

ПОДВОДНАЯ БОЕГОЛОВКА ЕФР ИЗ ТАНТАЛОВОГО СПЛАВА

Цай Цзычжо

ПОД-161Т

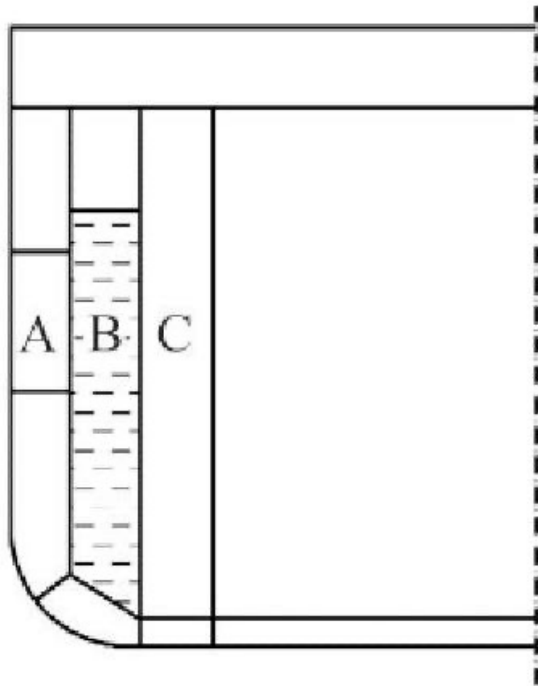
МГТУ имени Н.Э. Баумана

13.04.2022

ПЛАН

- Введение
 - ✓ Каковы характеристики целевой плиты?
 - ✓ Что такое EFP?
- Основная часть
 - ✓ Проектирование и строительство боеголовки
 - ✓ Формирование и проникновение подводной EFP
 - ✓ Оптимизация конструкции боеголовки
- Заключение
- Список литературы

Каковы характеристики целевой плиты?



A, C — Металл
B — Вода

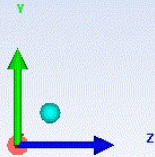
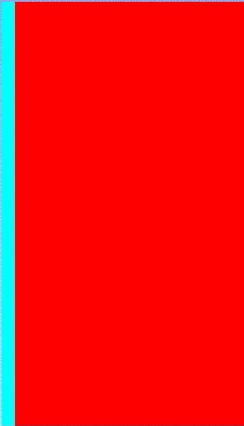
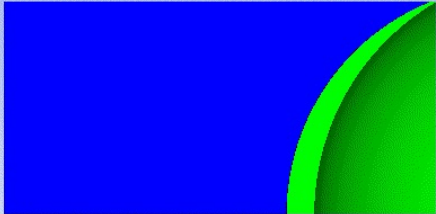
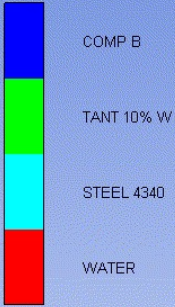
Модель корпуса подводной лодки

Современные суда часто имеют много слоев защитных конструкций. Эта конструкция обеспечивает отличную защиту от повреждения корабля обычными боеприпасами.

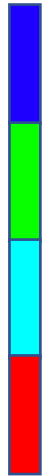
ЧТО ТАКОЕ EFP ?

Пенетратор взрывной формы (EFP), также известный как снаряд взрывного действия, а самокковывающаяся боеголовка, или самокковывающийся фрагмент, представляет собой особый тип кумулятивного заряда , предназначенный для эффективного пробивания брони.

Material Location



efp
Cycle 0
Time 0.000E+00 ms
Units mm, mg, ms



Взрывчатые вещества: Comp B

Лайнер: Танталовый сплав

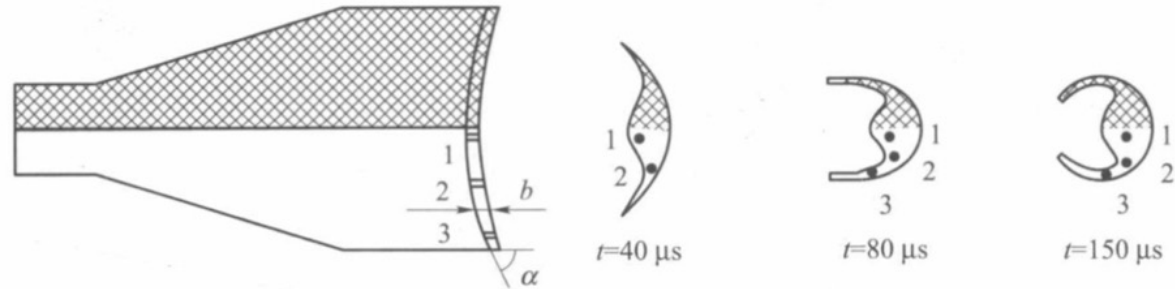
Целевые пластины

Вода

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ №1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО БОЕГОЛОВКИ
БОЕГОЛОВКИ

Отношение длины к диаметру EFR

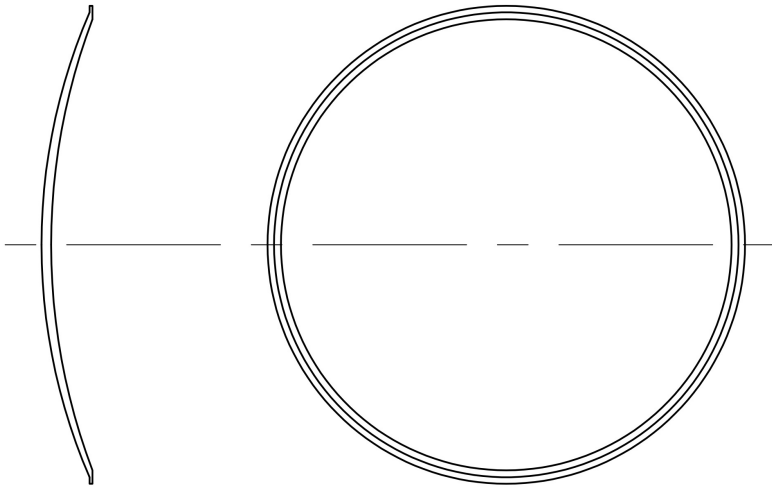


Когда EFR попадает в воду, EFR сильно деформируется, а хвост ломается.

Поэтому, чем меньше масса хвоста, тем меньше потери энергии EFR, и

следует выбирать EFR с малым отношением длины к диаметру.

Лайнер



- материалом для лайнера является Ta2.5W (Тантал 2,5 Вольфрам)
- В соответствии со свойствами материала танталового сплава, толщина лайнера должна быть рассчитана по следующей формуле.

$$\delta = (0.015 \sim 0.04) D_k$$

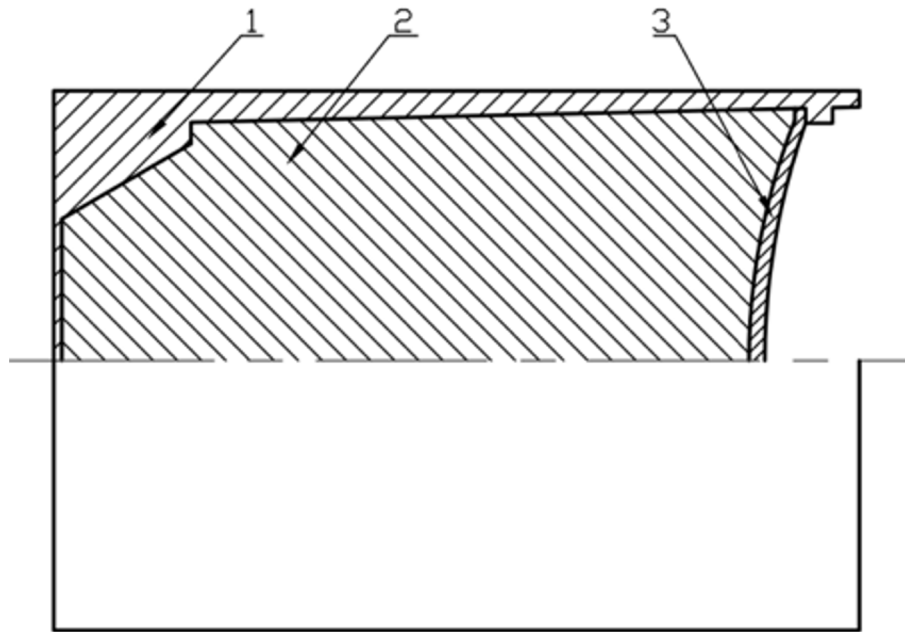
Почему стоит выбрать танталовые сплавы?

Параметры трех металлических материалов

Металл	Плотность / (g/cm ³)	Предел текучести /MPa	Удлинение /%
тантал	16.65	137.8	45
медь	8.96	152	30
железо	7.89	227.5	25

Тантал обладает наилучшими свойствами среди всех материалов, обычно используемых в футеровке, что делает его идеальным материалом для футеровки. На практике часто используется Ta2.5W.

Структура боеголовки



1 – оболочка

2 - взрывчатое вещество

3 - лайнер

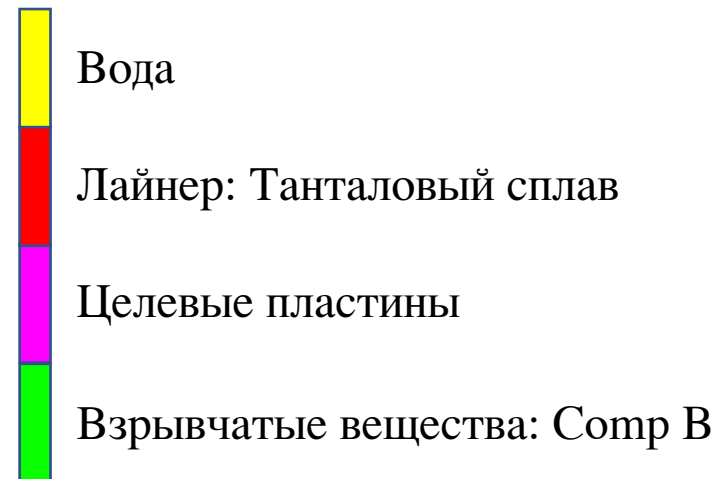
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ №2

Формирование и проникновение подводной EFR

Построение модели



Эта модель состоит из двух частей - боеголовка и тарелки-мишени, как показано на рисунке.



Изменение формы EFP



0 μ s

лайнер



170 μ s

после формирования



240 μ s

в воде



2000 μ s

после удара

В воде головка EFP постоянно сдавливается и размывается водой, в результате чего скорость головки меньше скорости хвоста. В конце концов, хвост отрывается.

Повреждение целевой пластины



















EFP успешно пробивает две пластины в водной среде, цель боеголовки достигнута.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ №3

Оптимизация конструкции боеголовки

Ортогональный дизайн, программа и результаты

Класс	δ /mm	r_1 /mm	r_2 /mm	L /mm	ограмма	δ /mm	r_1 /mm	r_2 /mm	L /mm	v / (m/s)	L/D	Форма EFP
1	3.4	119.5	130	140	1	3.4	119.5	130	140	1690	1.96	
2	3.5	120	130.5	145	2	3.4	120	130.5	145	1748	2.09	
3	3.6	121	131.5	150	3	3.4	121	131.5	150	1755	2.21	
4	3.7	121.5	132	155	4	3.4	121	131.5	150	1764	2.74	
					5	3.5	119.5	130.5	150	1753	2.03	
					6	3.5	120	130	155	1762	2.67	
					7	3.5	120	132	140	1585	2.39	
					8	3.5	121.5	131.5	145	1703	2.27	
					9	3.6	119.5	131.5	155	1744	1.67	
					10	3.6	120	132	150	1738	1.53	
					11	3.6	121	130	145	1747	1.53	
					12	3.6	121.5	130.5	140	1684	2.32	
					13	3.7	119.5	132	145	1699	1.69	
					14	3.7	120	131.5	140	1693	1.93	
					15	3.7	121	130.5	155	1702	2.18	
					16	3.7	121.5	130	150	1690	2.29	

Для оптимизации проникающей способности боеголовки в данной работе используется ортогональная конструкция для оптимизации EFP с упором на толщину лайнера δ , внутренний радиус кривизны r_1 , внешний радиус кривизны r_2 и высоту взрывчатого вещества L .

Результаты



0 μ s

лайнер



170 μ s

После формирования.



240 μ s

В воде



2000 μ s

После удара

Оптимизированный EFP с более высокой дульной скоростью и меньшим соотношением L/D для лучшей формы

Результаты



Оптимизированный EFP создает большее разрушение в первой целевой пластине и большее отверстие во второй.



Заключение

- Во время движения EFP в воде вода снижает скорость и массу EFP и может вызвать деформацию EFP. Разница в массе и скорости головы и хвоста создает градиент скорости, и хвост очень легко отделяется от основного тела EFP. EFP с плотными головками и меньшими хвостовыми юбками имеют лучшие проникающие характеристики.
- Боеголовка является важным элементом в разрушении тарелки цели осколками, волнами давления и головкой EFP. Первая тарелка цели дробится EFP, а часть материала остается в головке EFP, образуя осколки. Боеголовка имеет высокую скорость и лучший профиль головки EFP. Высокоскоростное движение EFP в воде создает волну давления, которая действует на пластину цели, что приводит к пластической деформации и способствует проникновению. После разделения головки и хвоста EFP остается головка с более высокой скоростью для проникновения в заднюю пластину цели.
- Конструктивные параметры подводной части боеголовки влияют на скорость EFP в порядке $L > \delta > r_1 > r_2$; и на соотношение сторон EFP в порядке $\delta > L > r_1 > r_2$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Johnson G.R., Cook W.H. A constitutive model and data for metals subjected to large strains, high strain rates and high temperatures. - J.: Engineering Fracture Mechanics, 1983, 21:541-548.
- Banerjee B. The Mechanical Threshold Stress model for various tempers of AISI 4340 steel. - J.: International Journal of Solids & Structures, 2012, 44(3-4):834-859.

ПОДВОДНАЯ БОЕГОЛОВКА ЕФР ИЗ ТАНТАЛОВОГО СПЛАВА

Спасибо за внимание

Цай Цзычжо

ПОД-161Т

МГТУ имени Н.Э. Баумана

13.04.2022