

Разработка информационно-системных принципов проектирования гильз малокалиберных боеприпасов для повышения эффективности и надежности их функционирования

Ремшев Евгений Юрьевич
доцент БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»



г. Санкт-Петербург

Цели и задачи

Целью работы является разработка научно обоснованных информационно-системных принципов проектирования гильз для технологического обеспечения надежности их функционирования.

Для достижения указанной цели поставлены следующие **задачи**:

1. **Исследование формирования неравномерности распределения степени деформации** в процессе операции вытяжка с утонением стенки.
2. **Разработка математической модели оценки и прогнозирования неравномерности распределения степени деформации** в поперечном сечении стенки с учетом условий трения на рабочих поверхностях инструмента.
3. **Разработка технологического процесса изготовления** гильзы к артиллерийскому выстрелу калибра 57 мм.
4. **Лабораторная отработка технологического процесса, приемо-сдаточные испытания изделий** и последующая реализация техпроцесса в условиях производства (конструкторская подготовка производства).

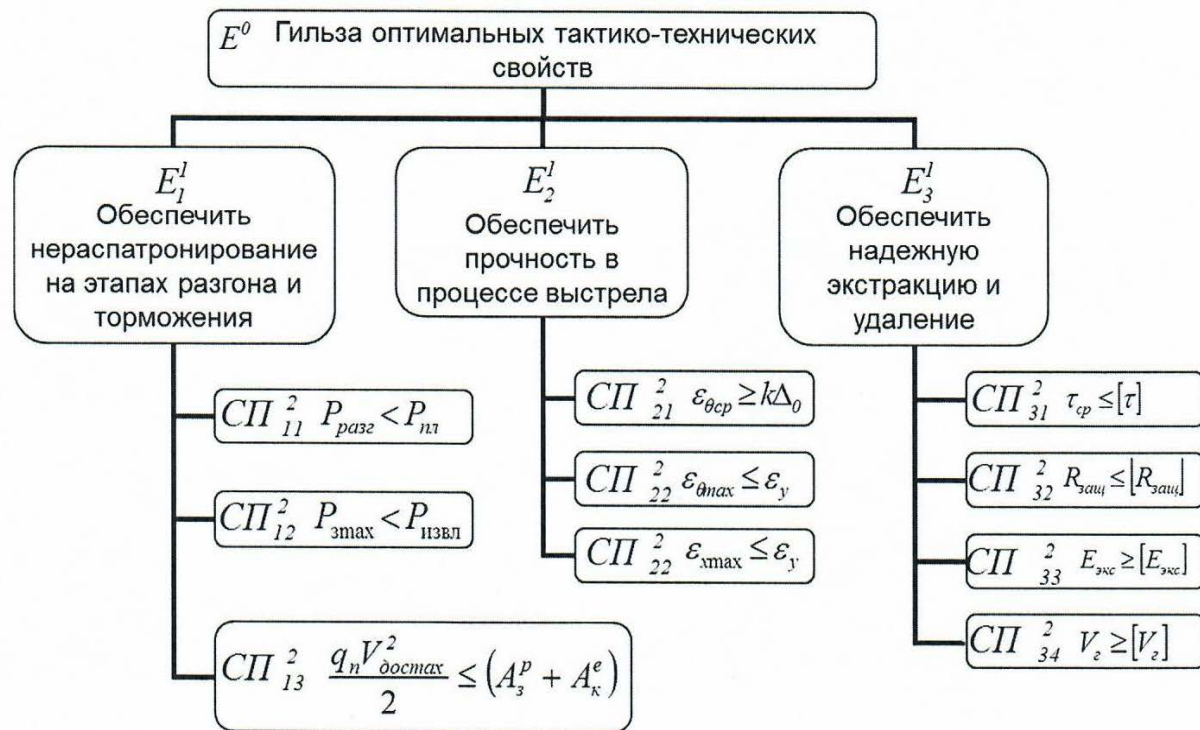
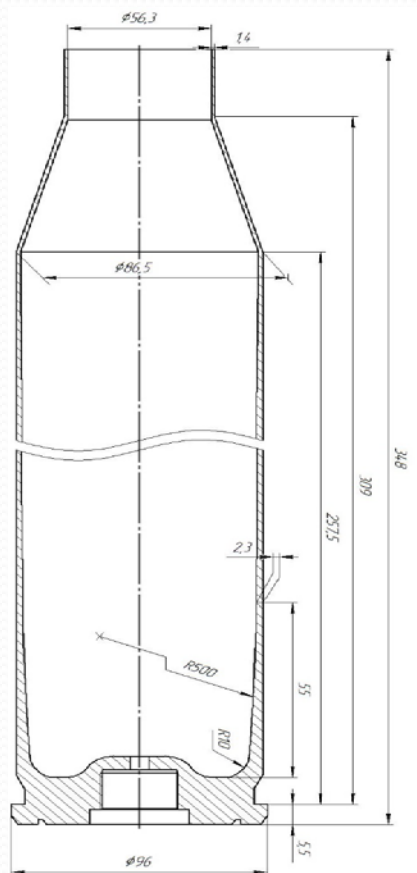
Выстрел калибра 57 мм



- осколочно-фугасный;
- бронебойный;
- управляемый снаряд.

Выстрел клб. 57мм

Стальная гильза клб. 57 мм

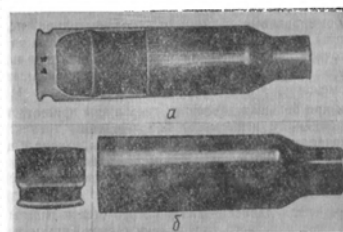


Системные параметры надежности функционирования гильзы

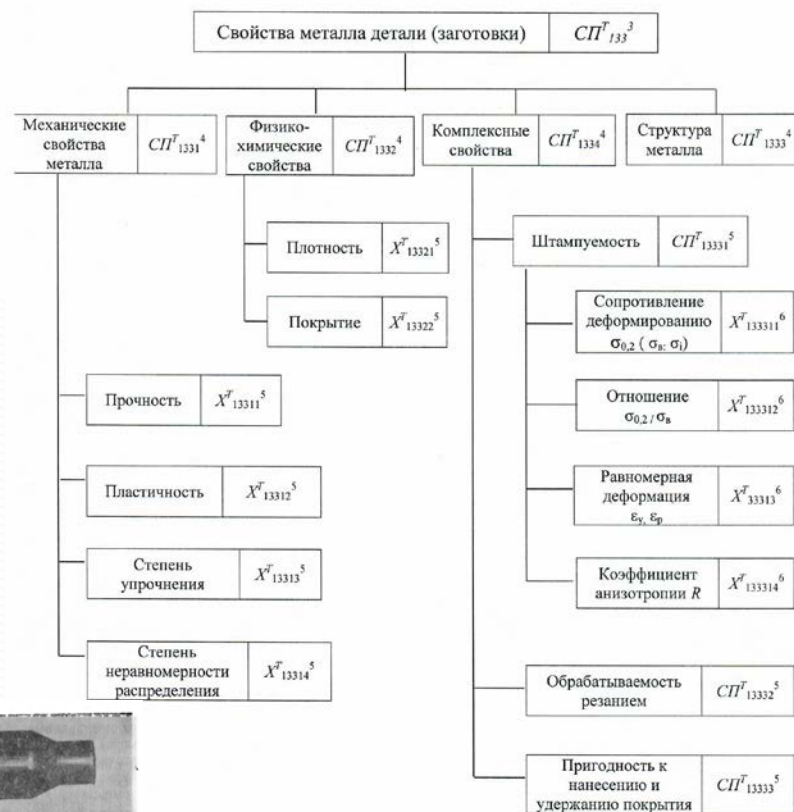
Требования, предъявляемые к гильзам



Проектные параметры конструкторских свойств



Проектные и системные параметры технологических свойств металла



Технологический процесс изготовления стальной гильзы клб. 57 мм

ОРСКИЙ МЕХАНИЧЕСКИЙ

ЗАВОД

№ п/п	Тип операции	Наименование операции
1	ХШ	Штамповка кружка
2	ТО	Отжиг
3	ХШ	Свертка
4	ТО	Отжиг
5	ХШ	1-ая Вытяжка с утонением
6	ТО	Отжиг
7	ХШ	2-ая Вытяжка с утонением
8	ТО	Отжиг
9	ХШ	3-ая Вытяжка с утонением
10	ТО	Отжиг
11	ХШ	4-ая Вытяжка с утонением
12	ТО	Отжиг
13	ХШ	5-ая Вытяжка с утонением
14	ХШ	1-ая штамповка дна
15	ХШ	2-ая штамповка дна
16	ТО	Отжиг
17	ХШ	1-ый Обжим
18	ХШ	2-ой Обжим



(ОКР) шифр
«Элемент-П» (Тема
№ 411-401-925-16/36,
Приказ № 982 от «29»
декабря 2016 г.



Экспериментальное исследование формирования неравномерности степени деформации

(ОКР) шифр «Элемент-П»

Три этапа исследования::

- 1) Только придонного участка (а);
- 2) На основную часть по высоте (б);
- 3) Полное деформирование (в).



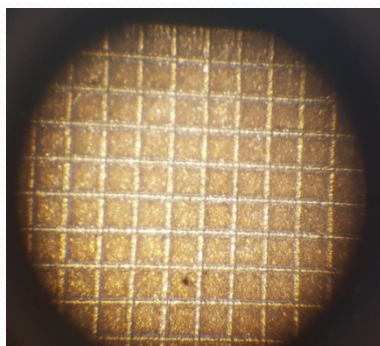
Полуфабрикат клб. 57 мм



а)



б)



Полуфабрикат клб. 57 мм с
делительной сеткой



в)

Расчет степени деформации на операции вытяжка с утонением

При вычислениях Воронцовым А.Л. предлагается применить следующее:

$$\sigma_r - \sigma_\varphi = \beta \sigma_T \quad \text{Условие пластичности Губера-Мизеса или гипотеза о максимальных касательных напряжениях}$$

Получаем степень деформации по Ильюшину А.А.:

$$e_i(t, a, \varphi) = \frac{Y^2(\varphi) + 1}{\sqrt{3} \cdot Y(\varphi)} \cdot \ln\left(\frac{b}{a}\right) + e_{i0}(\varphi)$$

$e_{i0}(\varphi)$ — степень деформации до вытяжки с утонением стенки

$Y(\varphi)$ — функция, описывающая граничные условия в зависимости от коэффициента трения, (согласно условию трения по Зибелю)

Условие трения по Зибелю

$$\tau_{\text{кас на поверхности по матрице}} = \beta \mu \sigma_T$$

$$\tau_{\text{кас на поверхности по Пуансоне}} = \frac{1}{2} \beta \mu_1 \sigma_T$$

$$Y(0) = \sqrt{\frac{1 - 0,5\beta\mu\sqrt{3}}{1 + 0,5\beta\mu\sqrt{3}}} \quad Y(\alpha) = \sqrt{\frac{1 - \beta\mu\sqrt{3}}{1 + \beta\mu\sqrt{3}}}$$

$\underline{a}$ и $\underline{b}$ — наружный и внутренний диаметры ОПД

$$\text{Размеры ОПД по Воронцову: } a = \frac{r - r_0}{\cdot} \quad b = \frac{R - r_0}{\cdot}$$

Разработка практических рекомендаций по проектированию процесса вытяжки с утонением стенки с учетом неравномерности распределения степени деформации

Процесс расчета количества вытяжных операций в патронно-гильзовом производстве:

- 1) По анализу конструкторской документации на гильзу определяется уровень требуемых механических свойств в заданных сечениях корпуса изделия.
- 2) По существующим моделям формирования механических свойств производится оценка и вычисление необходимой суммарной накопленной степени деформации $e_{i\Sigma}$.

$$\sigma_B = 38 + 0,61(1 - \exp(-\frac{\sqrt{3}}{2}ei)) - 0,002(1 - \exp(-\frac{\sqrt{3}}{2}ei))^2$$

- 3) Назначается распределение степеней деформаций по операциям и переходам при обеспечении условий:

$$e_{i\Sigma}^j = \sum_{i=1}^V e_{ii}^j; \quad e_{in}^j \leq e_{in-1}^j \leq e_{in-2}^j.$$

- 4) Определяются исполнительные размеры рабочего инструмента.

- 5) Производится расчет степени деформации e_i :

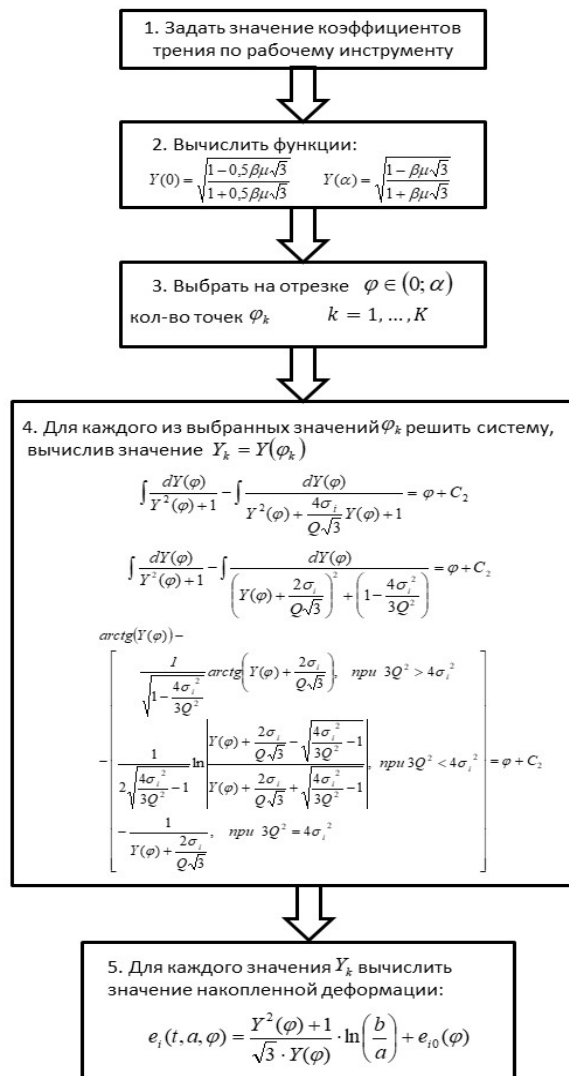
$$e_i(t, a, \phi) = \frac{Y^2(\phi) + 1}{\sqrt{3} \cdot Y(\phi)} \cdot \ln\left(\frac{b}{a}\right) + e_{i0}(\phi)$$

на каждой вытяжной операции и оценка ее уровня, неравномерности распределения и сопоставление с усредненной расчетной характеристикой по пункту 2.

- 6) Проводится проверочный прочностной расчет на каждой операции с учетом модели формирования технологической поврежденности ω_i .

Теория

Блок-схема расчета $e_i(t, a, \phi)$



Практика

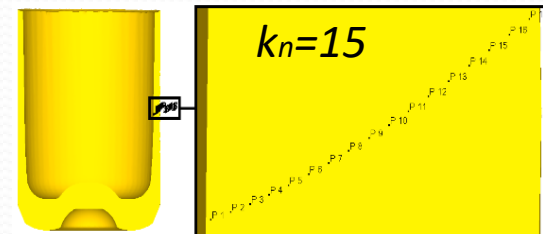
$$e_i(t, a, \phi) = \frac{Y^2(\phi) + 1}{\sqrt{3} \cdot Y(\phi)} \cdot \ln\left(\frac{b}{a}\right) + e_{i0}(\phi)$$

В инженерных расчетах принято:

$$\mu = \mu_1 = \text{const}$$

$$\frac{Y^2(\phi) + 1}{\sqrt{3} \cdot Y(\phi)} = \text{const}$$

$$\mu = \mu_1 = 0,12$$



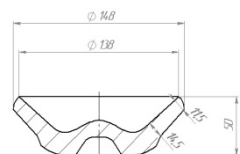
	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	k_8
$\frac{Y^2(\phi) + 1}{\sqrt{3} \cdot Y(\phi)}$	1.1631	1.1643	1.1656	1.1670	1.1685	1.1701	1.1736	1.1755
	k_9	k_{10}	k_{11}	k_{12}	k_{13}	k_{14}	k_{15}	-
$\frac{Y^2(\phi) + 1}{\sqrt{3} \cdot Y(\phi)}$	1.1755	1.1775	1.1796	1.1819	1.1843	1.1868	1.1894	-

Наружная поверхность = max

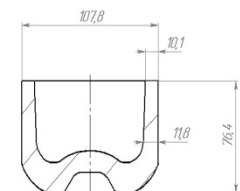
	$\mu = \mu_1$					
	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14
$\frac{Y^2(\phi) + 1}{\sqrt{3} \cdot Y(\phi)}$	1,1584	1,1631	1,1697	1,1785	1,1894	1,2028

Технология изготовления гильзы калибра 57 мм

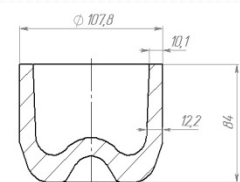
(ОКР) шифр «Элемент-П» (Тема № 411-401-925-16/36, Приказ № 982 от «29» декабря 2016 г.



1. Подштамповка



2. Свертка



3. Коническая осадка

4. Отжиг

5. Травление

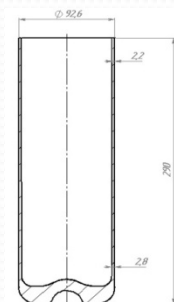
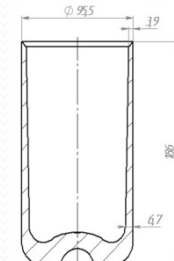
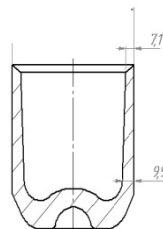
6. Фосфатирование

■ - штамповочные операции

■ - термические операции

■ - химические операции

□ - обработка резанием



7. Вытяжка №1

8. Отжиг

9. Травление

10. Фосфатирование

11. Вытяжка №2

12. Закалка

13. Отпуск

14. Травление

15. Нейтрализация

16. Фосфатирование

17. Омыление

18. Вытяжка №3

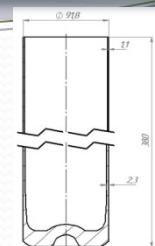
19. Отпуск

20. Травление

21. Нейтрализация

22. Фосфатирование

23. Омыление



24. Вытяжка №4

25. Обрезка

26. Штамповка Дн

27. Отпуск

28. Отжиг дульца

29. Травление

30. Нейтрализация

31. Фосфатирование

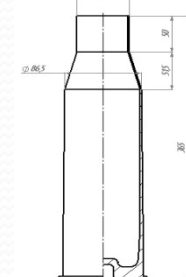
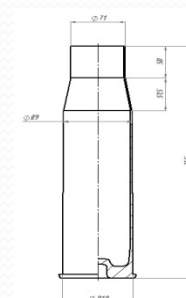
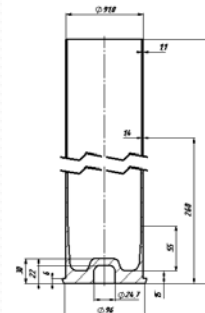
32. Омыление

33. Обжим №1

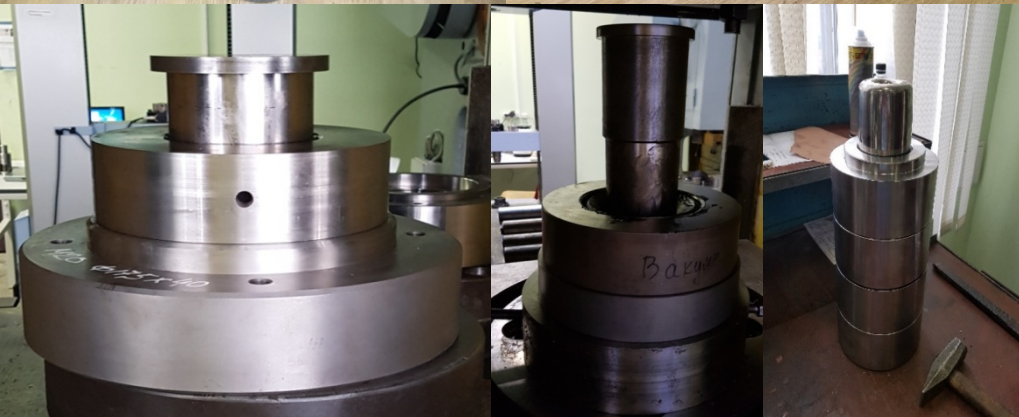
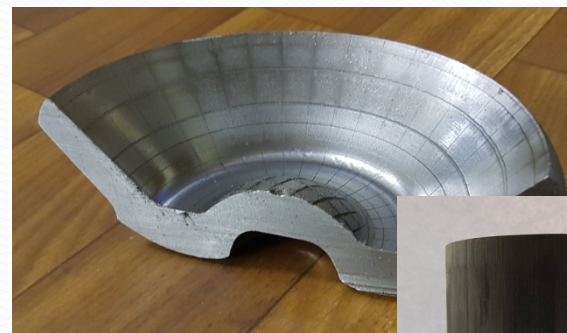
34. Обжим №2

35. Обрезка

36. Цинкование



Лабораторная отработка технологии изготовления гильзы калибра 57 мм



Лабораторная оснастка



Конструкторская подготовка производства

Штамп свертки – вытяжки



Акт
выполненной
работы

ИНВ. № 100/000-201 ЭИЗ. № 100/000-201 Для служебного пользования Утверждаю: Главный инженер АО «ИПО «Трибун» С.В. Смирнов 2018 г. Акт по результатам проведения испытаний по проверке прочности гильзы ИУБЖ 725263.007	калбры 57 мм производство при выполнении осредством натурных испытаний с гильзой на 5 шт. ИУБЖ 771212.003ТУ, МОН: А044 30 97 и ОСТ 8 84- с гильзой проводится визуальный контроль и	пытаниям ОКР «Разработка ского оборудования (НТО) для ских боеприпасов», (шифр на опытного образца КТО для боеприпасов. ОКР «Элемент-П» является е директором Департамента боеприпасов и специализации и Российской Федерации, и 342998.16.018 от 07.12.2016 г., ты и торговлю РФ с АО «НПО аральной целевой программы еся Российской Федерации на звезды Российской Федерации 24.12.2005 г. №1420-82 «О М». ат групповой технологической терийских боеприпасов, при использовались материалы экономических наук Вениамина Петра современности степени кандидата ица, которые представлены к изному совету при ФГБОУ ВО микролит «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.	ИУБЖ 725263.007 ПМ п.л.д.б.у.б.л.№1 затворительные: продольные и соответств. Отклонений от умень зачастую случаи, получены следующие 3400; 4300; 5050; 5630 - что 725263.007 ПМ табл.№1 указали, что изготовленные гильзы Большин конструкторской А.В. Новиков
--	--	---	--

Наладка штамповой оснастки
на производстве

Авторский коллектив

Иванов Константин Михайлович,

ректор профессор ФГБОУ ВО «Балтийский
государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова»

Романов Андрей Олегович,

генеральный директор АО «ТОЗ-МЕТИЗ»

Ремшев Евгений Юрьевич,

доцент ФГБОУ ВО «Балтийский государственный
технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.
Устинова»

Олехвер Алексей Иванович,

старший преподаватель ФГБОУ ВО «Балтийский государственный
технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»

Силаев Михаил Юрьевич,

Заведующий лаборатории кафедры Е-4 ФГБОУ ВО
«Балтийский государственный технический
университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»



***Спасибо за
внимание!***