УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Арсенал-Деталь»
_____ В.А. Макеев
«24» февраля 2024 г.

ТУ 18105ВВ 2024

ЛИСТЫ И ПЛИТЫ СТАЛЬНЫЕ БТВТ 450

Технические условия 18105ВВ 2024 от 24 февраля 2024 года

ОКП 09 2500
ОКПД2 24.10

Введены в действие Приказом ООО «Арсенал-Деталь» от 14.09.2026 № 14/09-1.
Держатель подлинника ТУ: ООО «Арсенал-Деталь» (ИНН 6670215323).
Исключительные права на настоящие ТУ, включая Приложение А, принадлежат ООО «Арсенал-Деталь». Передача третьим лицам, тиражирование, внесение изменений без письменного согласия Держателя подлинника не допускаются и преследуются в соответствии с законодательством РФ.

ПРЕДИСЛОВИЕ

1. РАЗРАБОТАНЫ ООО «Арсенал-Деталь» (ИНН 6670215323).
2. ВНЕСЕНЫ ООО «Арсенал-Деталь».
3. ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ Приказом ООО «Арсенал-Деталь» от 14 сентября 2026 г. № 14/09-1.
4. ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ.
5. Обозначение «БТВТ 450» является условным обозначением продукции (листов и плит) и не является маркой стали в смысле ГОСТ 380, ГОСТ 19281, ГОСТ 4543 и иных стандартов.

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1. Настоящие технические условия (далее — ТУ) распространяются на листы стальные и плиты стальные БТВТ 450 (Броневая Технологичная Высокопрочная Тонколистовая), изготовленные горячей или холодной прокаткой либо литьём, с пределом прочности от 540 МПа (далее — продукция; термины «лист», «листы», «плита», «плиты» в тексте настоящих ТУ применяются к продукции в целом, если из контекста не следует иное). Марка БТВТ 450 является условным обозначением продукции и не является маркой стали в смысле государственных стандартов.

1.2. Назначение: продукция предназначена для изготовления штампованных, гнутых и сварных конструкций, эксплуатируемых в условиях воздействия абразивного износа, динамических ударных нагрузок, осколочных и шариковых поражающих элементов, а также для применения в составе взрывозащитных и противоосколочных конструкций гражданской и специальной инфраструктуры (включая объекты нефтегазового, горнодобывающего и энергетического комплексов), в том числе для защиты от осколочных и вторичных поражающих элементов, образующихся при поражении воздушных, наземных и надводных целей, и для снижения воздействия ударной волны и

импульса взрыва в составе защитных конструкций, в том числе при кратковременном нагреве до 300 °C.

1.3. Ключевые преимущества:

- высокая штампуемость и гибкость: позволяет создавать сложные пространственные формы без образования трещин;
- энергопоглощение: за счёт высокой пластичности эффективно гасит кинетическую энергию осколков и ударную волну, предотвращает хрупкое разрушение (сполллинг);
- свариваемость: без предварительного подогрева и специальных электродов, стандартными методами;
- защитные свойства: защита от осколочных и шариковых поражающих элементов и пистолетных пуль при соответствующей толщине;
- снижение рикошета: за счёт высокой пластичности снижается вероятность опасного рикошета и разлёта вторичных осколков;
- термостабильность: сохраняет износостойкие и ударные свойства при кратковременном нагреве до 300 °C; не подвержена необратимому отпуску, в отличие от закалённых броневых сталей.

1.4. ТУ не являются конструкторской документацией. Выбор толщины, схемы армирования, узлов крепления и компоновки защитной конструкции — ответственность Покупателя (проектировщика, изготовителя конструкции).

1.5. Настоящие ТУ — единственный и исчерпывающий документ, регламентирующий качество, допустимые отклонения, товарный вид, методику контроля, транспортировку и хранение продукции. ГОСТ, ОСТ, межгосударственные стандарты и стандарты ЕАЭС, прямо не указанные в настоящих ТУ, не применяются и не служат основанием для отказа от приёмки, удержания оплаты, уменьшения цены или претензий. Обязательные требования технических регламентов Таможенного союза и Евразийского экономического союза соблюдаются в объёме, прямо предусмотренном законом.

1.6. Лист (плита) БТВТ 450 — продукция из стали в форме плоского листа (плиты) с характеристиками по химическому составу, геометрическим размерам и пределу прочности, установленными настоящими ТУ. Иные свойства, упомянутые в настоящих ТУ, носят информационный характер (п. 8.3).

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

2.1. Общие положения

2.1.1. Продукция должна соответствовать требованиям настоящих ТУ.

2.1.2. Изменения, влияющие на свойства, вводятся в ТУ или спецификации после расчётов, анализа или испытаний.

2.2. Характеристики

2.2.1. Геометрические параметры продукции должны соответствовать требованиям ТУ, чертежам или размерам, указанным в спецификации. Предельные отклонения от номинальных размеров: по ширине — +50 мм; по длине — −10/+50 мм.

2.2.2. Защитные свойства продукции соответствуют справочным классам защиты, указанным в п. 2.2.7. Настоящие ТУ не устанавливают гарантированных баллистических (защитных) характеристик; конкретные показатели стойкости к воздействию средств поражения определяются спецификацией и/или результатами испытаний готовой конструкции, проводимых Покупателем.

2.2.3. Предельные отклонения по плоскостности — не более 20 мм на 1 метр длины.

2.2.4. Поверхностная коррозия (окислы, ржавчина, остатки прокатной окалины) не является браковочным признаком и допускается, если она носит равномерный или местный характер и удаляется металлической щёткой без образования сквозных или глубоких язв (питтингов).

Местное уменьшение номинальной толщины металла в местах коррозионного поражения, измеренное ультразвуковым толщиномером ПОСЛЕ механической зачистки поверхности до чистого металла, не должно превышать 0,5 мм (или 10 % от номинальной толщины — в зависимости от того, какая из этих величин меньше) с учётом погрешности измерительного прибора ±0,1 мм.

Примечание: Указанные допуски установлены для продукции, хранившейся в условиях п. 5.4. Наличие равномерной поверхностной коррозии само по себе не является основанием для предъявления претензий по качеству.

2.2.5. Продукция предназначена для изготовления конструкций, эксплуатируемых в стандартных климатических условиях. Диапазон температур эксплуатации не нормируется настоящими ТУ и определяется Покупателем исходя из условий конкретного проекта. Применение при отрицательных температурах допускается только при наличии в паспорте поставщика подтверждённых данных об ударной вязкости (KCU) для конкретной партии, соответствующих требованиям проекта. Эксплуатация при отрицательных температурах без указанных данных осуществляется Покупателем на свой риск и не влечёт ответственности Изготовителя. Данные об ударной вязкости (KCU) приводятся в паспорте партии исключительно в информационных целях и не входят в состав гарантийных обязательств Изготовителя (п. 8.1).

2.2.6. Твёрдость не контролируется.

2.2.7. Классы защиты носят рекомендательный (справочный) характер:

- при толщине 2,5 ± 0,5 мм — класс Бр1 (защита от пистолетных пуль), класс С2 (базовая защита от осколочных и шариковых поражающих элементов);
- при толщине 5 ± 0,3 мм и 6,3 ± 0,5 мм — класс Бр2 (защита от пистолетных пуль со свинцовым сердечником), класс С2 (усиленная защита от осколочных и шариковых поражающих элементов).
- Примечание. Классы приведены по ГОСТ 34286-2017 и ГОСТ Р 51112-97 и носят справочный характер. Они действительны при соблюдении условий применения (раздел 6) и приводятся для ориентира. Более точные данные могут отражаться в спецификации или паспорте после расчётов и испытаний. Окончательное подтверждение класса защиты конкретной конструкции осуществляет Покупатель путём баллистических испытаний или расчётным методом. Изготовитель не несёт ответственности за несоответствие класса защиты готовой конструкции, изготовленной Покупателем, справочным данным п. 2.2.7.

2.3. Химический состав

Химический состав (массовая доля элементов, не более, %):

C — 0,35;
Si — 0,40;
Mn — 1,50;
P — 0,025;
S — 0,005;
Cr — 0,35;
Mo — 0,35;
B — 0,006.

Минимальные значения содержания элементов не нормируются настоящими ТУ и определяются технологией производства Изготовителя. Гарантийные обязательства по

химическому составу ограничены непревышением верхних границ, указанных в настоящем пункте.

Примечание. Химический состав может корректироваться в пределах указанных верхних границ в зависимости от технологии производства и требований спецификации. Наличие бора не гарантируется и не является браковочным признаком.

2.4. Механические свойства

Предел прочности ($\sigma_в$) ≥ 540 МПа;

3. ПРАВИЛА ПРИЁМКИ

3.1. Контроль химического состава и механических свойств на входном контроле Покупателя носит рекомендательный характер и не является условием приёмки. Приёмка продукции осуществляется в порядке и сроки, установленные договором поставки.

3.2. При проведении входного контроля Покупатель сравнивает паспорт партии с фактическими показателями (предел прочности, химический состав).

3.3. Классы защиты (п. 2.2.7) являются справочными. По требованию Покупателя они могут быть подтверждены в аккредитованной лаборатории или расчётным методом по фактическим геометрическим параметрам и пределу прочности — за счёт Покупателя по отдельному соглашению с Изготовителем.

4. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

4.1. Химический состав определяют спектральным или химическим анализом.

4.2. Механические свойства определяют на образцах, вырезанных поперёк направления прокатки, методом растяжения.

4.3. Геометрические параметры контролируют измерительным инструментом.

4.4. Внешний вид осматривают визуально без применения увеличительных приборов.

4.5. Глубину коррозионного поражения (п. 2.2.4) определяют как разницу между номинальной и фактической (минимальной из измеренных) толщиной продукции после механической зачистки поверхности до чистого металла. Измерения проводят штангенциркулем, микрометром или ультразвуковым толщиномером не менее чем в трёх точках на 1 м² поверхности. При оценке результата учитывается погрешность измерительного прибора ±0,1 мм. Если результаты измерений различными приборами расходятся в пределах суммарной погрешности, приоритет имеют показания прибора, указанного в паспорте партии или согласованного сторонами.

5. МАРКИРОВКА, УПАКОВКА, ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ

5.1. Маркировка. Не маркируется.

5.2. Упаковка. Упаковки не требует.

5.3. Транспортирование. Транспортируют всеми видами транспорта в соответствии с правилами перевозки грузов.

5.4. Хранение. Допускается под открытым небом. Температурный режим хранения не ограничивается. Допускается кратковременный нагрев до 300 °C при эксплуатации — свойства материала не разрушаются.

6. РЕКОМЕНДАЦИИ И ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

6.1. Термическое воздействие. Сварка и (или) нагрев свыше 500 °C снижает защитные свойства. Продукция БТВТ 450 сохраняет свои механические и защитные свойства при нагреве до 300 °C, что делает её пригодной для работы в условиях высоких температур (печи, горячие газовые потоки, противопожарные конструкции).

6.2. Резка. Для сохранения класса защиты и свойств резать продукцию на холодную гидроабразивным способом. При резке материалов небольшой толщины (до 3 мм) рекомендуется формировать стопки листов, избегая зазоров между листами более 0,5 мм. Струя может расширяться в зазоре и резать нижний лист с меньшей точностью. При резке группы листов держать их как можно плотнее друг к другу. Мелкие абразивные частицы (диаметром 0,125 мм или меньше) обеспечивают немного меньшую скорость гидроабразивной резки, но более гладкую поверхность.

6.3. Механическая обработка. Выполнять инструментами из твёрдых сплавов (СС):

- быстрорежущие стали (HSS, обозначение Р*) — для концевого инструмента (метчики, свёрла, фрезы небольших диаметров);
- твердосплавные свёрла (Т5К12В, ВК10М, ВК15М, ВК6, ВК8 и аналоги) — для сверления высокопрочных металлов при средних и малых скоростях.

6.4. Штамповка. Рекомендована для использования при производстве штампованных изделий.

6.5. Сварка. Электроды: УОНИ, МР-1, ОЗС-4. Проволока: Св08Г2С.
Расчёт погонной энергии: $Q = (k \cdot U \cdot I) / V$,
где U — напряжение, В;
I — ток, А;
V — скорость сварки, мм/сек;
k — КПД дуги (k = 0,9);
Q — погонная энергия.

6.6. Износостойкость. Продукция рекомендована для конструкций, эксплуатируемых в условиях абразивного износа и динамических ударных нагрузок, в том числе в составе оборудования, ограждений и конструкций нефтегазового, горнодобывающего и карьерного назначения (бункеры, перегрузочные узлы, дробильно-сортировочное оборудование, защита буровых). При нагреве до 300 °C износостойкость сохраняется полностью.

6.7. Конструирование взрывозащитных и противоосколочных конструкций
Для реализации полного потенциала продукции БТВТ 450 в условиях воздействия ударных волн и взрывных нагрузок необходимо соблюдение следующих проектных решений:

6.7.1. Демпфирующее крепление. При монтаже листов в составе взрывозащитных и противоосколочных конструкций не допускается жёсткое крепление по всему периметру (сплошная сварка). Рекомендуется применять:

- крепление болтами через овальные (продолговатые) отверстия, обеспечивающие относительное смещение листа (3–5 мм для толщин 2,5–3 мм; 5–10 мм для толщин 5–6,3 мм) для гашения импульса;
- резиновые, полиуретановые или эластомерные прокладки толщиной 3–10 мм между листом и несущим каркасом;
- шаг крепежа не более 300–400 мм по периметру и в центральной части панели для предотвращения эффекта «хлопанья» (flapping) от ударной волны.

Данное решение позволяет листу воспринимать динамическую нагрузку за счёт пластической деформации, не передавая разрушающие усилия на узлы крепления и несущие конструкции.

6.7.2. Повышение жёсткости панели. Для увеличения взрывостойкости и снижения прогиба плоских листов рекомендуется применять:

- формирование П-, U- или трапецеидальных профилей (гофрирование);
- отбортовки по периметру панели глубиной не менее 30–50 мм;
- приварку рёбер жёсткости с тыльной стороны (уголок, швеллер, профильная труба) с шагом 200–400 мм.

Ожидаемое увеличение взрывостойкости — оценочно в 3–5 раз по сравнению с плоским листом той же толщины; конкретные значения подтверждаются расчётом или испытаниями.

6.7.3. Многослойные защитные конструкции (сэндвич-схемы). Для комплексной защиты (осколки + ударная волна + тыльные осколки) рекомендуются двух- и трёхслойные конструкции:

- внешний (рабочий) слой: листы БТВТ 450 толщиной 5–6 мм — воспринимают первичный удар, гасят осколки и шрапнель;
- разделительный слой: воздушный зазор 50–100 мм — гасит и рассеивает ударную волну;
- внутренний (подбойный) слой: листы мягкой стали толщиной 3–4 мм, арамидные (кевларовые) маты или полиуретановые покрытия — улавливают тыльные осколки (сполллинг).

Ожидаемое снижение запреградного воздействия — оценочно 40–60 % по данным открытых источников.

6.7.4. Ограничение ответственности. Конкретные показатели взрывостойкости, пулестойкости и осколочной стойкости конструкции зависят от геометрии, узлов крепления, схемы армирования, углов встречи и условий нагружения. Ответственность за проектирование, расчёт и приёмочные испытания готовой конструкции несёт Покупатель (проектировщик, изготовитель конструкции).

6.7.5. Снижение воздействия вторичных поражающих элементов. Продукция БТВТ 450 за счёт высокой пластичности эффективно улавливает осколочные и вторичные поражающие элементы (в том числе образующиеся при поражении воздушных целей), снижая запреградное воздействие и предотвращая образование опасных вторичных осколков. Конкретные показатели определяются проектом конструкции и подтверждаются испытаниями готовой конструкции, проводимыми Покупателем.

6.7.6. Снижение рикошета. При проектировании защитных конструкций в зонах с ограниченным пространством (помещения, коридоры, укрытия) следует учитывать, что продукция БТВТ 450 за счёт высокой пластичности снижает вероятность опасного рикошета по сравнению с закалёнными броневыми сталями. Для усиления эффекта рекомендуется располагать листы под углом к вероятному направлению воздействия и использовать подбойные слои (п. 6.7.3).

7. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

7.1. Продукция не является токсичной и пожароопасной.

7.2. При механической обработке и сварке необходимо соблюдать требования безопасности, использовать средства индивидуальной защиты.

8. ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

8.1. Изготовитель гарантирует соответствие продукции требованиям настоящих ТУ по следующим параметрам:

- химический состав (п. 2.3);
- геометрические размеры и предельные отклонения (п. 2.2.1);
- предел прочности (σв) (п. 2.4).

8.2. Гарантийный срок не устанавливается.

8.3. Претензии по качеству принимаются исключительно в порядке и сроки, установленные договором поставки. Настоящие ТУ не создают гарантийных обязательств сверх указанных в п. 8.1. Упоминания в настоящих ТУ (включая Приложение А) температурных режимов, климатических условий, термостойкости, защитных, эксплуатационных и иных свойств продукции, не указанных в п. 8.1, носят информационный характер и не являются гарантийными обязательствами Изготовителя. Положение настоящего пункта не лишает нормативной силы требования и допуски пп. 2.2.1, 2.2.3, 2.2.4 и 2.2.6 настоящих ТУ, которые определяют соответствие продукции настоящим ТУ и допустимые отклонения при приёмке.

8.4. Изготовитель не несёт ответственности за дефекты, возникшие в результате:

- любой обработки продукции Покупателем или третьими лицами (резка, гибка, штамповка, сварка, сверление, механическая обработка);
- применения продукции в составе конструкций, спроектированных без учёта раздела 6;
- эксплуатации вне условий, указанных в настоящих ТУ;
- естественного износа, коррозии, иных эксплуатационных факторов.

8.5. После приёмки продукции Покупателем и/или начала любой обработки продукции ответственность Изготовителя по качеству прекращается, за исключением случаев, прямо предусмотренных договором поставки (скрытые дефекты, выявляемые исключительно при переработке).

8.6. Претензии по защитным (баллистическим) свойствам настоящими ТУ не регулируются и разрешаются исключительно в порядке, установленном договором поставки.

8.7. Совокупная ответственность Изготовителя по качеству ограничена стоимостью соответствующей партии продукции и не включает косвенные убытки (упущенную выгоду, расходы на переработку, восстановление, простой, штрафы третьих лиц), кроме случаев умысла или грубой неосторожности Изготовителя.

8.8. Сопроводительный документ — Паспорт поставщика (информационная справка: обозначение продукции, дата выпуска, номер счёта/спецификации, идентифицирующий партию, габариты, химсостав, соответствие ТУ, при необходимости — данные KCU). Сертификаты, декларации, паспорта по ГОСТ, экспортные документы не предоставляются. Отсутствие/ошибки Паспорта не являются основанием для отказа от приёмки/удержания/претензий.

9. СВЕДЕНИЯ О РАЗРАБОТЧИКЕ И ДЕРЖАТЕЛЕ ПОДЛИННИКА

ООО «Арсенал-Деталь» (ИНН 6670215323).
Телефон: 8-922-02-59-564, 8-922-181-21-18
E-mail:bronestali@list.ru, arsenal-detal@list.ru, 2208644@mail.ru

Держатель подлинника ТУ: ООО «Арсенал-Деталь».

Исключительные права на настоящие ТУ, включая Приложение А, принадлежат ООО «Арсенал-Деталь». Копирование, тиражирование, передача третьим лицам, а также использование ТУ для производства продукции без письменного разрешения Держателя подлинника не допускается и преследуется в соответствии с законодательством РФ.

10. ПОРЯДОК ОБОЗНАЧЕНИЯ

10.1. Пробел, дефис, тире, строчные и прописные буквы в обозначении продукции (БТВТ 450, БТВТ450, бтвт 450) считать равнозначными.

10.2. Пробел, дефис, тире, строчные и прописные буквы в обозначении настоящих ТУ считать равнозначными.

10.3. Обозначение «БТВТ 450» относится к продукции (листам и плитам), а не к марке стали в смысле государственных стандартов.

11. ПРОЧИЕ УСЛОВИЯ (ЗАЩИТА ПОСТАВЩИКА И ДЕРЖАТЕЛЯ ТУ)

11.1. Ограничение ответственности. Совокупная ответственность Изготовителя по настоящим ТУ ограничена стоимостью отгруженной партии продукции. Изготовитель не несёт ответственности за косвенные убытки, упущенную выгоду, ущерб третьим лицам, возникшие в результате применения продукции Покупателем или третьими лицами.

11.2. Ответственность Покупателя. Покупатель несёт полную ответственность за:

- выбор толщины, обозначения и класса защиты под конкретную угрозу;
- проектирование, расчёт и изготовление защитной конструкции;
- проведение приёмочных испытаний готовой конструкции;
- соблюдение требований законодательства РФ о гражданской, специальной и военной продукции, об оружии и боеприпасах, об экспортном контроле.

11.3. Экспортный контроль. При вывозе продукции за пределы РФ Покупатель самостоятельно обеспечивает соблюдение требований законодательства РФ об экспортном контроле. Изготовитель не несёт ответственности за нарушение Покупателем указанных требований.

11.4. Конфиденциальность. Сведения о химическом составе, режимах обработки и технических характеристиках, содержащиеся в настоящих ТУ, являются конфиденциальной информацией. Покупатель не вправе разглашать их третьим лицам без письменного согласия Держателя подлинника, кроме случаев, предусмотренных законом. Запрет не распространяется на использование данных для входного контроля и собственных технологических нужд Покупателя.

11.5. Форс-мажор. Стороны освобождаются от ответственности за неисполнение обязательств, если оно вызвано обстоятельствами непреодолимой силы (стихийные бедствия, военные действия, акты органов власти, ограничения логистики, пандемии, санкции и т. п.).

11.6. Разрешение споров. Споры разрешаются путём переговоров, при недостижении согласия — в Арбитражном суде Свердловской области (по месту нахождения Изготовителя), если иное не предусмотрено договором поставки.

11.7. Внесение изменений. Изготовитель вправе вносить изменения в настоящие ТУ без предварительного уведомления Покупателя. Актуальная редакция — у Держателя подлинника. Покупатель обязан самостоятельно отслеживать изменения и использовать актуальную редакцию ТУ на дату подписания договора поставки.

11.8. Интеллектуальная собственность. Все технические решения, рекомендации и инженерные разработки, содержащиеся в настоящих ТУ (включая раздел 6.7 и

Приложение А), являются интеллектуальной собственностью ООО «Арсенал-Деталь». Использование данных решений в коммерческих целях без письменного разрешения запрещено.

11.9. Приоритет договора. В случае противоречия между настоящими ТУ и договором поставки (спецификацией) применяются условия договора поставки (спецификации).

ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное)

Сравнительные характеристики продукции БТВТ 450 и закалённых броневых сталей при одинаковой толщине

Данные по закалённым броневым сталям с твёрдостью 400–600 НВ приведены на основании открытых источников и носят обобщённый характер для класса закалённых бронесталей. Сведения носят справочный характер и не являются рекламой, офертой или гарантийным обязательством Изготовителя.

1. Взрывостойкость

БТВТ 450 ($\delta 5 \geq 20$ %): при взрывной нагрузке лист растягивается, поглощая энергию импульса за счёт пластической деформации.

Закалённая броня ($\delta 5 = 6–8$ %): не успевает пластично деформироваться — хрупкий излом, раскалывание.

Вывод: для защиты от СВУ, разрывов, подрывов продукция БТВТ 450 существенно превосходит закалённую броню той же толщины по энергопоглощению при взрывной нагрузке (оценочно; подтверждается расчётом или испытаниями).

2. Отсутствие сполллинга

БТВТ 450: удар «проглатывается», тыльная сторона остаётся целой. Закалённая броня: сполллинг — тыльные осколки со скоростью 100–300 м/с, самостоятельный поражающий фактор.

Вывод: продукция БТВТ 450 снижает потребность в дорогом подбое (кевлар, арамид).

3. Свариваемость

БТВТ 450: стандартные электроды (УОНИ, МР-1, ОЗС-4), проволока Св08Г2С, без подогрева.

Закалённая броня: подогрев 150–250 °С, спецэлектроды, риск «мягкого пятна» в зоне термического влияния.

Вывод: сварочные работы для продукции БТВТ 450 дешевле за счёт отсутствия подогрева и специальных электродов.

4. Штампуемость и гибка

БТВТ 450: гибка от 3 толщин, штамповка, вальцовка.

Закалённая броня: гибка радиусом менее 8–10 толщин — трещины. Штамповка невозможна.

5. Стоимость готового изделия

БТВТ 450: стоимость 1 м² конструкции ниже за счёт материала, сварки, мехобработки и отсутствия подбоя.

Закалённая броня: дороже материал, спецэлектроды, подбой, медленная мехобработка.

6. Склонность к хладноломкости

БТВТ 450: имеет более низкий порог хладноломкости по сравнению с закалёнными сталями благодаря низкому содержанию углерода и мелкозернистой структуре. Однако конкретные значения ударной вязкости при отрицательных температурах определяются исключительно по результатам испытаний конкретной партии и указываются в паспорте поставщика. Закалённая броня: при −30...−40 °C резко переходит в хрупкое состояние из-за мартенситной структуры, что требует обязательного и сложного контроля.

7. Устойчивость к повторным попаданиям

БТВТ 450: плавная воронка, накопление повреждений не приводит к внезапному разрушению.

Закалённая броня: после 2–3 попаданий рядом — риск хрупкого разрушения пластины.

8. Термостойкость

БТВТ 450: до 300 °C — свойства сохраняются (п. 6.1). Свыше 500 °C — снижаются. Закалённая броня: нагрев выше 250–300 °C — необратимый отпуск, потеря 50–70 % защитных свойств.

9. Простота монтажа

БТВТ 450: сверление твёрдосплавными свёрлами (ВК8, Т5К12В) на стандартных режимах.

Закалённая броня: спецсвёрла, низкие скорости, обильное охлаждение.

10. Предсказуемость поведения

БТВТ 450: характеризуется предсказуемой пластической деформацией с рассчитываемым прогибом и энергией поглощения при соблюдении условий применения (раздел 6).

Закалённая броня: поведение при нестандартных углах и множественных попаданиях непредсказуемо.

11. Снижение рикошета

БТВТ 450: за счёт высокой пластичности при встрече с преградой под углом лист деформируется и поглощает энергию, снижая вероятность опасного рикошета и разлёта вторичных осколков.

Закалённая броня: высокая твёрдость повышает вероятность хрупкого рикошета с разлётом опасных осколков под большими углами.

Вывод: для конструкций, работающих в зонах с людьми, продукция БТВТ 450 снижает риск поражения рикошетом (оценочно; подтверждается испытаниями готовой конструкции).

Сводная таблица

Критерий	БТВТ 450	Закалённая броня
Пулестойкость (Бр3, Бр4)	ниже	выше
Взрывостойкость	выше	ниже
Отсутствие сполллинга	выше	ниже
Свариваемость	выше	ниже
Гибка / штамповка	выше	ниже
Цена готового изделия	ниже	выше
Склонность к хладноломкости	ниже	выше
Повторные попадания	выше	ниже
Термостойкость	выше	ниже
Простота монтажа	выше	ниже
Предсказуемость	выше	средняя
Снижение рикошета	выше	ниже

По совокупности эксплуатационных характеристик (взрывостойкость, технологичность, стоимость готового изделия, снижение рикошета) продукция БТВТ 450 превосходит закалённые бронестали по большинству рассмотренных критериев.

Рекомендация по выбору

Продукцию БТВТ 450 целесообразно применять, если:

- защита от осколков, шрапнели, шариковых поражающих элементов, пистолетных пуль (Бр1, Бр2);
- взрывозащитные конструкции (СВУ, разрывы);
- объекты нефтегазового и горнодобывающего комплексов с высокими абразивными и ударными нагрузками (перегрузочные узлы, бункеры, защитные ограждения буровых, дробильно-сортировочные установки);
- защита от вторичных поражающих элементов, образующихся при поражении воздушных, наземных и надводных целей;
- снижение рикошета в ограниченных пространствах (помещения, коридоры, укрытия);
- работа при отрицательных температурах (при обязательном наличии в паспорте поставщика данных об ударной вязкости KCU);
- сложная геометрия (гибка, штамповка, вальцовка);
- ограниченный бюджет;
- пожароопасные объекты и зоны нагрева до 300 °C;
- длительная эксплуатация при повторяющихся воздействиях;
- критична масса тыльных осколков (защита людей за преградой).
- Закалённую броню целесообразно применять, если:

- угроза — бронебойные сердечники автоматных и винтовочных пуль (Бр3, Бр4 и выше);
- конструкция — только плоские листы;
- критична минимальная толщина/вес при высоком классе пулестойкости.

Комбинированное решение: продукция БТВТ 450 как основной материал (корпус, каркас, обшивка), закалённая броня — локально в зонах вероятного попадания бронебойных пуль (амбразуры, смотровые щели, посты охраны).

Дополнительно: для задач, требующих класса защиты Бр3 и выше, ООО «Арсенал-Деталь» предлагает закалённую броневую сталь собственной разработки марки С-500 (твёрдость 470–530 НВ, предел прочности ≥ 1100 МПа). С-500 и продукция БТВТ 450 дополняют друг друга в составе комбинированных защитных конструкций: БТВТ 450 — несущая и демпфирующая основа, С-500 — локальное усиление в зонах повышенной угрозы.

Примечание. Технические условия на лист С-500 предоставляются по отдельному запросу. Характеристики С-500 соответствуют заявленным при условии соблюдения рекомендаций по обработке и монтажу.

Генеральный директор ООО «Арсенал-Деталь»

_____ В.А. Макеев