

## ОБРАТНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ СРЕЗУ ОТ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ В ТИТАНОВЫХ СПЛАВАХ. ПРИЧИНЫ И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ СРЕЗУ

Гребеньщиков А.С., Волкова Н.П., Волков А.В., Ледер М.О., Калиенко М.С.

ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА», г. Верхняя Салда, Россия,

[grebenshchikov\\_as@vsmo.ru](mailto:grebenshchikov_as@vsmo.ru)

Растущие требования к прочности крепежа изготавливаемого из титановых сплавов обусловили необходимость использования для этой цели высокопрочных  $\alpha+\beta$  титановых сплавов с пределом прочности до 1500 Мпа. Однако, при достижении некоторой прочности, дальнейшее её повышение приводит к отсутствию роста или даже падению значений сопротивления срезу.

Начало текучести при чистом сдвиге по условию текучести Мизеса  $\tau_s = \frac{\sigma_y}{\sqrt{3}} = 0.577 \sigma_s$ . Для  $\tau_s$  и  $\sigma_b$  зачастую применяют коэффициент  $\frac{\tau_s}{\sigma_b} = 0.6 \div 0.63$ , которое выполняется для сплавов мартенситного класса типа ВТ6 (Ti6Al4V). На высокопрочных сплавах  $\alpha+\beta$  класса при повышении прочности наблюдается линейное снижение коэффициента  $\frac{\tau_s}{\sigma_b}$  вплоть до 0.39.

Целью настоящей работы является поиск корреляции снижения сопротивления срезу с ростом прочности от структуры материала, а также напряженного состояния при испытании.

Материалом работы служили прутки после горячей прокатки из сплавов VST55531, VST3553, VT22, VT16, а также проволока из сплава VST55531 подвергнутая холодному волочению. На материал накладывались режимы термообработок позволяющие получить широкий диапазон прочностных характеристик. Испытание на двойной срез проводилось на цилиндрических образцах диаметром 3 мм и 12 мм по методике NASM 1213-13. Испытание на кручение проводилось на цилиндрических образцах с диаметром рабочей части 10 мм по ГОСТ 3565-80.

На рис. 1 представлены экспериментальная и теоретическая зависимость значений напряжения срезу после испытания на двойной срез от условного предела прочности при испытании на растяжение.

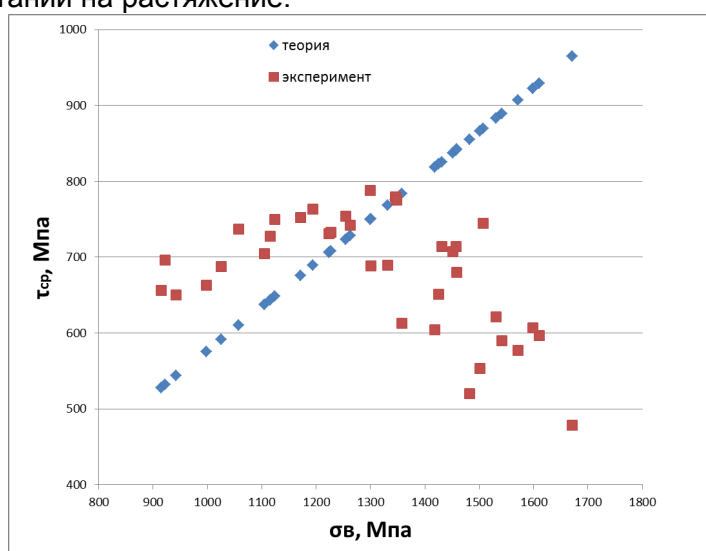


Рисунок 1 - Сопротивление срезу от условного предела прочности в титановом сплаве.

Данные представленные на рис. 1 свидетельствуют о существовании предельной прочности на растяжение, выше которой значения  $\tau$  срезу начинают снижаться. При испытании на осадку и кручение подобной картины не наблюдается. Соотношение прочностных характеристик близко к линейному (рис. 2).

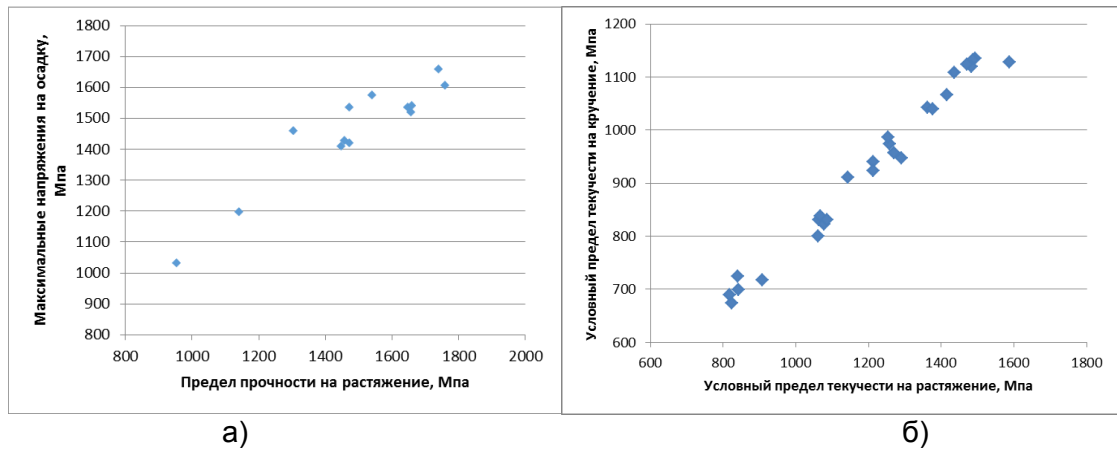


Рисунок 2 - Зависимость а) предела прочности на осадку от предела прочности на растяжение б) условный предел текучести на кручение от условного предела текучести на растяжение

В работе было рассмотрено влияние структуры на точку перегиба зависимости  $\tau$  среза от  $\sigma_b$ . Обнаружено, что изменение структуры сплава в широком диапазоне не оказывает существенного влияния на положение точки перегиба. Обнаружено, что изменение химического состава сплава в диапазоне коэффициента  $\beta$  стабилизации 1 – 1.3 не приводит к изменению наклона линейной зависимости  $\tau/\sigma_b$  от  $\sigma_b$ . Однако, при уменьшении диаметра цилиндрического образца при испытании на двойной срез с 12 до 3 мм наблюдается сдвиг точки перегиба  $\tau_{cp}$  от  $\sigma_b$  в сторону более высоких значений прочности на растяжение, что приводит к получению повышенных значений сопротивления срезу в высокопрочных состояниях. Природа данного масштабного фактора на данный момент неясна.

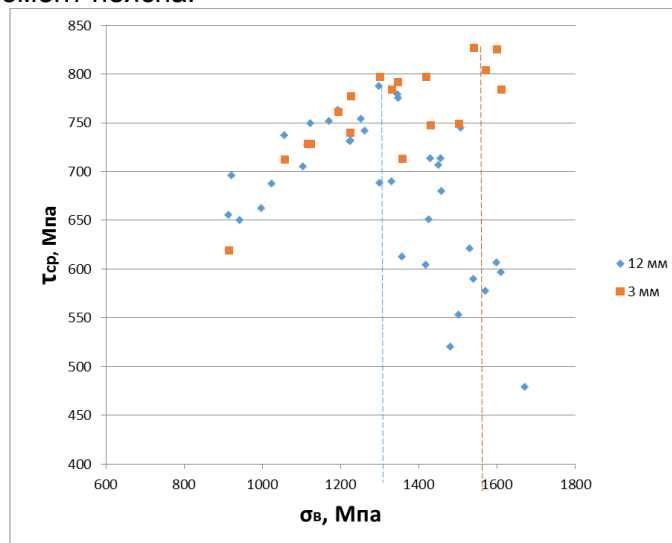


Рисунок 3 - Изменение точки перегиба зависимости  $\tau_{cp}$  от  $\sigma_b$  при изменении диаметра образца при испытании на двойной срез.

В результате работы были сделаны следующие выводы:

- Использование критерия текучести Мизеса не корректно описывает напряжение течения при испытании на двойной срез
- Изменение микроструктуры материала не приводит к существенному изменению наклона линейного снижения коэффициента  $\frac{\tau_s}{\sigma_e}$ .
- Обнаружен масштабный фактор при испытании на двойной срез: уменьшение диаметра образца приводит к повышению максимальных достижимых значений сопротивления срезу.