

## ВЛИЯНИЕ НАГРЕВА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Наличие остаточных напряжений оказывает определенное влияние на свойства материалов [1]. Поэтому исследование возможности изменения величины и знака остаточных напряжений в композиционном материале путем последующих нагревов и охладений представляет определенный интерес.

Для изучения влияния последующей термической обработки на механические характеристики композиции Д16М-Х18Н10Т проводились испытания образцов на растяжение на 5 тонной разрывной машине *Riehle Testing Machine*. Исследования выполнялись на образцах с различным объемным содержанием волокна - от 4-16%. Увеличение  $V_f$  достигалось путем изменения шага между волокнами. Для каждого вида композиции испытывалось не менее трех образцов. Отжиг образцов производился в интервале температур 100-500°C. Результаты исследований представлены на рис.1. Исследование влияния отжига в используемом интервале температур на изменение механических характеристик волокна и матрицы показали, что предел прочности волокна практически остается неизменным при отжиге во всем исследуемом интервале температур. Прочность же матрицы, подвергнутой взрывной обработке, существенно меняется в зависимости от температуры отжига.

Как видно из графика, предел прочности материала матрицы минимален после отжига при температуре 300°C. При увеличении температуры отжига  $\sigma_f^*$  повышается, так как сплав Д16 является термически упрочняемым алюминиевым сплавом с температурой закалки 495-500°C (2). Во всех исследуемых случаях время выдержки при отжиге составляло 1 час.

Для сравнительной оценки изменения предела прочности после отжига при различных температурах строилась теоретическая кривая изменения свойств композиции Д16-Х18Н10Т. Расчет производился по формуле, основанной на правиле смесей [3].

Для каждой исследуемой температуры отжига при построении теоретической кривой за значение  $\sigma_m^*$  бралось значение  $\sigma_f^*$  на основании результатов, представленных на рис.2.

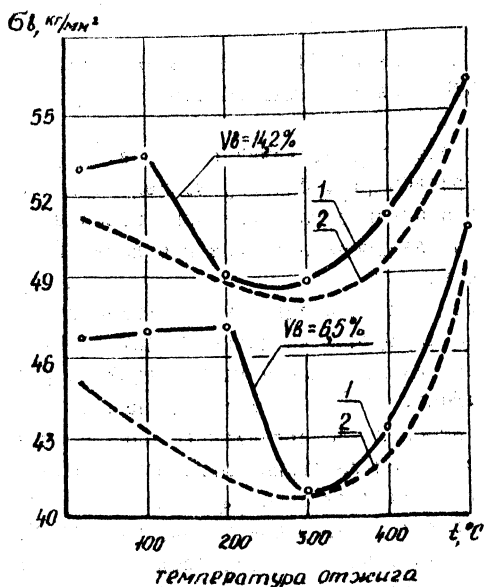


Рис. 1. Влияние температуры отжига на предел прочности при растяжении композиции Д16М-Х18Н10Т с различным объемным содержанием волокна

Как и следовало ожидать, экспериментально полученные значения предела прочности композиции не совпадают с расчетными. Так как предел прочности волокна в исследуемом интервале температур остается постоянным, а изменение предела прочностей матрицы учитывается при расчете теоретической кривой, то можно предположить, что отклонение  $\sigma_t^k$  происходит в результате изменения уровня внутренних напряжений в композиции. Так, например, отжиг при высокой температуре (100–150°C) приводит к некоторому повышению  $\sigma_t^k$ , что можно отнести за счет частичного снятия внутренних растягивающих напряжений в волокнах. При увеличении температуры отжига  $\sigma_t^k$  резко снижается и достигает значения, рассчитанного по правилу смесей. Так как теоретически кривая рассчитана без учета внутренних напряжений в композиции, то можно предложить, что в случае со-

впадения теоретической и расчетной кривых внутренние напряжения в композиции отсутствуют.

При дальнейшем увеличении температуры отжига значения  $\sigma_r^k$  вновь увеличиваются, что можно объяснить следующим образом. В результате отжига при температуре, превосходящей значение температуры снятия внутренних напряжений, во время охлаждения в композиции возникают термические остаточные напряжения. Так как коэффициент термического расширения волокон намного меньше, чем коэффициент термического расширения матрицы, то в волокнах при охлаждении с достаточно высоких температур возникают остаточные напряжения сжатия, а в матрице - растяжения. Вследствие этого при последующем растяжении волокна могут выдержать большую нагрузку, чем до отжига, и предел прочности композиции несколько повышается.

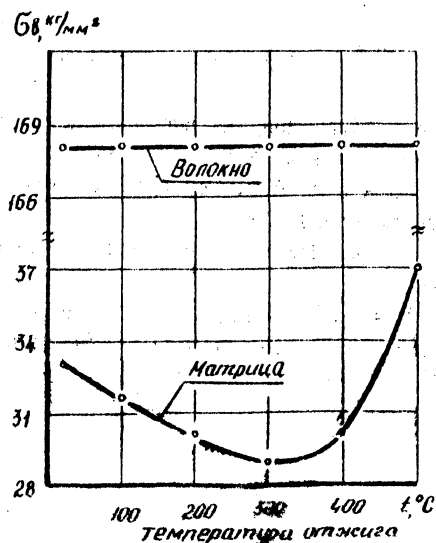


Рис. 2. Изменение предела прочности на растяжение волокна из стали X18H10T и матрицы из сплава Д16М в зависимости от температуры отжига.

Таким образом, для улучшения механических характеристик композиционных материалов рекомендуется производить низкотемпера-

турный отжиг. Температура отжига не должна превышать температуру разупрочнения материала матрицы, однако, при этом быть достаточно высокой, чтобы в процессе охлаждения в волокнах создавались осевые сжимающие остаточные напряжения. При приложении растягивающей нагрузки они суммируются с внешними напряжениями. Вследствие этого условие прочности композиционного материала с учетом внутренних сил принимает вид

$$\sigma_b^k = (\pm \sigma_{ост}^b + \sigma_b) \cdot Vb + (\pm \sigma_{ост}^m + \sigma_m)(1 - Vb)$$

#### Л и т е р а т у р а

1. О д и н г И.А. Допускаемые напряжения в машиностроении и нелинейная прочность металлов. М., Машгиз, 1962.
2. К о л о б н е в И.Ф. Термическая обработка алюминиевых сплавов. М., Металлургия, 1961.
3. К е л л и А. Механические свойства новых материалов. М., "Мир", 1966.
4. Wylir U.K. Williams J.D. Crossland B. Fabrication of metal-metal wire composite materials by use of explosive. „Weld and Metal Fabrication“ 1971, 39, №6