

**Castolin Eutectic®**  
**Eutectic Castolin**

# HARDBANDING

для бурения нефтяных  
и газовых скважин

Паспорт технических характеристик (TPDS)



**OTW** **12Ti**

Оптимальные эксплуатационные качества

- Конструктивное решение, не допускающее трещин
  - Низкий износ обсадных труб
  - Оптимальная стойкость к износу
- Универсальность при восстановительных работах

## Описание:

OTW 12Ti существенно увеличивает износостойкость оборудования в наиболее экстремальных условиях бурения, что подтверждается ее применением в сильно искривленных скважинах и открытых стволах. Исключительная износостойкость в сочетании с очень гладкой поверхностью и низким коэффициентом износа обсадной трубы, признанные большинством нефтегазовых компаний, максимально увеличивает срок эксплуатации бурильных труб.

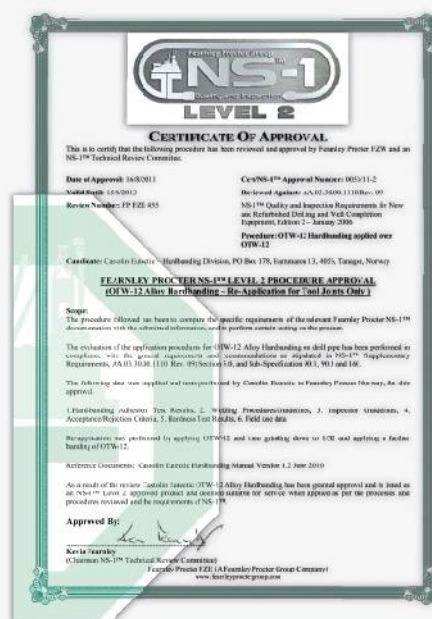
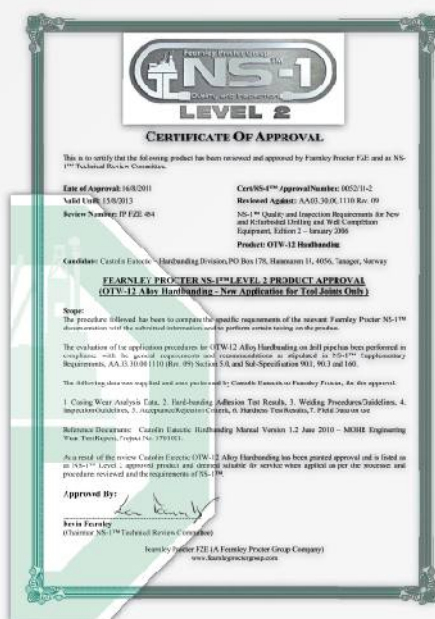
Титан-карбидный химический состав OTW 12Ti создает мартенситную матрицу, которая имеет сверхтвердую, стойкую к истиранию микроструктуру, что обеспечивает оптимальную прочность и целостность металла.

Твердость OTW 12Ti по шкале С Роквелла составляет 61,5, что в сочетании со стойкостью к трещинам и универсальным применением наплавки обеспечивает работу оборудования при высоких нагрузках в открытом стволе, а также отвечает всем требованиям по уменьшению износа обсадной трубы. Благодаря технологиям OTW 12Ti по упрочнению и восстановлению бурильных труб, конечные пользователи получают более высокую прибыль по инвестициям и долгосрочным накоплениям. OTW 12Ti может повторно наноситься на существующую наплавку этой же марки и на большинство материалов других производителей, обеспечивая, таким образом, быстрый и легкий ремонт даже в самой удаленной местности.

OTW 12Ti представляет собой наплавочный материал из порошковой проволоки, разработанный и произведенный компанией Castolin Eutectic в соответствии с новейшими технологиями, гарантирующими высочайший уровень контроля качества. Более того, наплавочный материал OTW сертифицирован по NS-1 для упрочнения и восстановления замков бурильной трубы.

## Преимущества:

- Низкий коэффициент износа обсадной трубы
- Возможность применения в условиях открытого ствола и обсадной трубы
- Максимальный уровень стойкости к износу в открытом стволе
- Идеально подходит для нанесения поверх существующего наплавочного материала
- Полная совместимость со всеми устойчивыми к трещинам наплавочными материалами
- Универсальное применение наплавочного материала
- Комплексное применение и стойкость к трещинам



Сертификация по NS1, проводимая Feamley Procter, является общепризнанной действующей сертификацией наплавки замков бурильных труб. Продукт Castolin OTW 12Ti успешно проходит сертификацию в соответствии с указанным стандартом несколько лет подряд. В ходе сертификации по NS1 изучаются следующие аспекты: рекомендованные методические руководства, характеристики износа (испытание на износ Mohr), использование продукции, согласно инструкциям действующей компании, механическое испытание целостности наплавленного упрочняющего слоя

**OTW 12Ti**



## Оценка прочности сцепления по стандартам NS1

Испытание наплавки Hardbanding на адгезионную прочность разработано для оценки прочности сцепления на границе слоев наплавки и материала замка бурильной трубы. Испытание проводится путем сжатия кольцевого сечения замка бурильной трубы, на внешнюю окружность которого нанесена наплавка. Сжатие создает большие напряжения внутри и вокруг границы проплавления для отделения наплавки от основного материала замка бурильной трубы.

Инженеры Feanley Proctor провели испытание в наиболее тяжелых контролируемых условиях, согласно Рабочей инструкции Feanley Proctor 3.13 по проведению испытания наплавки на адгезионную прочность, верс. 000.



Рисунок 2: Модуль для испытания на сжатие устанавливается в 10К машину для испытания на растяжение



Рисунок 1: Визуальный контроль

Визуальный контроль, следующий за испытанием на адгезионную прочность, проводится с помощью оптического микроскопа (Рисунки 2,3) и позволяет выявить какие-либо признаки отслоения или трещин:

1. Наплавочного покрытия
2. На границе между наплавкой OTW HARDBANDING и материалом замка бурильной трубы
3. На границе между новой наплавкой OTW HARDBANDING и старой наплавкой OTW HARDBANDING



Рисунок 3: Микроскопический анализ

## Результаты оценки прочности сцепления для OTW 12Ti

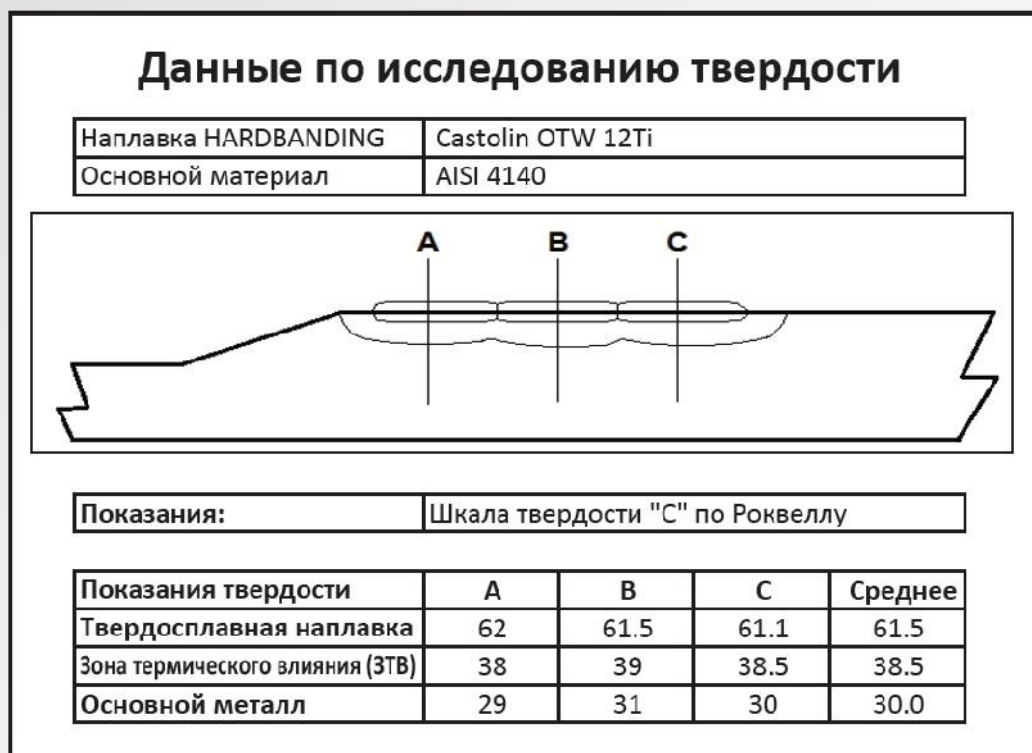
Кольцевые образцы были вырезаны из замка бурильной трубы, сталь AISI 4137, покрытого наплавкой OTW 12Ti. Кроме того, на изношенное покрытие OTW 12Ti повторно наплавляли OTW 12Ti и также вырезали кольцевой образец. Тщательная проверка всех кольцевых образцов на адгезионную прочность не выявила следов образования трещин или отслоения в наплавочном покрытии. На границе между наплавкой OTW 12Ti и материалом замка бурильной трубы и между изношенной и новой наплавкой OTW 12Ti, также не наблюдалось трещин.

Более подробный металлографический анализ выявил образование твердой наплавки между внешним покрытием OTW 12Ti и основным материалом, а также между изношенной и новой наплавкой OTW 12Ti. Ни вдоль границы проплавления упрочняющей наплавки и основного материала, ни в зоне термического влияния не было обнаружено трещин.

## Заключение по испытанию на прочность сцепления для OTW 12Ti

После сжатия и тщательной проверки испытательных образцов было выявлено образование прочного сцепления между наплавкой OTW 12Ti и основным металлом, а также между изношенной и новой наплавкой OTW 12Ti.

### Оценка твердости



Твердость - важное механическое свойство наплавки HARDBANDING, обеспечивающее износостойкость при работе в тяжелых условиях в открытом стволе. Тем не менее, повышенные показатели твердости могут привести к образованию трещин и даже сколов, схожих с повреждениями в тяжелых условиях бурения. Помимо этого, наплавка с трещинами или излишней твердостью может привести к ускорению износа обсадного ствола.

Твердость также должна быть равномерной по всей площади наплавки, обеспечивая идентичность свойств и плавность перехода.

Твердость измерялась с помощью индентора Викерса (HV) на полированном поперечном сечении, а также с помощью индентора Роквелла, тип С (HRC) на шлифованной поверхности. Упрочняющее покрытие наплавляли в один слой широким валиком на сталь AISI 4140.

## Заключение по оценке твердости для OTW 12Ti

Среднее значение твердости по шкале С Роквелла для OTW 12Ti составило 61,5, что говорит не только о хороших показателях износостойкости при эксплуатации в Открытом стволе, но и уникально высокую твердость, которая в сочетании с устойчивой к трещинам микроструктурой дает высокие показатели износостойкости обсадной трубы. Твердость сохраняется во всей микроструктуре с плавным переходом твердости в материал замка бурильной трубы через зону термического влияния (ЗТВ).

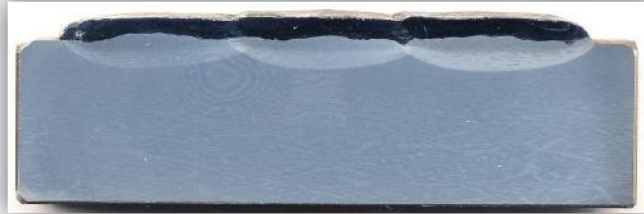


## Заключение о микроструктуре

Продукт OTW 12Ti разработан для создания уникальной микроструктуры, обладающей исключительной твердостью для эксплуатации в открытом стволе, и одновременно, остающейся гладкой и прочной, что существенно снижает износ обсадной трубы. Следовательно, структура содержит очень тонкие, сверхтвердые титан-керметные фазы, распределенные в прочной отпущенной мартенситной матрице, что показано при микроскопическом анализе.

Процесс перемешивания с основным металлом оптимизирован таким образом, чтобы быть достаточно низким для обеспечения минимального влияния на химические и физические свойства наплавки, но и достаточно высоким, для обеспечения достаточного уровня сцепления.

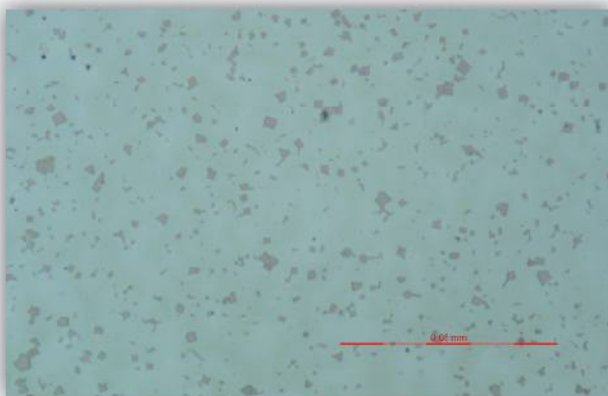
Граница между OTW 12Ti и материалом замка буровой трубы ровная, не содержит трещин, включений или вторичных, опасных фаз.



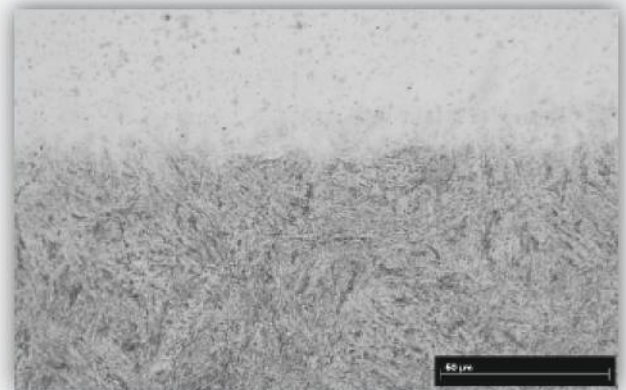
На поперечном сечении OTW12Ti видно малое воздействие тепла, оптимальное перемешивание и равномерную толщину наплавки.

## Совместимость и комплексное применение

На данный момент ключевым требованием в области восстановления и реконструкции замков буровых труб является возможность повторного нанесения (наплавки) наплавочной проволокой на существующий слой. Это существенно сокращает материальные и временные затраты на проведение восстановительных работ, а также обеспечивает высочайший уровень безопасности, если старый наплавочный материал не был полностью удален до восстановления.



Карбидная/матричная структура OTW 12Ti



Переход между границами замка буровой трубы и OTW 12Ti

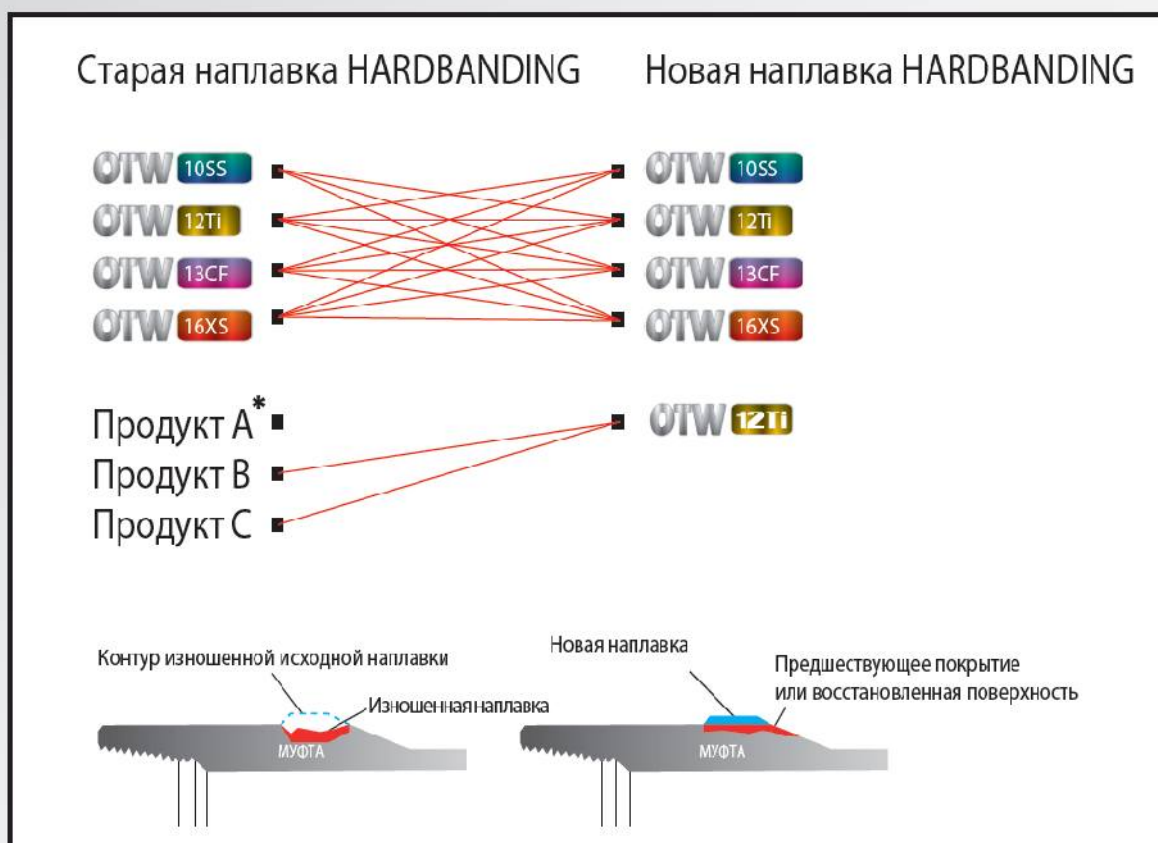
В идеале, наплавочная проволока должна повторно наплавляться не только на себя, но и на аналогичные наплавочные материалы. Или даже на изделия конкурирующих производителей.

Это становится возможным с методом комплексного применения (FAD), применяемым в продукте OTW 12Ti. Благодаря FAD, в ходе реконструкции изношенных буровых труб после буровых операций, создается совместимость не только с собственными материалами, но и со всеми сплавами OTW и всеми однородными наплавочными материалами, представленными на рынке,

FAD позволяет осуществлять экономически эффективный ремонт и восстановление буровых труб, не зависящий от материала изношенной наплавки, гарантируя хорошее качество сцепления и обеспечивая высокую эффективность наплавки OTW.

Для проведения испытания на совместимость сначала OTW 12Ti наплавляли на весь ряд продуктов OTW. Затем, ее наплавляли на 3 из 4 наиболее распространенных, представленных на рынке продуктов.

## Заключение о совместимости: OTW 12Ti



Изделие А\* - не совместимо, образуются трещины и истирания

Изделие В - ведущее изделие для восстановления изделий, содержащих Ti

Изделие С - ведущее комплексное изделие, устойчивое к образованию трещин

Продукт А\* - не совместимо, образуются трещины и износ  
 Продукт В - лучший продукт для восстановления аналогичной наплавки с содержанием Ti  
 Изделие С - лучший комплексный продукт, стойкость к образованию трещин

После повторной наплавки OTW 12Ti поверх 7 сварных наплавочных сплавов, все слои наплавки были проверены визуально на предмет трещин, затем разрезаны и отполированы для изучения границы между новым и старым наплавочным материалом. В идеале должен был наблюдаться плавный переход без образования трещин; были изучены полученные микроснимки переходных зон между различными сплавами и OTW 12Ti.

Проволока OTW 12Ti показала полную совместимость (взаимозаменяемость) с проволокой такого же типа, а также с другими продуктами в линейке OTW, OTW16 XS, OTW10 SS и OTW13 CF. Кроме того, данный тип проволоки является наиболее часто используемым на рынке на сегодняшний день.



Граница проплавления между сплавом В конкурента и OTW 12Ti сверху



Граница проплавления между OTW 12Ti и OTW 16XS сверху.



## Стойкость к образованию трещин

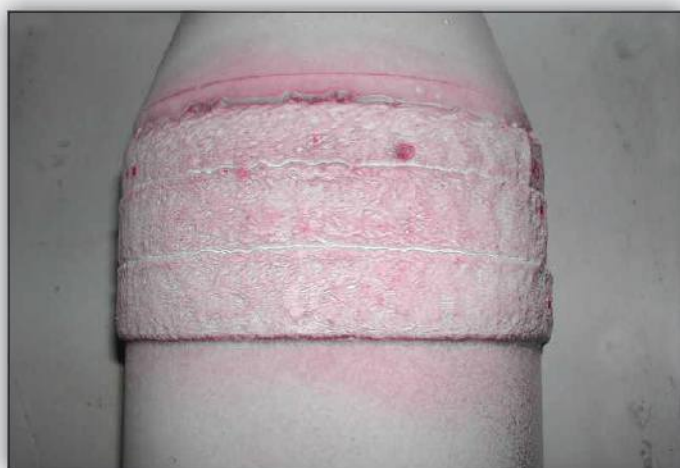
Большинство наплавочных продуктов обладают более высокой твердостью и коэффициентом теплового расширения, чем замки бурильных труб. Данные механические различия, а также напряжения, создаваемые в процессе сварки в слое наплавки, обычно уравниваются "контролируемым образованием трещин" на самой наплавке.

Все проволоки ОТВ представляют собой устойчивые к образованию трещин (NCD) сплавы, что не только снижает износ обсадной трубы, но и сокращает до 75% расходов на повторную наплавку, по сравнению с наплавками, имеющими трещины. В приведенной ниже таблице приведено сравнение обычной наплавки с ОТВ 12Ti.

ОТВ 12Ti является устойчивым к образованию трещин сплавом для замков бурильных труб. Это подтверждалось более 6 лет постоянным успехом, при условии проведения сварки в соответствии с Руководством по применению продуктов ОТВ.

Операция	Обычный сплав с трещинами	Castolin ОТВ 12Ti
Удаление слоя предыдущей твердосплавной наплавки	Тщательная шлифовка / Механическая обработка / Плазменная поверхностная резка	Нет*
Наплавление слоя мягкой стали	Да	Нет
Механическая обработка / шлифовка слоя мягкой стали	Да	Нет
Нанесение новой твердосплавной наплавки	Да	Да

\* Только чистка или легкая шлифовка



Испытание с проникающей жидкостью, непосредственно после сварки



NCD ОТВ 12Ti, непосредственно после сварки

## Испытание на износ

Понимание этой разницы необходимо для успешной эксплуатации наплавки и указывает на её 3 актуальные характеристики:

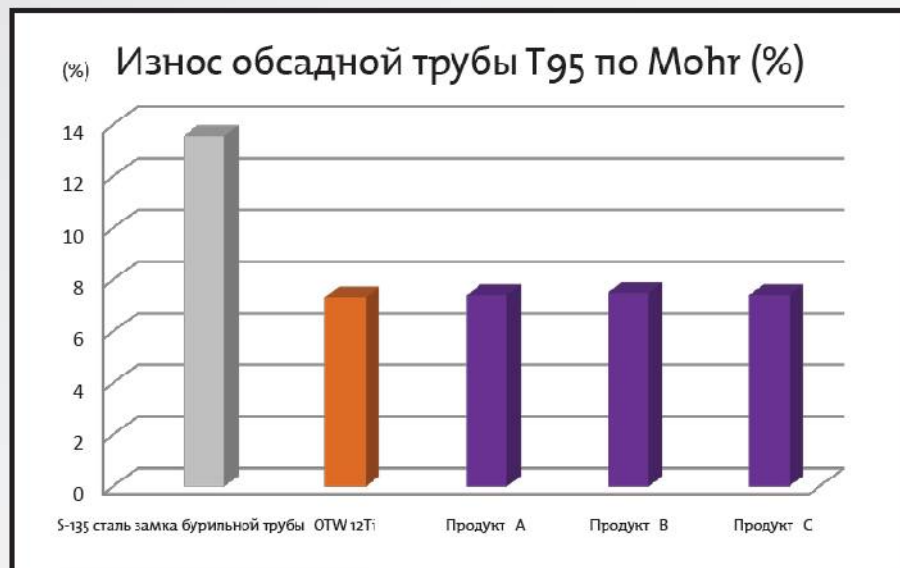
- Высокая износостойкость наплавки Hardbanding в открытом стволе
- Низкий уровень износа обсадной трубы
- Низкий коэффициент трения наплавки Hardbanding

Castolin Eutectic и Trio создали единственную в мире испытательную машину для наплавки Hardbanding. Машина измеряет все 3 характеристики в разных буровых растворах. Кроме того, «структура покрытия» зависит от свойств сплава, характеристик сварочного аппарата и режимов наплавки.

Оптимальный результат подбирают для всех 3 характеристик. Наша работа была признана компанией Featnley Procter, которая сертифицировала продукт ОТВ 12Ti в результате испытаний по стандарту NS1.

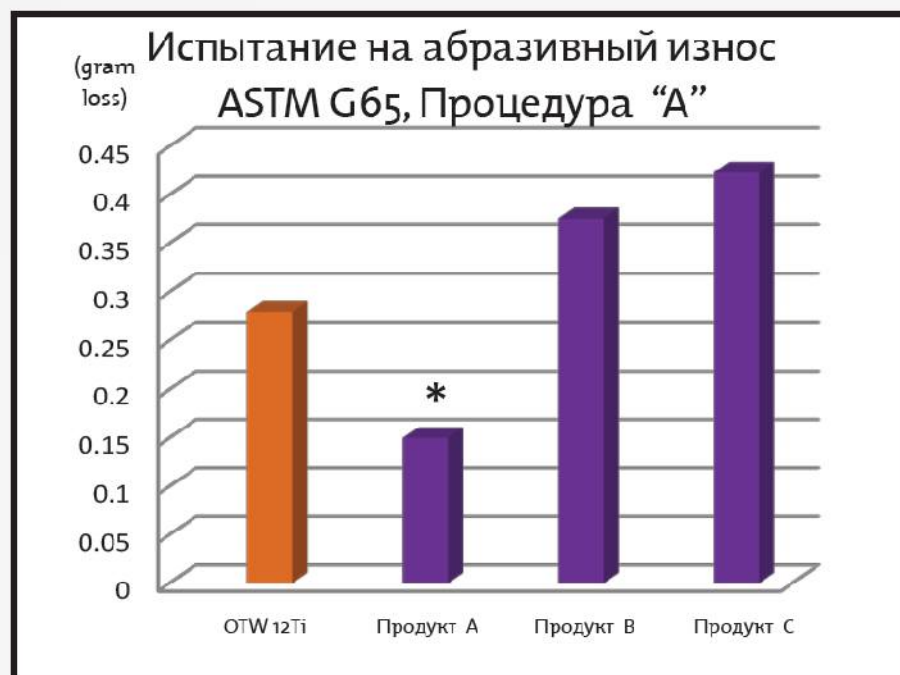
## Испытание на износ обсадной трубы

Испытание на износ обсадной трубы проводилось на испытательной машине Mohr, согласно действующему (API) протоколу. Для всех испытаний на износ использовались обсадные трубы T95.



## Испытание на износ замка буровой трубы

Испытание на износ замка буровой трубы проводилось с помощью широко используемой испытательной машины ASTM G65.



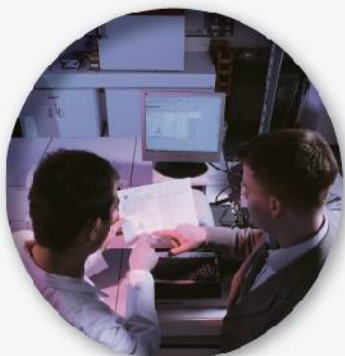
Продукт А\* - тип сплава с трещинами,  
Продукт В, С - устойчивых к образованию трещин



## Технические данные

<b>Твердость по шкале С Роквелла</b>	59-64	Коэффициент износа обсадной трубы	1,39
		Коэффициент трения	0,32
<b>Данные по испытанию на G65</b>		Рассчит. оборот до 87% от номинальной	
1 слой, потеря (г)	0,279	толщины стены	Неограниченно
<b>Износ обсадной трубы T-95 по Mohr (2012)</b>		<b>Износ обсадной трубы N-80 по Mohr (2010)</b>	
Испытание на износ		Испытание на износ обсадной трубы, % Mohr	14,42
обсадной трубы, % Mohr	7,33	Коэффициент износа обсадной трубы	2,89
Износ замка бурильной трубы		Коэффициент трения	0,39
в обсадной трубе	0,0000"	<b>Независимое испытание (2006)</b>	
Износ замка бурильной трубы		Износ замка бурильной трубы в открытом стволе	4,4
в открытом стволе (потеря)	0,0497	Потери при износе обсадной трубы N80 (г/ч/22Фт ROP)	3,0

## Производство и контроль качества





## OTW 12Ti

OTW 12Ti Сплав с титан-карбидным упрочнением. Лучший в своем классе, подходит для применения в открытом стволе и в обсадной трубе.

## OTW 16XS

OTW 16XS Сплав для применения в тяжелых условиях, таких как БРРО, роторное бурение через НКТ и т.д. Значительное снижение износа обсадных труб.

## OTW 10SS

OTW 10SS Надёжный универсальный упрочняющий сплав, обладающий хорошей свариваемостью и простотой в применении.

## OTW 13CF

OTW 13CF Сплав NbC, снижающий износ обсадной трубы и упрочняющий замки бурильных труб при работе в различных условиях.



# HARDBANDING

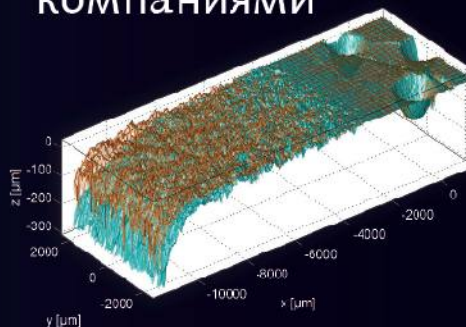
для бурения нефтяных и газовых скважин

**10SS** **16XS** **OTW** **12Ti** **13CF**



Постоянный  
контроль качества

Одобрение и  
применение  
ведущими  
компаниями



Собственное  
производство  
продукции высшего  
качества

**OTW** **12Ti**