

ИСПЫТАНИЯ НА УСЛОВНЫЙ СДВИГ И ОТРЫВ ЗАМКНУТЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Калиниченко М. Л., Долгий Л. П.

Белорусский национальный технический университет
m.kalinichenko@bntu.by

Annotation. The article present a methodology for assessing the quality of closed volumetric connections obtained using additive technologies. A mathematical analysis of the loads experienced by this connection was carried out. A method for assessing closed volumetric connections for various types of destructive deformations is proposed. Diagrams of samples for testing and recommendations for their use are provided.

В настоящий момент аддитивные технологии широко используются, например, в производстве готовых изделий, а также для соединения изделий, полученных иными способами. Аддитивные технологии имеют весьма многогранное значение, в которое входит значительное количество процессов, различных по методологии, но близких, по сути. Это может быть 3D-печать, лазерное структурирование, а также технология склеивания. Для их оценки существует ряд изученных методов и методик [1]. Линейные испытания хорошо изучены и гостированы, в отличие от испытаний сложных клеевых соединений и, если рассматривать вопрос в целом, представляют собой большую научную проблему. Примером может послужить создание щелевых фильтров для водоподготовки. Они представляют собой цилиндрическое тело со штуцером для воды в одном торце (второй торец глухой) и прорезанными лазером щелями толщиной около 200 мкм по бокам. Соединение заготовок в единое целое представляет собой большую проблему, так как сечение щелей незначительно, и соединение его с другими составляющими изделия с помощью аргоновой или иных видов сварки приводит к короблению детали и перекрытию щелей.

Для оценки качества клеевого шва, работающего в таких условиях, авторами были предложены модели для испытаний на условный отрыв и условный сдвиг. Клеевой шов значительно лучше сопротивляется силам, работающим на отрыв, чем сдвиговым деформациям.

Исходя из закона Паскаля: давление, приложенное к внешней поверхности жидкости, не нарушающее ее равновесия, передается всем точкам этой жидкости без изменения. Сила F равна произведению давления P на площадь S . Или $F = P \cdot S$. Сила, приложенная к цилиндрической поверхности более высокого цилиндра $F = P \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot H$, будет больше, чем соответствующая сила у цилиндра с меньшей высотой $F = P \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot h$, где R – радиус днища, H и h – соответственно высота большего и меньшего цилиндров.

Силы же, приложенные ко дну (торцу) цилиндров, будут одинаковыми по величине Сила, приложенная к торцу цилиндра f , обеспечивает отрывные усилия на шов, сила, приложенная к боковой поверхности F , вызывает сдвиговые усилия. Шов (место склеивания) в обоих случаях подвергается одинаковым отрыв-

ным усилиям, но различным сдвиговым, при этом, чем больше высота (образующая) цилиндра, тем больше это усилие. Это приводит к тому, что место приклеивания дна к цилиндрической поверхности выдерживает значительно большее давление, когда высота цилиндра меньше.



Рисунок 1 – Модели для проведения гидро- или пневматических испытаний:

a – модель для проведения испытаний на условный отрыв;

б – модель для проведения испытаний на условный сдвиг

Отношение силы, вызывающей условный сдвиг, $F_{сдв}$, к силе, вызывающей условный отрыв, $f_{отр}$, выразится следующим образом:

$$\frac{F_{сдв}}{f_{отр}} = \frac{P \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot h}{P \cdot \pi \cdot R^2} = \frac{2 \cdot h}{R}.$$

Это отношение будет больше единицы, когда $h > 0,5 \cdot R$. При наличии фланца последнее соотношение примет вид:

$$\frac{F_{сдв}}{f_{отр}} = \frac{P \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot h}{P \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2)} = \frac{2 \cdot R \cdot h}{R^2 - r^2}.$$

Данное отношение будет больше единицы, когда $2 \cdot R \cdot h > (R^2 - r^2)$, или $h > 0,5 \left(\frac{R^2 - r^2}{R} \right)$. И если $h > 0,5 \cdot R$, то тем более h будет больше, чем $0,5 \left(\frac{R^2 - r^2}{R} \right)$, что объясняет отрыв днища именно с фланцем.

Был получен ряд испытательных образцов для проведения гидродинамических испытаний на базе участка водоподготовки ОАО «Белэнергоремналадка» и последующих промышленных испытаний на базе ОАО «Минскводоканал».

Вывод. По результатам испытаний и подтверждающего расчета было доказано, соответствие полученных экспериментальных данных, предложенному физико-математическому обоснованию, которое позволяет оценивать усилия на условный отрыв и условный сдвиг в замкнутых объемных соединениях. Приоритет применения данного метода, может быть отнесен к клеевым соединениям работающих в условиях разрушающих нагрузок приложенных равномерным или скачкообразным воздействием давления внутри замкнутого объема.

Список использованных источников

1. Петрова, А. П. Методы испытания клеевых соединений / А. П. Петрова // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2013. – № 12. – С. 25–30.