведенное для одной марки бетона или стеклопластика, может совершенно не подходить для другой марки.

Далее в докладе рассматриваются пути преодоления вышеперечисленных ошибок и практические рекомендации по проведению неразрушающего контроля и диагностики, выбору аппаратуры для разнообразных строительных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Латишенко, В. А. Диагностика прочности и жесткости материалов / В. А. Латишенко. – Рига : Зинатне, 1968. – 320 с.

2. Штенгель В. Г. Ультразвуковой контроль структуры бетона / В. Г. Штенгель // В мире неразрушающего контроля. – 2004. – №1 (23). – С.4–7.

3. Потапов, А. И. Контроль качества и прогнозирование надёжности конструкций из композиционных материалов (Межиздательская серия «Надёжность и качество») / А. И. Потапов. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1980. – 261 с.

4. **Павлов, И. В.** К вопросу комплексного применения методов и средств контроля и диагностики технического состояния конструкции / И. В. Павлов, В. Е. Гордиенко / Контроль. Диагностика. – 2007. – № 9. – С. 21–23.