

БРОНЕВАЯ СТАЛЬ СРЕДНИХ ТАНКОВ И САМОХОДНЫХ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ УСТАНОВОК КРАСНОЙ АРМИИ

Б.А. Гижевский¹, М.В. Дегтярев¹ Н.Н. Мельников²

*¹Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО
РАН*

²Институт истории и археологии УрО РАН

Цель и задачи междисциплинарного исследования

Цель работы

изучение истории становления и развития танкового бронепроизводства в годы Великой Отечественной Войны на примере самоходных артиллерийских установок (САУ) и танков Т-34, находящихся в экспозиции Музея военной техники Уральской горно-металлургической компании

Конкретные задачи

- Эспериментальное определение состава и твердости противоснарядной брони средних танков и САУ непосредственно на экспонатах с использованием современных переносных приборов.
- Установление типа структуры и характера изломов броневой стали на образцах, отобранных с минимальным ущербом для экспоната.
- Анализ и сравнение полученных характеристик с архивными и литературными данными.

Музей военной техники Уральской горнометаллургической компании

Музей военной техники УГМК (Частное учреждение культуры «Музейный комплекс», г. Верхняя Пышма) обладает одним из крупнейших в России собраний бронетехники. Это ставит его в ряд лучших баз для изучения истории танкостроения и бронепроизводства.

В настоящее время коллекция Музейного комплекса насчитывает более 10 тыс. единиц хранения, в том числе около 1000 образцов военной и гражданской техники. Военной техники насчитывается более 500 единиц, в том числе 36 САУ и 70 танков.

Основные экспозиции: артиллерия, САУ, танки, автомобили и машины военного назначения, самолеты, макеты кораблей, а также обширная коллекция паровозов и подвижного состава 1940-х гг.

Наиболее представительными являются коллекции артиллерии, САУ и танков. Собраны практически все САУ, производившиеся серийно.

Имеются редкие экземпляры: установки СУ-76И, СУ-76М (две штуки, в том числе одна ходовая), СУ-122, танки Т-34 Харьковского завода и Сталинградского тракторного завода.

Объекты и методика исследования

В работе определены характеристики броневой стали СУ-85, СУ-100 и СУ-122, произведенных УЗТМ, а также танков Т-34, выпущенных Харьковским паровозостроительным и Сталинградским тракторным заводами.

Химический состав определяли неразрушающим методом непосредственно на экспонируемых объектах с помощью переносного оптико-эмиссионного спектрометра PMI Master Smart по 12-16 элементам.

Твердость измеряли также непосредственно на бронетехнике с помощью портативного динамического твердомера Equotip.

Для оценки качества броневой стали был изучен характер изломов отдельных образцов небольшого размера, отобранных с корпусов СУ-85 и СУ-100. Исследования поверхности разрушения изломов сталей и микроструктуры шлифов проводили на сканирующем электронном микроскопе Inspect F.

Выполнен также рентгенофазовый анализ образцов броневой стали.

Особое внимание уделялось сохранности музейных экспонатов.

Самоходные артиллерийские установки производства УЗТМ (сверху вниз): СУ 100, СУ 85, СУ 122

Всего за годы войны УЗТМ выпустил 5060 средних
САУ

СУ-85 – самая массовая
средняя САУ, за 1943-1944
произведено 2653 единиц



СУ-100 - с конца 1944 по май
1945 выпущено 1770 единиц

СУ-122 - с конца 1942 по 1943
произведено 637 единиц

Т 34, камуфляжная окраска,
Харьковский
паровозостроительный завод №
183, 1940 г.



Т 34, Сталинградский тракторный завод,
1942 г.

Видна пробоина от снаряда на правом
предкрылке, причем выломан кусок
брони



Химический состав броневых сталей

Элемент, %	C	Cr	Mn	Si	Ni	Mo	P	S	Al	Cu	Co	Bi	Zr
8С 1942 г.	0.20 -0.28	0.7 – 1.0	1.0 – 1.5	1.1 – 1.5	1.0 – 1.5	0.15 - 0.25	<0.035	<0.03					
СУ-122 борт	0.08	0.98	1.20	1.14	1.28	0.24	0.03	0.01	0.02	0.10	0.01	0.031	0.009
СУ-122 лоб	0.09	0.78	1.13	1.02	1.04	0.21	0.026	0.01	0.02	0.09	0.01	0.024	0.007
СУ-85 борт	0.05	0.88	0.98	0.98	1.30	0.19	0.03	0.02	0.016	0.11	0.013	0.039	0.007
СУ-85 лоб	0.04	0.87	0.98	0.99	1.31	0.19	0.03	0.015	0.017	0.11	0.014	0.040	0.007
СУ- 100 лоб	0.11	2.02	0.70	0.26	0.24	0.10	0.015	0.01	0.002	0.15	0.002	0.017	0.005
СУ-100 борт	0.15	0.92	1.12	1.02	1.09	0.16	0.03	0.01	0.017	0.11	0.003	0.028	0.006
Т-34(Х) корма	0.22	0.94	1.12	1.30	1.25	0.17	0.02	0.016	0.02	0.043	0.008	0.018	0.006
Т-34(С) борт	0.474	0.99	1.08	0.97	1.30	0.195	0.037	0.029	0.018	0.036	0.002	0.054	0.008

Основой броневой защиты средних танков и САУ являлась броневая сталь 8С (МЗ-2). По основным легирующим элементам Mn, Cr, Ni, Mo, Si броня САУ соответствует стали 8С (кроме лобовой брони СУ 100). В броне сталинградского Т-34(С) повышенное содержание углерода. Толщина бортовой брони Т-34(С) 40 мм в отличие от бортовой брони САУ и харьковского танка Т-34(Х), имеющую толщину 45 мм. Явно заниженное значение концентрации углерода для САУ связано с особенностями прибора PMI Master Smart .

Для сравнения приводим химический состав брони танков вермахта и английского танка Matilda.

Образец	C	Si	P	S	Cr	Mn	Ni	Mo
МЗ-2 1939 г.	0.22-0.27	1.1-1.4	до 0.02	до 0.02	0.7-1.0	1.2-1.5	1.2-1.55	0.15-0.25
Pz. III 1940-1941 гг.	0.59	0.27	0.019	0.008	1.5	0.62	0.034	0.25
Pz. Kpfw IV Ausf F 1941-1942 гг.	0.36	0.21	0.031	0.006	1.32	0.39	3.06	
Matilda Mk II 1941 г.	0.24	0.2	0.035	0.02	1.7	0.5	3	0.45

Твердость броневых листов

Образец	Твердость, НВ
МЗ-2	341-444
СУ 122	380-405
СУ 85	310-340
СУ 100 борт	410-435
СУ 100 лоб	270
Pz III	580-590

Приведенные в таблицах данные по химическому составу и твердости броневых листов изученных САУ и танков Т-34 свидетельствуют о том, что, несмотря на все сложности военного времени, указанные параметры брони соответствуют или близки к проектным показателям броневой стали 8С (МЗ-2).

Твердость и вязкость броневой стали СУ 85 и СУ 100.

10

Фрактографическое исследование изломов

Важное качество танковой брони – должное сочетание твердости и вязкости, чтобы она выдерживала обстрел и не давала отколов и расслоений. Это качество оценено при изучении вида изломов.

Характер изломов преимущественно вязкий транскристаллитный (рис. а). Хрупкое межзеренное разрушение не наблюдается. Отмечены сульфидные (рис. б) и шлаковые выделения.

На месте попадания снаряда в лобовой брони СУ 85 обнаружены частицы металла снаряда.

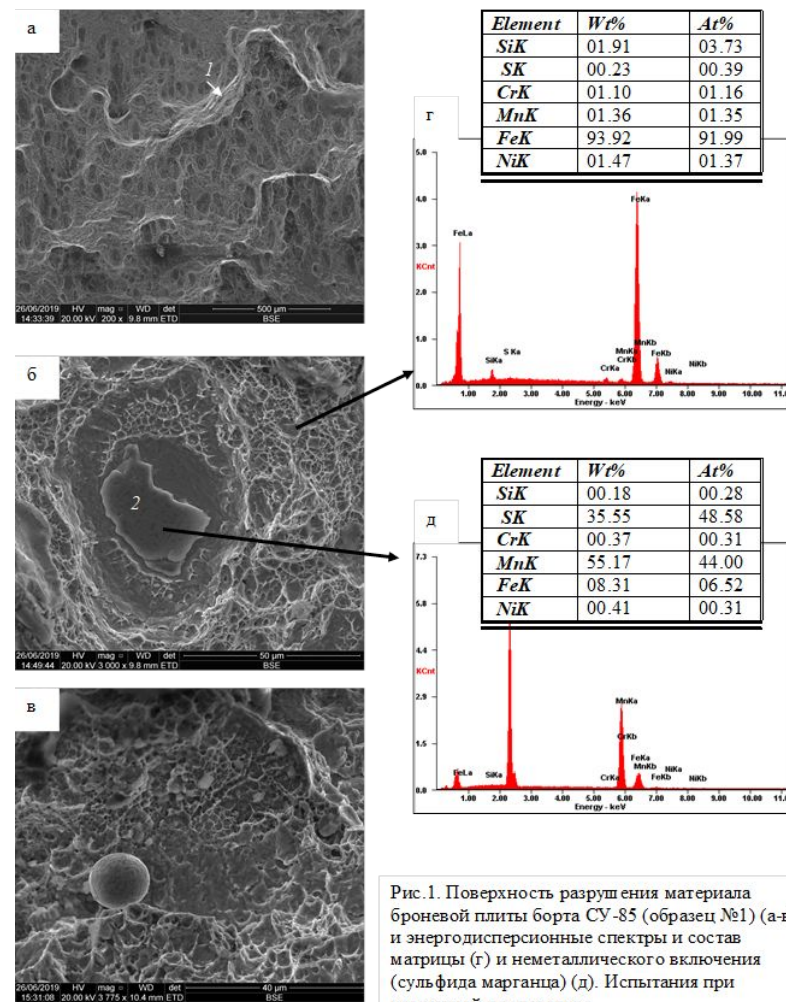


Рис.1. Поверхность разрушения материала броневой плиты борта СУ-85 (образец №1) (а-в) и энергодисперсионные спектры и состав матрицы (г) и неметаллического включения (сульфида марганца) (д). Испытания при комнатной температуре.

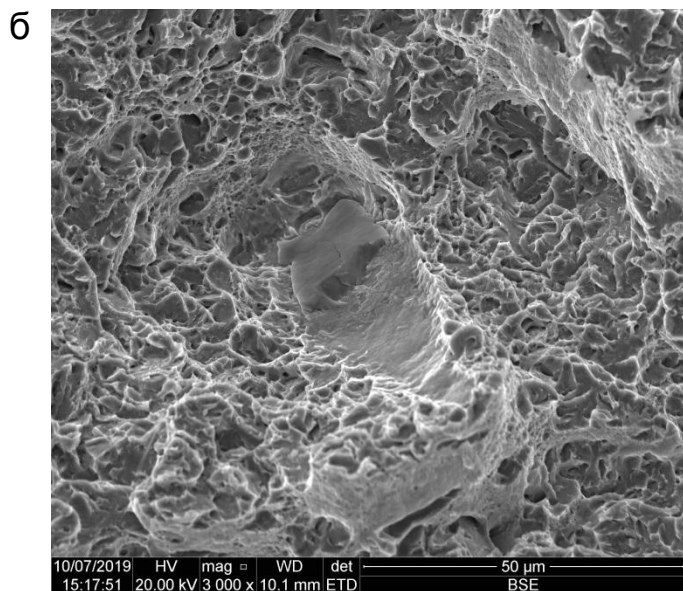
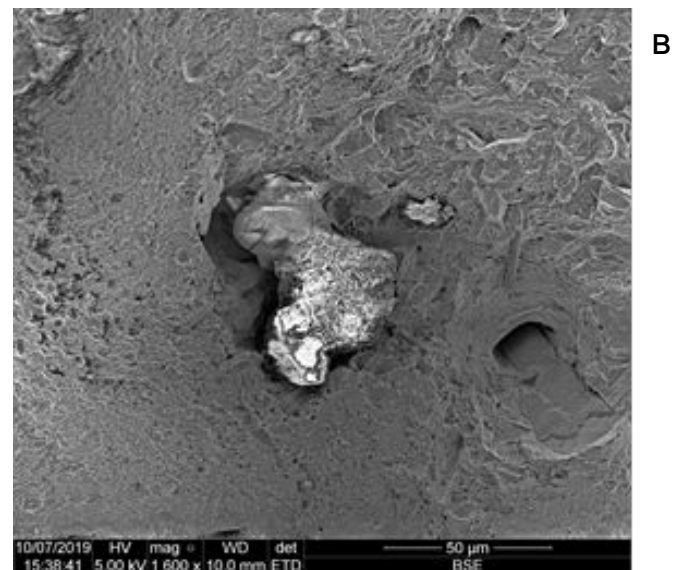
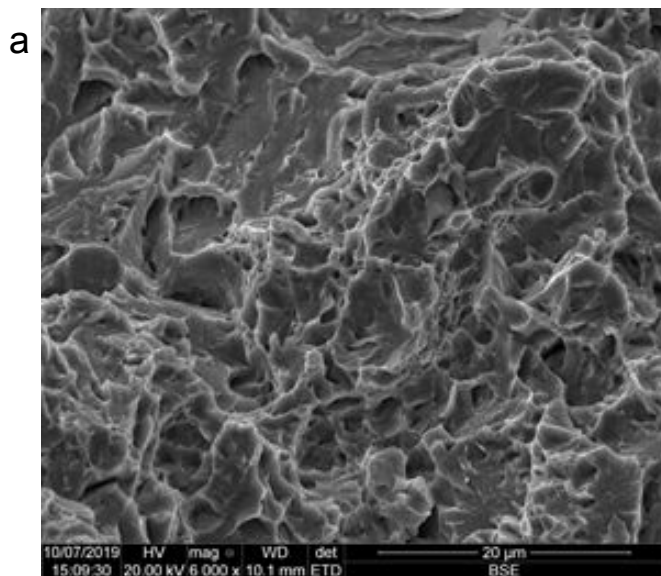


Рис.2. Поверхность разрушения материала броневой плиты правого борта рубки СУ-100 :
а – область вязкого разрушения, б – фасетки скола и часть частицы MnS ,
в – неметаллическое включение. Испытания при температуре жидкого азота.

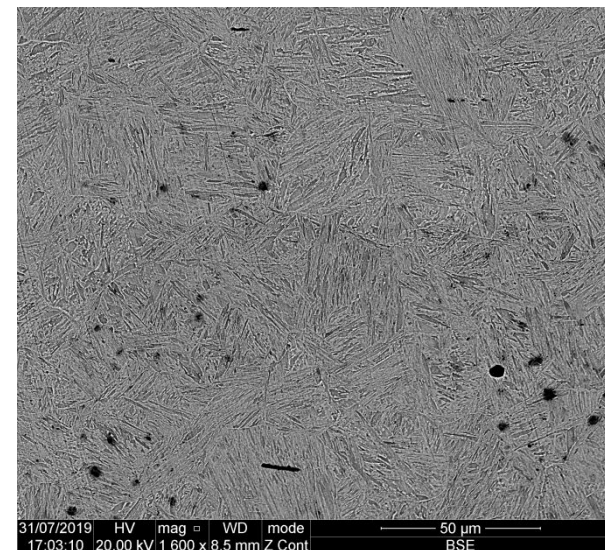
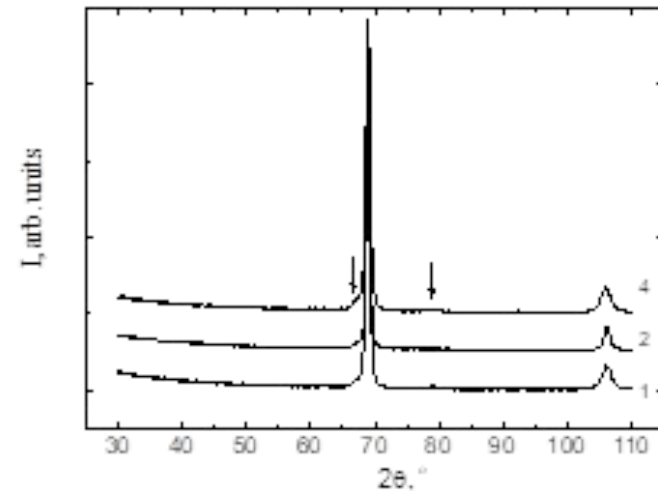
Металлографическое исследование броневой стали корпусов СУ 85 и СУ 100

Основная фаза 2-х образцов имеет кристаллическую решетку α -железа, присутствует также γ -фаза - 5-10% (отмечена стрелками).

Образец броневой стали СУ-85 имеет структуру отпущенного пакетного мартенсита, размер пакета 20-30 мкм, содержание остаточного аустенита 5%. Структура стали СУ-100: отпущенный бейнит, 5% остаточного аустенита.

Микротвердость стали первого образца составляет 3500 МПа, а второго образца – 2280 МПа.

На шлифах выявлены в довольно большом количестве поры округлой или вытянутой формы размером 5-30 мкм и микротрещины длиной до 30 мкм.



Заключение

Исследование брони СУ-100, СУ-85, СУ-122 и танков Т-34 свидетельствует о том, что, металловедческие характеристики брони изученных экземпляров бронетехники соответствуют или близки к проектным показателям броневой стали 8С.

Полученные данные показывают что, несмотря на все трудности военного времени, в броне изученных образцов содержание основных легирующих элементов – хрома, марганца, никеля, молибдена, кремния – при некоторых отклонениях концентраций, в целом, соответствует марочному составу броневой стали 8С, Это же относится и к показателям твердости и должному сочетанию твердости и характеру изломов броневой стали (вязкости).

Броневая сталь 8С, несмотря на некоторые дефекты отдельных образцов, связанные с неотработанностью технологии, являлась незаменимым конструкционным материалом для корпусов средних САУ и танков Т-34, выпускаемых в годы Великой Отечественной Войны. И в этом заключается значение стали 8С, разработанной отечественными металлургами непосредственно перед войной.

Публикации

- *Гижевский Б.А., Мельников Н.Н., Запарий Вас.В., Запарий Вл.В.* Бронева сталь уралмашевских самоходок // Черные металлы. 2020. №1. С. 63-68.
- *Мельников Н.Н.* Модернизация танковой промышленности СССР в условиях Великой Отечественной войны – Екатеринбург: Изд-во «Сократ», 2017. – 416 с.
- *Мельников Н. Н., Гижевский Б. А., Запарий Вас. В., Запарий Вл. В.* История создания противоснарядной танковой брони 8С // Черные металлы. 2019. №5. С. 70-76.
- *Запарий Вас.В.* Танковая промышленность на Урале в 1940-е годы.- Екатеринбург: Изд-во УМЦ-УПИ, 2015. – 219 с.
- *Гижевский Б.А., Дегтярев М.В., Чашухина Т.И., Воронова Л.М., Патраков Е. И., Мельников Н.Н., Запарий Вас.В., Рузаев С.В., Запарий Вл.В.* Фрактографическое исследование броневой стали самоходных артиллерийских установок Красной армии // Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. 2020. №2. С. 26-37.

Авторы выражают благодарность ООО «ЭЛНК ГРУПП» за содействие в проведении ряда измерений, сотрудникам Института истории и археологии УрО РАН, Института физики металлов УрО РАН, Музея военной техники УГМК за плодотворное сотрудничество

Запарий Вас. В., ИАА УрО РАН

Запарий Вл. В., УрФУ

Патракову Е.И., ИФМ УрО РАН

Наумову С.В., ИФМ УрО РАН

Рузаеву С.В., Музей УГМК

Грязных В.В., Музей УГМК