

А.А. Борозна, доц., канд. тех. наук;
 А.В. Сергеевичев, проф., д-р техн. наук;
 И.И. Костюков, доц., канд. тех. наук;
 М.А. Дедерер, асп.
 (СПбГЛТУ, г. Санкт-Петербург, Россия)

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ НА ПРОЧНОСТЬ АРМИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ДРЕВЕСНО-СЛОИСТЫХ ПЛАСТИКОВ

Изделия, изготавливаемые из древесно-слоистого пластика, имеют ту особенность, что они калибруются на очень малую толщину 0,2–0,5 мм. При такой толщине деталей шероховатость поверхности, входящее в допуск на обработку, оказывает заметное влияние на прочность армирующих полос и в конечном итоге на прочность и жесткость готового изделия [1, 2].

Известно, что прочность составных деталей малого сечения из древесно-слоистого пластика сильно зависит от шероховатости поверхности. На прочность массивных деталей шероховатость поверхности оказывает меньшее влияние [3, 4]. Однако, если размеры деталей и высота неровностей микропрофиля поверхностей находятся в сравнимых пределах, то влияние шероховатости поверхности таких деталей на их статическую прочность, как показывают проведенные нами исследования, становятся весьма значительными.

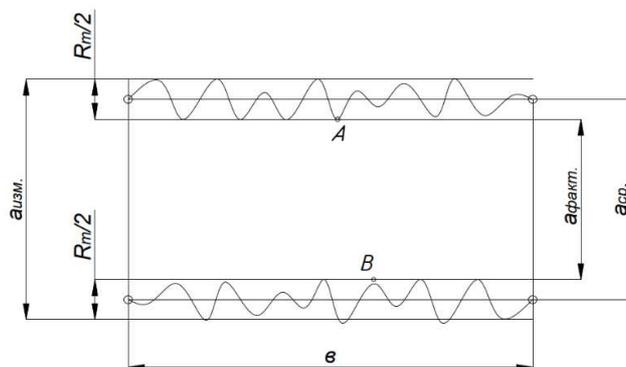


Рисунок 1 – К определению влияния шероховатости поверхности на прочность армирующих элементов изделий

Теоретически это можно объяснить следующим образом. При измерении толщины откалиброванной детали (рис. 1) мы получаем размер детали по выступам неровностей микропрофиля - $a_{изм}$. Чистый или воспринимающий нагрузку размер детали по впадинам микропрофиля можно получить методами вычислений:

$$a_{\text{факт}} = a_{\text{изм}} - 2R_m, \quad (1)$$

где $a_{\text{факт}}$ – фактическая чистая толщина детали по впадинам микропрофиля; $a_{\text{изм}}$ – измеренная толщина детали – размер детали по выступам микропрофиля; R_m – максимальная высота неровностей микропрофиля; 2 – учитывает, что деталь имеет одинаковую шероховатость с двух сторон.

Допустим, что по длине детали найдется хотя бы одно такое сечение, в котором максимальные величины впадин микропрофиля будут находиться друг напротив друга.

Например, точки А и В на рис. 1.

Таким образом, при расположении впадин шероховатости поперек направления действия нагрузки сечение А-В фактическая толщина детали, воспринимающая нагрузку и задающую ее прочность будет меньше от измеряемой толщины на удвоенную величину максимальной высоты неровностей микропрофиля поверхности R_m . Прочность детали (усиление, выдерживаемое деталью) в общем случае будет равно:

$$P = [\sigma]S, \quad (2)$$

где P – усилие, выдерживаемое деталью; $[\sigma]$ – допустимое напряжение для материала, из которого изготовлена деталь; S – площадь сечения детали.

Рассмотрим образец шириной равной единице, тогда:

$$S = b \cdot a_{\text{факт}}, \quad (3)$$

где b – ширина детали.

Рассмотрим образец с шириной равной единице, тогда:

$$S = 1 \cdot a_{\text{факт}} = a_{\text{факт}}, \quad (4)$$

Подставляя (1) в (4) и (4) в (2) и учитывая, что $b = 1$, сила, выдерживаемая единицей ширины детали при постоянной толщине, выразится формулой:

$$P = [\sigma] \cdot (a_{\text{изм}} - [\sigma] \cdot 2R_m). \quad (5)$$

Если принять формулу (5) постоянным, а R_m изменяющимся, то нетрудно заметить, что прочность детали линейно зависит от R_m . Влияние шероховатости поверхности на прочность будет тем сильнее, чем меньше толщина детали, так как в этом случае практически небольшая шероховатость повлечет за собой большое относительное уменьшение фактического размера детали по впадинам микропрофиля по сравнению с измеряемым размером.

Покажем это на примере. Пускай имеем две детали с пределом прочности при растяжении $[\sigma_p] = 50 \text{ Н/мм}^2$, обработанные в одинаковый размер 0,40 мм. Первая имеет шероховатость 10 мкм, вторая – 40 мкм. Фактическая толщина детали в первом случае, согласно формуле (2), будет равна:

$$a_{\text{факт}} = a_{\text{изм}} - 2R = 0,4 - 2 \cdot 0,010 = 0,38 \text{ мм.} \quad (6)$$

А усилие, выдерживаемое деталью согласно (2) при ее ширине равно 10 мм, составит:

$$P = 5 \cdot 0,38 \cdot 10 = 190 \text{ Н.} \quad (7)$$

Во втором случае фактическая толщина детали составит:

$$a_{\text{факт}} = 0,4 - 2 \cdot 0,040 = 0,32 \text{ мм.} \quad (8)$$

А выдерживаемое ею усилие будет равно:

$$P = 5 \cdot 0,32 \cdot 10 = 160 \text{ Н.} \quad (9)$$

Если принять, что R_m стремится к 0, то тогда фактический размер будет равен измеряемому, т.е. $a_{\text{факт}} = a_{\text{изм}} = 40 \text{ мм}$, а выдерживаемое усилие будет равно 200 Н. Следовательно, в первом случае при $R = 10 \text{ мкм}$ относительное ослабление:

$$\Delta p = \frac{20 - 19}{20} \cdot 100\% = 5\%. \quad (10)$$

А во втором случае, при $R_m = 40 \text{ мкм}$:

$$\Delta p = \frac{20 - 16}{20} \cdot 100\% = 20\%. \quad (11)$$

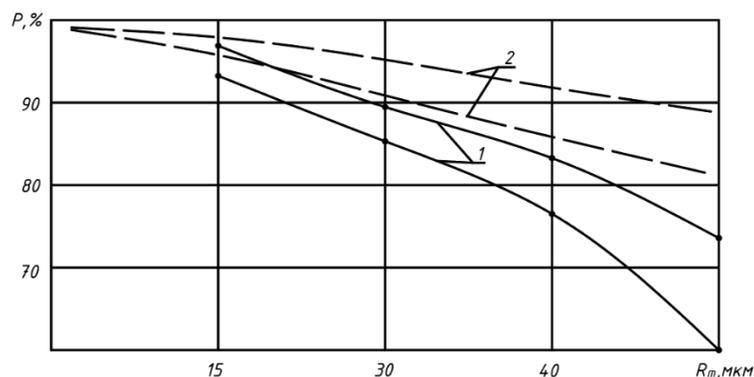
Аналогично при $R_m = 60$; $\Delta p = 30\%$; $P = 140 \text{ Н}$.

Из приведенного примера видно, насколько большое влияние оказывает шероховатость поверхности на прочность таких тонких деталей, каковыми являются армирующие элементы изделий из древесно-слоистых пластиков. Таким образом, чтобы получить максимальную прочность армирующих полос из древесно-слоистых пластиков, необходимо обработать их с минимальной шероховатостью.

Если впадины микропрофиля располагаются вдоль направления действия нагрузки, в этом случае площадь, воспринимающая нагрузку, будет равна произведению ширины детали на размер $a_{\text{факт}}$ (рис.1), рассчитанной по средним линиям микропрофиля поверхности.

И поскольку:

$$a_{\text{ср}} = a_{\text{изм}} - R_z. \quad (12)$$



1 – экспериментальная зависимость; 2 – теоретическая зависимость

Рисунок 2 – Зависимость прочности армирующих элементов древесно-пластиковых материалов от шероховатости при испытании на растяжении вдоль направления армирования

Подставляя в формулу (12) при постоянном $[\sigma]$ и фиксированных значениях $a_{изм}$ текущее значение $0 \leq R_z \leq 60$ мкм, получим графики теоретической зависимости прочности армирующих элементов изделий от шероховатости обработанной поверхности при разной толщине этих деталей (рис. 2). Эти графики имеют линейный характер, поскольку в формулу (12) все величины входят в первой степени.

В результате проведенных экспериментов установлено, что качество обработанной поверхности оказывает существенное влияние на прочность армирующих элементов и прочность их клеевых соединений с древесиной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Братан С. Идентификация параметров съема при комбинированном шлифовании // Материалы международной научной конференции ДонГТУ. «Современные технологии и системы механической обработки древесины». Донецк, 2000. С. 24–32.
2. Новоселов Ю.И. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке. Севастополь: СевНТУ, 2012. 304с.
3. Sergeevichev, A., Vlasov, E., Lebedev, A., Bogatova, E. Investigation of the Surface Quality and Tool Wear When Forming the Edges of Wood Materials // Guda, A. (eds) Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles. NN 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, 2023. vol 509. Springer, Cham. doi.org/10.1007/978-3-031-11058-0_155.
4. Сергеевичев А.В., Костюков И.И., Михайлова А.Е., Войнаш С.А. Абразивный инструмент из сферокорунда для обработки древесины // Известия высших учебных заведений «Лесной журнал» №5. Архангельск: АГТУ, 2022. С.131-142. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-5-131-142.