

подразделяется на пересекающиеся подмножества D, E и F. Содержание выделенных характеристических подмножеств педагогическая система (образовательный стандарт) трактует как соответствие по уровню необходимой F - "удовлетворительно", достаточной E - "хорошо" и гарантированно избыточной по уровню D - "отлично", профессиональной подготовке или иначе - степени обученности специалиста. В общем случае дискреты подмножеств D, E и F принадлежат различным учебным элементам. Усвоение этих учебных элементов и подтверждение факта владения ими соответствующими результатами контрольных проверок, получаемых путём активной демонстрации приобретённых и развитых на их базе умений-навыков, должно гарантировать профессиональную подготовку специалиста к конкурентоспособному проявлению себя в условиях практики рыночной экономики на уровне требований социального заказа. Причём соответствие проявляемых знаний, умений, навыков требованиям элементов множества F, априори, выполняет низшие уровни требований соответствующих стандартов подготовки выпускников (специалистов). Соблюдение условий соответствия требованиям элементов подмножества E обеспечивается (с известной долей избыточности) штатным ординарным исполнением процесса обучения. Однако выполнение функциональных требований элементов подмножества D уже требует от обучаемого:

- 1) дополнительных консультаций и знаний (как правило, осуществляемых во внеклассной работе),
- 2) активного ориентированного самообразования, осуществляемого в направлении именно данного учебного курса,
- 3) совместно реализуемый активно - заинтересованной позиций и обучаемого и преподавателей.

Рассматриваемые множества могут быть отражены как вложенные, либо как дополняющие ряды тезауруса специалиста. Программа обучения, выполняющая положения профессиограммы, должна соответствующим образом переформировать эти массивы и выделить из них т.н. "ряды компетенции", определяющие, согласно квалификационным требованиям, минимальный базисный уровень обученности. Но при этом начальный объём ряда "ознакомления", трактуемый как наиболее широкий и полный профессиональный тезаурус знаний (но не умений и навыков) инженера (инженера-педагога), не должен быть меньшим по информационной насыщенности, чем знания, сообщаемые рабочему 6-го [5-го] разряда данной профессии, и значительно превышать знания выпускника средней (полной) школы.

В таком случае, по условию задачи, достижение заданного равновзвешенного исходного для выпускаемого специалиста положения, удовлетворяющего в первую очередь требованиям социума и гарантирующее некоторое превышение минимального уровня обученности, в отношении специалиста высшей квалификации, можно зафиксировать нижней пороговой границей - отметкой "4". Она определяет факт владения обучаемым совокупным подмножеством учебных знаний  $E\{e[k]\}$ , состоящее в идеале из k числа учебных элементов вида (содержания) "e". Тогда, опуская промежуточные состояния анализируемой системы, можно утверждать, что подмножества  $D\{d[i]\}$  и  $F\{f[l]\}$  оцениваются баллами "5" и "3", где соответственно: "d" и "f" – виды учебных элементов, а "i" и "l" – их количества, причём на практике принимается по качеству  $d[m] > e[m] > f[m]$  и по количеству  $i > k > l$ . Записанные соотношения отражают статус некоторого учебного элемента m, содержание которого раскрывается соответственно на качественном уровне d - "отлично", e - "хорошо", f - "посредственно".

Соотношение уровней качественной содержательной сложности выделяемых элементов подмножеств F, E и D находится, с доверительной вероятностью 0.63...0.7, в соответствии с рядом 1 : 1.3 : 1.7. В таком же соотношении находятся мощности (количественные величины) индексирующих множеств f, e и d. Это означает, что для получения более высокого балла в общем случае обучаемому необходимо продемонстрировать знания (умения, навыки) большего числа учебных элементов при их большей относительной трудности.

Соотношение уровней качественной содержательной сложности выделяемых элементов подмножеств F, E и D находится, с доверительной вероятностью 0.63...0.7, в соответствии с рядом 1 : 1.3 : 1.7. В таком же соотношении находятся мощности (количественные величины) индексирующих множеств f, e и d. Это означает, что для получения более высокого балла в общем случае обучаемому необходимо продемонстрировать знания (умения, навыки) большего числа учебных элементов при их большей относительной трудности.

В учебном процессе характеристики элементов этих множеств в значительной степени определяются физиологическими нормами. С точки зрения технологии оценивания иной (не накопительный) подход вряд ли приемлем при нынешнем уровне квалификации самого преподавательского корпуса. Однако перспективного внимания заслуживают, например, процедуры отрицательного квантирования учебных элементов на нормирующие классы (т.н. классы толерантности), соответствующие определённым отметкам, и их последующая идентификация с многоуровневыми качественно-количественными показателями и оценками.

### *Фундаментальные и прикладные проблемы медицины и биологии*

#### **ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ОТ МЕХАНИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ И ВЕЛИЧИНЫ ЗЕРНА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ТИТАНА**

Гущин А.Н., Пачурин Г.В.  
Нижегородский государственный  
технический университет,  
Нижний Новгород

Вопросы повышения эксплуатационной надежности и долговечности каркасов сварных соединений

ИКС (искусственного клапана сердца) весьма актуальны.

Известно, что на сопротивление усталостному разрушению сварных соединений существенное влияние оказывает концентрация напряжений, связываемая с изменением форм (геометрии) шва и внутренних дефектов (пор, включений и т.д.), остаточные напряжения, а также образование в процессе сварки крупнозернистой околошовной зоны. При этом качественное проведение сварки с использованием защитной газовой атмосферы, правильное оформление шва

(наличие галтельных переходов) сводят к минимуму отрицательную роль концентраторов напряжений, вносимых сваркой, в снижении характеристик усталости сварных соединений. Влияние же остаточных напряжений на механические свойства металлических материалов со сварным швом в этом случае во многом будет определяться механической неоднородностью (неравномерностью распределения механических свойств по длине сварного соединения) и также структурным состоянием участка зоны термического влияния, по которому, как правило, идет локализация пластической деформации и разрушение.

В работе на основании исследования микроструктуры и распределения микротвердости по длине сварных соединений изучено поведение модельных образцов из технически чистого титана, имитирующие узлы ИКС, при статическом и циклическом нагружении в физиологическом растворе Рингера-Локка.

Испытания проводились на Т-образных сварных образцах из титана ВТ 1-ОС. Цилиндрический стержень Т-образного образца диаметром  $d_0 = 2$  мм приваривался к квадратной пластинке методом вакуумной электронно-лучевой сварки. Стержень изготавливался из проволоки, которую подвергали холодному волочению до степени деформации 55%. Радиус галтельного перехода от пластинки к стержню после механической обработки 1,5 мм.

Получены прочностные ( $\sigma_b$ ,  $\sigma_{0,2}$ ), пластические ( $\delta$ ,  $\psi$ ) характеристики, предел усталости ( $\sigma_{-1}$ ) на базе испытаний  $N = 10^7$  циклов и кривые усталости исходного металла и сварных образцов. Показано, что структура сварных соединений состоит из четырех характерных участков: собственно шва, околошовной крупнозернистой зоны (средний условный диаметр зерна  $\bar{d} \sim 820$  мкм), участка рекристаллизации ( $\bar{d} \sim 10-17$  мкм) и основного металла. При этом микротвердость участка рекристаллизации (разупрочнения) составляет  $\sim 1500$  МПа, что меньше микротвердости околошовной зоны и основного металла соответственно в 1,8 и 1,9 раза. Указанная структурно-механическая неоднородность по длине сварного соединения обуславливает локализацию пластической деформации и разрушения при статическом нагружении по участку разупрочнения.

На основании исследования микроструктуры и микротвердости установлены закономерности, связывающие механические характеристики при статическом и циклическом нагружении с механической неоднородностью и величиной зерна разупрочненного металла сварных образцов из титана. Даны рекомендации оценки усталостных характеристик сварных соединений по виду механической неоднородности и структурному состоянию. Результаты исследования использованы при изготовлении каркасов сварных ИКС, выполненных из титана ВТ 1-ОС.

## АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ УСЛОВИЯ РАВНОПРОЧНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ТИТАНА ВТ 1-ОС

Гущин А.Н., Пачурин Г.В.

Нижегородский государственный  
технический университет,  
Нижний Новгород

Изготовление каркасов искусственного клапана сердца (ИКС) из цельного металла представляет собой определенные технологические трудности и высокие затраты. Поэтому актуальным является переход на высокотехнологичные и малоотходные сварные конструкции ИКС. В работе эксперименты проводились на Т-образных сварных образцах из проволоки ВТ 1-ОС, после волочения до степени 55%.

Условие равнопрочности сварного соединения для нашего случая имеет вид:

$$\alpha_\phi \leq \alpha_b = \frac{1}{3} \left( K_1 - \frac{P}{4} \right),$$

где  $\alpha_\phi = \frac{h}{d_0}$  :  $h \sim 1,5$  мм – длина участка разупрочнения;

$K_1 = \frac{H_{0.м.}}{H_{3.т.в.}^{\min}}$  – коэффициент механической неоднородности ( $H_{0.м.}$  и  $H_{3.т.в.}^{\min}$  – микротвердость

основного металла и минимальная микротвердость зоны термического влияния, соответственно). В нашем случае условие равнопрочности не выполняется,

так как  $\alpha_\phi = 0,75 > \alpha_b$ .

С целью варьирования структурного состояния сварных образцов холоднодеформированная титановая проволока до сварки подвергалась отжигу в интервале температур 450-700 °С (выдержка 30 мин). После сварки образцы также отжигались при 400-900 °С (выдержка 2 ч).

Результаты исследований показали, что по структурному состоянию и характеру изменения микротвердости сварные образцы можно разделить на две группы:

1. *Образцы, структура которых состоит из шва, участка рекристаллизации (разупрочнения) и основного металла.* Величина зерна участка разупрочнения  $\sim 10-17$  мкм,  $K_1 = 1,08-1,9$ ,  $\alpha_\phi = 0,75 = \text{const}$ . Разрушение при статическом растяжении и знакопеременном циклическом изгибе происходит по участку рекристаллизации.

2. *Образцы, в структуре которых отсутствует участок рекристаллизации, вносимый сваркой.* Разрушение при статическом растяжении и знакопеременном циклическом изгибе происходит по основному металлу, величина зерна которого в зависимости от режимов термической обработки  $\bar{d} = 11,5 - 103$  мкм. При этом смещение усталостного разрушения на некоторое расстояние от околошовной зоны можно объяснить тем, что вследствие механической неоднородности, характеризуемой коэффициентом