

ССК: Отчет по хардбендингу

SSC Hardbanding Report



Садовников А.В., Генеральный директор ООО «МТСервис»
Федоров С.К., Доктор технических наук, профессор МГТУ им.Н.Э.Баумана
Федорова Л.В., Доктор технических наук, профессор МГТУ им.Н.Э.Баумана
Ломпас А.М., Аспирант МГТУ им. Н.Э. Баумана
Фомин О.И., Главный специалист по бурению скважин АО «Сибирская Сервисная Компания»

A. Sadovnikov, Director General of MTService LLC
S. Fedorov, Doctor of Engineering, Professor of Bauman Moscow State Technical University
L. Fedorova, Doctor of Engineering, Professor of Bauman Moscow State Technical University
A. Lompas, Ph.D. Student of Bauman Moscow State Technical University
O. Fomin, Chief Drilling Expert of Siberian Service Company JSC

Результаты трибологических испытаний износостойких наплавок для бурильных замков

Основной причиной износа замков бурильных труб при вращении в открытом стволе скважины является наличие твердого слоя в агрессивных геологических образованиях. Бурение в сложных эксплуатационных условиях приводит к износу наружного диаметра замков бурильных труб и общему износу бурильного инструмента. Для защиты и увеличения ресурса бурильных труб, на поверхность бурильных замков наносится износостойкая наплавка (хардбендинг).

Хардбендинг – износостойкое защитное металлическое покрытие, нанесенное методом электросварки на наружную поверхность замка бурильной трубы с целью увеличения ресурса замка и уменьшения износа обсадной колонны.

В 2014 году АО «Сибирская Сервисная Компания» приступило к эксплуатации комплектов бурильных труб с износостойкими наплавками. Первоначально это было несколько комплектов в рамках опытно-промышленной эксплуатации. По мере подтверждения увеличения ресурса бурильного инструмента с нанесенным хардбендингом, увеличивалось количество комплектов бурильных труб с нанесением наплавки.

В виду довольно большого количества марок хардбендинга, представленных на российском

Tribological test results for wear resistant hardbanding

The primary cause of drill pipe tool joint wear as it rotates in the open well bore is the presence of a hard rock layer in aggressive geological formations. Drilling in such severe operating conditions results in the wearing of the outside diameter of the tool joint and of the entire drill stem. To protect the drill pipes, and to extend their service life, a wear-resistant hardband is applied onto the tool joint surface.

Hardbanding is a wear-resistant protective metal coating, arc welded onto the tool joint surface, in order to extend its service life and to reduce casing wear.

In 2014, the Siberian Service Company JSC started to use hardbanded drill pipes. At first there were just a few sets hardbanded within the scope of a pilot operation project. The number of hardbanded drill pipe sets grew as the benefits of hardbanding became known.

In view of the wide range hardbanding wire grades available in the Russian market, a natural question arises as to how to make the best choice and selection based on the price/quality ratio in order to avoid using inherently less effective hardbanding wires. For the purpose of an unbiased and independent evaluation of wear-resistant qualities of hardbanding wires from Russian and foreign manufacturers, MTService LLC and SSC JSC have conducted a number of tests.

№	Образец Specimen	Замок Tool joint	Коррозия Corrosion	Цвета побежалости Bluing	Образец окрашен Coated	Примечание Notes
0	Исходный без наплавки Initial, w/o hardbanding	новый new	нет no	нет no	нет no	Образец без наплавки. Specimen w/o hardbanding.
1	Duraband NC, Postle Industries	новый new	нет no	да yes	нет no	Пояски механически обработаны. The collars are machined.
2	OTW-12Ti, Castolin Eutectic	б/у used	да yes	нет no	да yes	Пояски имеют наплысы, механически не обработаны. The collars have buildups and are not machined.
3	ARNCO 350XT, Arnco Technology Trust	новый new	нет no	нет no	нет no	Места наплысов механически обработаны. The buildup areas are machined.
4	НП 57, Интерпро NP 57, Interpro	новый new	нет no	да yes	нет no	Пояски имеют поры, механически обработаны. The collars have pores and are machined.
5	НП 58, Интерпро NP 58, Interpro	новый new	нет no	да yes	нет no	Пояски имеют специфическую форму, механически обработаны. The collars have a specific shape and are machined.
6	ASM NGN-GS, ACM	новый new	нет no	да yes	нет no	Места наплысов механически обработаны. The buildup areas are machined.
7	OTW-13CF, Castolin Eutectic	б/у used	да yes	нет no	да yes	Пояски имеют наплысы, механически не обработаны. The collars have buildups and are not machined.
8	Электромеханическая обработка, ЭМО Electro-mechanical processing (EMP)	новый new	нет no	нет no	нет no	Образец без наплавки. Specimen w/o hardbanding.
9	BoTn 3000, Hilong	новый new	нет no	да yes	нет no	Пояски механически не обработаны. The collars are not machined.

Таблица 1. Качество изготовления предоставленных образцов бурильных замков.

Table 1. The manufacturing quality of the provided tool joint specimens.

рынке, закономерен вопрос выбора лучших образцов по соотношению цена/качество для исключения заведомо менее эффективных наплавок из эксплуатации. С целью вынесения объективной и независимой оценки износостойкости наплавок российского и зарубежного производства ООО «МТСервис» совместно с АО «ССК» провели ряд испытаний.

Помимо образцов хардбендинга на испытаниях дополнительно была протестирована альтернативная технология защиты бурильных замков от износа – образец, упрочненный методом электромеханической обработки (ЭМО).

Электромеханическая обработка – способ повышения износостойкости, прочности и предела выносливости, основанный на прохождении через зону контакта «инструмент-поверхность» электрического тока промышленной частоты (50 Гц) при одновременном поверхностном пластическом деформировании рабочего слоя деталей (силой тока 400 – 3000 А, напряжением 1 – 6 В).

Для проведения испытаний аккредитованные

Apart from hardbanding specimens, these tests were extended to an alternative technology of tool joint protection against wear – a specimen hardened by the electromechanical processing (EMP) method.

Electromechanical processing is a method of wear resistance, strength, and endurance limit improvement based on passing the industrial frequency (50 Hz) electric current through the «tool-surface» interface area with simultaneous surface plastic deformation of the parts (current 400 – 3000 A, voltage 1 – 6 V).

For testing purposes the accredited service companies rendering hardbanding application services provided specimens of the commercially produced drill pipe tool joint SBT 89 (tool outer diameter 127 mm) of strength grade G-105 with 76.2 mm wide and 2.38 mm high hardbanding with standard applications.

There were 10 tool joint specimens prepared, in total, for the tests. Their overall view is provided in Fig. 1:

0. Initial, w/o hardbanding;
1. Duraband NC, Postle Industries;
2. OTW-12Ti, Castolin Eutectic;
3. ARNCO 350XT, Arnco Technology Trust;



Рис.1. Образцы, представленные для испытаний

Fig.1. Specimens provided for the tests

сервисные организации, оказывающие услуги по нанесению хардбендинга, предоставили образцы бурильного замка СБТ 89 серийного производства (внешний диаметр замка 127 мм) группы прочности G-105 с нанесенной наплавкой шириной 76,2 мм и высотой 2,38 мм выполненной стандартным способом.

Всего для испытаний было подготовлено 10 образцов бурильных замков, общий вид представлен на [рис. 1](#):

0. Исходный без наплавки;
1. Duraband NC, Postle Industries;
2. OTW-12Ti, Castolin Eutectic;
3. ARNCO 350XT, Arnco Technology Trust;
4. НП 57, Интерпро;
5. НП 58, Интерпро;
6. ASM NGN-GS, ACM – Специальные наплавочные материалы;
7. OTW-13CF, Castolin Eutectic;
8. Электромеханическая обработка, ЭМО;
9. BoTn 3000, Hilong.

Внешний вид образцов и качество нанесения наплавки представлено на [рис. 2](#) и сведены в [табл. 1](#)

Испытания проводились по 2 видам тестов:

1. Испытание №1 Тест по стандарту ASTM G65 – моделирование вращения бурильного замка в открытом стволе скважины.
2. Испытание №2 Тест по стандарту API 7CW (Casing Wear Tests) – моделирование вращения бурильного

4. NP 57, Interpro;
5. NP 58, Interpro;
6. ASM NGN-GS, ACM – Special hardbanding materials;
7. OTW-13CF, Castolin Eutectic;
8. Electro-mechanical processing (EMP);
9. BoTn 3000, Hilong.

The specimen appearance and the hardbanding application quality are provided in [Fig. 2](#) and summarized in [Table 1](#)

There were 2 types of tests:

1. Test No. 1 as per ASTM G65 – simulation of the tool joint rotation in the open well bore.
2. Test No. 2 as per API 7CW (Casing Wear Tests) – simulation of the tool joint rotation in the casing.

As such these two types of tests have enabled us to reasonably evaluate not only the specimens resistance to their own wear, but also their effect on the abrasive wear of the casing.

Test No. 1 as per ASTM G65

The purpose is to determine the wear resistance of the specimen surface layer exposed to abrasive particles delivered to the friction zone and pressed against the specimen by a rotating rubber roller.



Рис.3. Общий вид испытательного стенда, выполненного по ГОСТ 23.208-79.

Fig.3. The overall view of the test bench built as per GOST 23.208-79.

Wear resistance was evaluated using a test bench implemented as per GOST 23.208-79 «Ensuring of wear resistance of products». See the test bench overall view in [Fig. 3](#) and the test layout in [Fig. 4](#).



Рис.2. Образцы, представленные для испытаний **Fig.2.** Specimens provided for the tests

замка в обсадной колонне.

Таким образом, испытания по двум видам тестов позволили объективно оценить не только степень сопротивления образцов собственному износу, но и их воздействие на процесс истирания обсадной колонны.

Испытание №1 – Тест по стандарту ASTM G65

Задача – определить износостойкость поверхностного слоя образцов методом трения об абразивные частицы, подаваемые в зону трения и прижимаемые к образцу вращающимся резиновым роликом.

Для оценки износостойкости применялся испытательный стенд, выполненный по ГОСТ 23.208-79 «Обеспечение износостойкости изделий». Общий вид испытательного стендса представлен на [рис. 3](#), схема на [рис. 4](#).

Перед началом испытаний из предоставленных бурильных замков было изготовлено не менее 4 образцов для проведения теста по стандарту ASTM G65. Все образцы прошли механическую обработку с допуском на размеры по 7 квалитету и не ниже 7

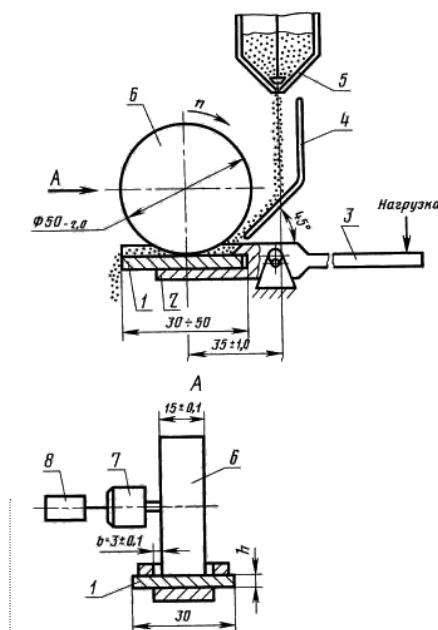


Рис.4. Схема испытания №1:
1 – образец; 2 – образцодержатель; 3 – рычаг; 4 – направляющий лоток; 5 – дозатор подачи абразивных частиц; 6 – резиновый ролик; 7 – привод; 8 – устройство контроля суммарного количества оборотов ролика.

Fig.4. 4 Layout of Test No. 1:
1 - specimen,
2 - specimen holder, 3 - lever, 4 - chute, 5 - abrasive fines feeder, 6 - rubber roller; 7 - drive; 8 - roller revolutions counter.

класса по шероховатости поверхности. В качестве абразива использован материал зернистостью 16 мкм (или 16П) предварительно просеянный и высушенный в камерах для обеспечения параметра влажности не более 0,15%.

Подготовленные образцы проходили испытание на стенде. Продолжительность испытаний и периодичность замера износа образцов проводилась в соответствии со стандартом ASTM G65 (от 20 до 30 мин в зависимости от измеренной твердости образца). По каждому из видов наплавок проведены испытания 3 образцов. Усредненные результаты испытаний представлены на диаграмме (рис. 6). Оценка износа проводилась путем взвешивания каждого образца до и после испытаний.

Результаты износных испытаний наплавленных материалов, по отношению к материалу замков серийного производства, свидетельствует об эффективности всех исследуемых образцов российского и зарубежного производства (рис. 6). Образцы с нанесенной наплавкой износились в 2,5 – 5 раз меньше, чем исходный образец бурильного замка без износостойкой наплавки. В целом сохраняется прямая зависимость значений износостойкости от твердости материала наплавок.

Износостойкость наплавочных материалов НП 57, НП 58 (Интерпро, Россия) находится на уровне лучших исследованных мировых образцов Duraband NC (Postle Industries), OTW-13CF (Castolin Eutectic). Однако для НП 57, НП 58 требуется доработка технологии нанесения наплавок и повышения качества выполненных покрытий.

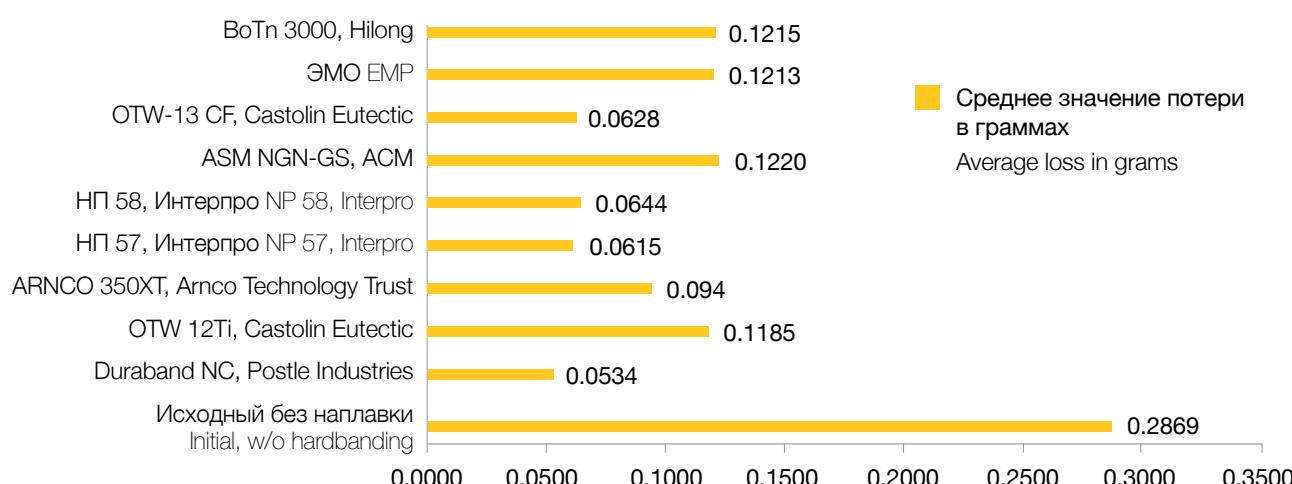


Рис.5. Исходный образец без наплавки и Duraband NC, Postle Industries после проведения испытаний №1.

Fig.5. The original specimen without hardbanding and Duraband NC, Postle Industries after Test No. 1.

The test duration and the specimen wear measurement frequency complied with standard ASTM G65 (from 20 to 30 minutes depending on the measured hardness of the specimen). 3 specimens of each hardbanding type were tested. The averaged test results are provided in the diagram (Fig. 6). The wear was evaluated by weighing

Рис.6. Сравнительная диаграмма износа образцов наплавок по результатам испытания №1.

Fig 6. Comparative diagram of hardbanding specimens wear based on the results of Test No. 1.

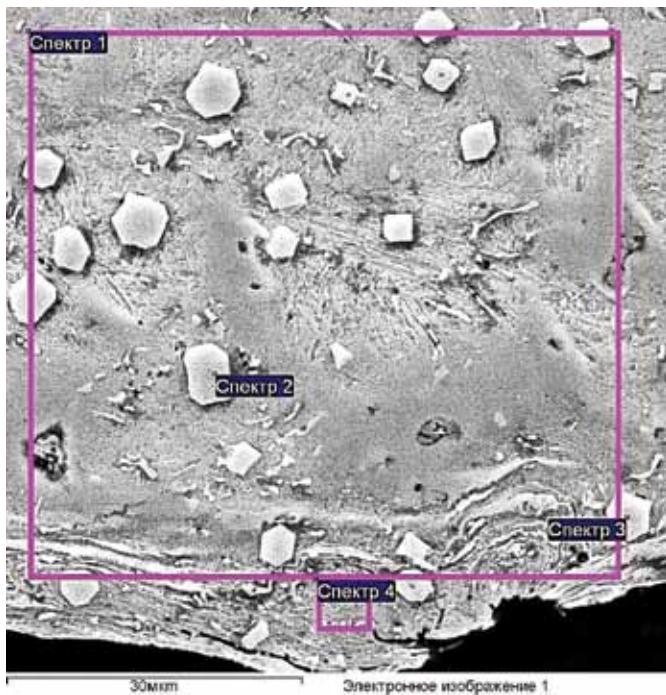


Рис.6. Снимок микроструктуры наплавки Duraband NC, Postle Industries

Fig.6. A picture of Duraband NC (Postle Industries) hardbanding microstructure

По итогам результатов Испытания №1 – Тест по стандарту ASTM G65, можно сделать вывод, что производственный успех использования технологии нанесения износостойких наплавок обусловлен реальной эффективностью защиты тела бурильного замка и трубы в целом и позволяет продлить срок эксплуатации бурильного инструмента.

Металлографические исследования наплавочных материалов

В дополнение к испытательной программе было проведено исследование химического состава наплавочных материалов в соответствии с ГОСТ Р 54153-2010 на универсальном лазерном атомно-эмиссионном спектрометре модели СПЕКС ЛАЭС.

Химический состав наплавочных материалов указывает на наличие карбидобразующих элементов (Cr, Ti, Al, V, Nb, Mn) неравномерно распределенных по наплавленному покрытию, увеличивающих твердость и образующих с углеродом простые или сложные карбиды, которые обладают высокой твердостью с сохранением достаточной вязкости.

Испытание №2 – Тест по стандарту API 7CW (Casing Wear Tests)

Задача – определить износостойкость обсадной колонны методом трения о поверхностный слой образцов износостойких наплавок с подачей абразивного материала в зону контакта.

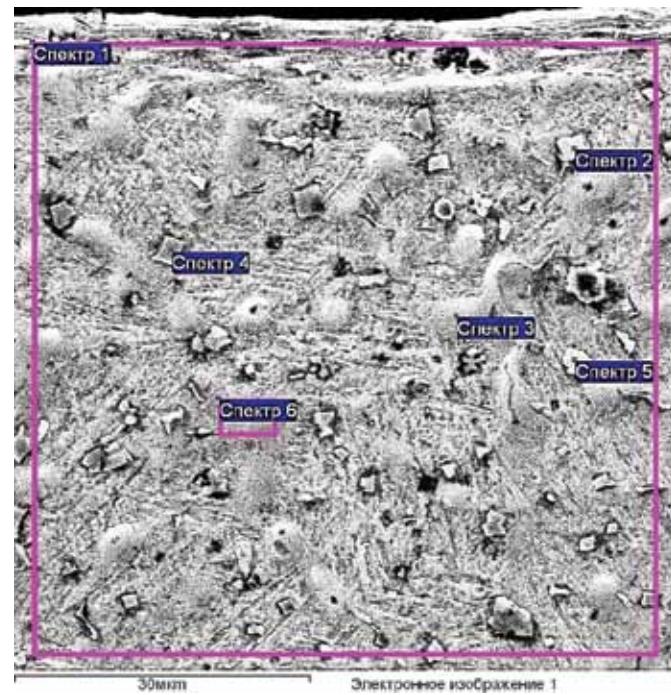


Рис.7. Снимок микроструктуры наплавки OTW-12Ti, Castolin Eutectic

Fig.7. A picture of OTW-12Ti (Castolin Eutectic) hardbanding microstructure

each specimen before and after the test.

The results of the hardbanding wear tests performed on the commercially produced tool joint materials prove the efficiency of all tested Russian and foreign specimens (Fig. 6). The hardbanded specimens have worn 2.5 – 3 times less than the original tool joint without wear-resistant hardbanding. In general, a direct dependence of wear resistance values on the hardbanding material hardness persists.

The hardbanding materials NP 57 and NP 58 from Interpro, Russia, have exhibited the wear resistance matching the best tested international brands Duraband NC (Postle Industries) and OTW-13CF (Castolin Eutectic). Nevertheless NP 57 and NP 58 still require perfection of the hardbanding application technology and improvement of the finished coating quality.

Proceeding from the results of Test No. 1 as per ASTM G65, we come to the conclusion that the industrial success of using the hardbanding application technology is based on the actual efficiency of the tool joint and the entire pipe body protection, allowing for extension of the drill stem service life.

Metallographic examination of hardbanding materials

In addition to the test program, the hardbanding materials were subject to chemical analysis as per

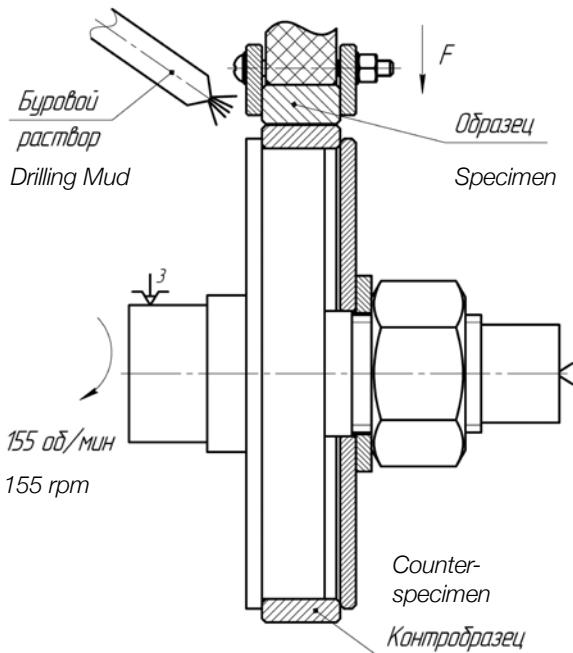


Рис. 8. Схема испытания №2.

Fig. 8. Layout of Test No. 2.

Стенд для проведения испытания №2 (рис. 9) был собран на базе малогабаритного токарного станка с рядом доработок:

- Установлена система частотного регулирования для соблюдения точных и необходимых параметров частоты вращения (155 об/мин).
- Оснащен рычажным механизмом, обеспечивающим необходимые параметры прижатия образца наплавки к обсадной трубе.
- Обеспечена подача в зону контакта жидкости бурового раствора (плотность 1050 – 1080 кг/м³) и наличием в ней абразивных частиц из расчета 20 г на 1 литр бурового раствора.

Схема испытания №2 представлена на рис. 8. Для испытания каждого вида наплавок изготовлено по паре образцов – образец и контробразец. В роли образца выступает фрагмент обсадной трубы 245 мм, толщиной стенки 11 мм, изготовленная по стандарту API 5CT. Контробразец – фрагмент наплавки.

Подготовленные образцы (рис. 10) проходили испытание на стенде в течение 8 часов. Каждые 2 часа проводился замер текущего износа образцов и контробразцов. По каждому из видов наплавок проведены испытания 1 образца. Усредненные результаты испытаний представлены на диаграмме (рис. 12). Оценка износа проводилась путем взвешивания каждого образца



Рис.9. Стенд для проведения испытаний

Fig.9. Test bench

GOST R 54153-2010, using the universal laser atomic emission spectrometer SPEKS LAES.

The hardbanding material assay shows carbide stabilizing elements (Cr, Ti, Al, V, Nb, Mn) unevenly distributed across the metallized coating; they increase hardness and combine with carbon to form single or complex carbides having high hardness and at the same time maintaining sufficient viscosity.

Test No. 2 as per API 7CW (Casing Wear Tests)

The purpose is to determine wear of the casing string rubbing against the hardbanding specimen surface layer with abrasive material fed to the contact zone.

The bench for Test No. 2 (Fig. 9) was assembled on the basis of a compact lathe machine subject to some modification:

- A variable frequency regulation system was installed to maintain the required and accurate rotation rate (155 rpm).
- A leverage mechanism was added to achieve the parameters required for pressing the hardbanding specimen against the casing.
- Drilling mud was fed to the contact zone (density 1050 – 1080 kg/m³) with controlled abrasive particles content 20 g per 1 liter of drilling mud.

обсадной трубы до и после испытаний. Испытание №2 – Тест по стандарту API 7CW (Casing Wear Tests) подтверждает эффективность российских и зарубежных наплавочных материалов в вопросе защиты обсадной трубы от износа при контакте с бурильным замком. Износстойкость обсадной трубы при контакте с наплавкой нанесенной на тело бурильного замка более чем в 5 раз превышает износстойкость при контакте с исходным образцом без наплавки. При этом сохраняется зависимость значений износстойкости от твердости материала наплавок, материалы с относительно невысокой твердостью в меньшей степени изнашивают образец обсадной трубы (рис. 12).

Металлографические исследования замков бурильных труб

В дополнение к испытательной программе было проведено исследование химического состава материала замков бурильных труб в соответствии с ГОСТ Р 54153-2010 на универсальном лазерном атомно-эмиссионном спектрометре модели СПЕКС ЛАЭС МАТРИКС. Результаты исследований представлены в табл.2.

Результаты измерения твердости поверхностного слоя исходных, упрочненных ЭМО и наплавленных покрытий представлены в табл. 3. Твердость измерена на шлифах микротвердомером EMCOTEST DuraScan по методу Виккерса при нагрузке 100 г.

Химический состав материала замков российских и зарубежных производителей бурильных труб указывают на значительный разброс сталей по содержанию углерода (0,22...0,37).

Значительный разброс качества сталей,



Рис.11. Образец OTW-12Ti, Castolin Eutectic после проведения испытаний №2

Fig.11. OTW-12Ti (Castolin Eutectic) specimen after Test No. 2.

The layout of Test No. 2 is shown in Fig. 8. A pair of specimens (the specimen and the counter-specimen) were made for each type of hardbanding to be tested.

The specimen was a fragment of 245 mm casing with wall thickness of 11 mm, manufactured as per API 5CT standard. The counter-specimen was a fragment of hardbanding.

The prepared specimens (Fig. 10) were

tested on the bench for 8 hours. The current wear of specimens and counter-specimens was measured every 2 hours. One specimen of each hardbanding type was tested. The averaged test results are provided in the diagram (Fig. 12). The wear was evaluated by weighing each specimen of the casing before and after the test.

Test No. 2 as per API 7CW (Casing Wear Tests) proves the efficiency of Russian and foreign hardbanding materials used for casing protection against wear caused by contact with the tool joint. Wear resistance of the casing contacting the hardbanding applied onto the tool joint surface is more than 5 times higher than that of the casing contacting the initial specimen without hardbanding. At the same time the dependence of wear resistance values on the hardbanding material hardness persists, i.e. the casing specimen is less worn by materials with relatively low hardness (Fig. 12).

Metallographic examination of tool joints

In addition to the test program, the tool joint materials were subject to chemical analysis as per GOST R 54153-2010, using the universal laser atomic emission spectrometer SPEKS LAES MATRIX. The examination results are provided in Table 2.

Table 3 shows the results of surface layer hardness measurement on the initial, EMP-hardened, and hardbanded tool joints. Hardness was measured by Vickers method on polished sections, using the



Рис.10. Образцы и контробразцы до испытаний №2.

Fig.10. Specimens and counter-specimens before Test No. 2.

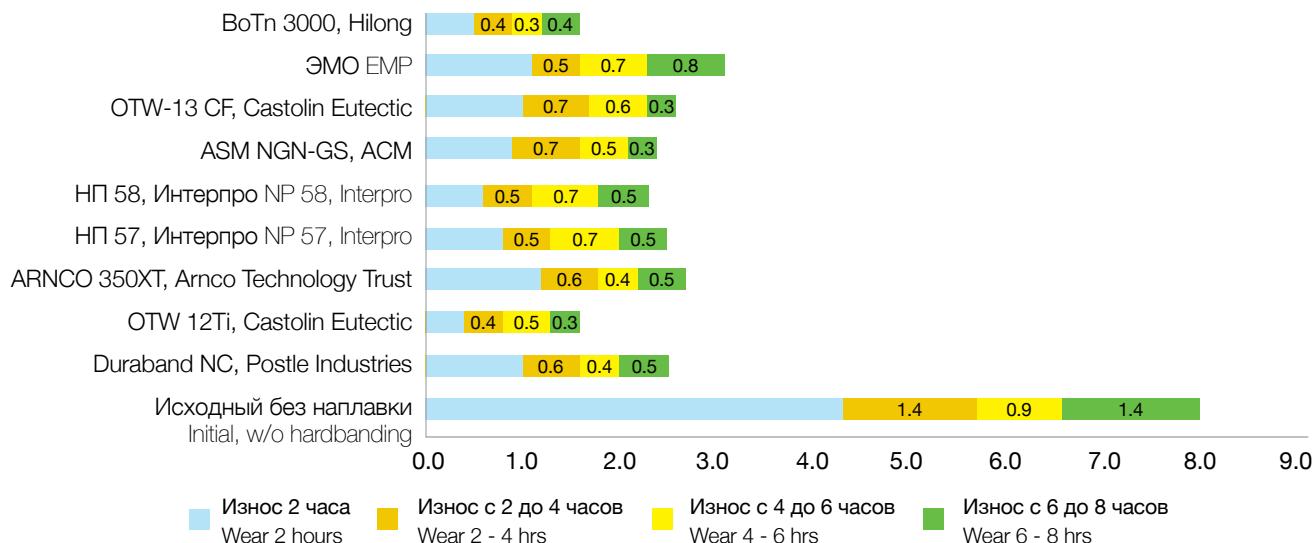


Рис.12. Сравнительная диаграмма износа образцов обсадной трубы по результатам испытания №2.

Fig.12. Comparative diagram of casing specimens wear based on the results of Test No. 2.

используемых для изготовления замков бурильных труб, отрицательно влияет на износостойкость не только тела бурильного замка, но и на самое слабое место труб - резьбовые соединения. В сочетании с невысокой твердостью 210...260 HV и прочностью витков резьбы это приводит к низкой износостойкости резьбовых соединений и необходимости их восстановления на трубных базах. Вопрос стойкости резьбовых соединений является «самым узким местом» жизненного цикла бурильной трубы с наплавленными по телу замками (но данная проблема не входит тему проведенных исследований).

Заключение ООО «МТСервис» по результатам испытаний

Испытания по двум видам тестов показали, что универсальности наплавочных материалов достичь сложно, но использование буровыми подрядчиками компоновок бурильной колонны с различными наплавками еще сложнее, поэтому рекомендуется выбирать наплавочные материалы для нанесения на замки, которые получили лучшие средние результаты. По результатам показателей тестов к таким материалам можно отнести: Duraband NC (Postle Industries), OTW-13CF (Castolin Eutectic) и при надлежащем качестве технологии нанесения российские материалы НП 57 и НП 58 (Интерпро).

Технология ЭМО, в сравнении с технологией нанесения наплавочных материалов (хардбендинг), показала немного худшие, но сопоставимые результаты. Технология ЭМО указывает на возможность повышения износостойкости замков бурильных труб и обеспечивает сохранность

EMCOTEST DuraScan microhardness tester under loading of 100g.

The chemical composition of the materials used in tool joints from Russian and foreign drill pipe manufacturers reveal a considerable diversity of steel grades with regard to carbon content (0.22...0.37).

Such considerable diversity of steel grades used for tool joint production has an adverse effect on wear resistance of the tool joint surface as well as on the thread connections — the weakest point of pipes. Along with low hardness 210...260 HV and strength of the thread, it reduces wear resistance of thread connections and necessitates their recovery at pipe control shops. The thread connection durability issue is the «bottleneck» in the life cycle of a drill pipe with hardbanded tool joints (but this issue is beyond the scope of the performed examinations).

MTService LLC conclusion on the test results

These two tests demonstrate how difficult it is to achieve versatility of hardbanding materials, but the situation becomes still more complicated, when drilling contractors use drill string assemblies with different hardbanding types. So it is recommended to select for tool joints such hardbanding materials that have showed the best average results. Based on the test results, these materials are: Duraband NC (Postle Industries), OTW-13CF (Castolin Eutectic) and Russian materials NP 57 and NP 58 from Interpro, provided that the latter are applied using a technology of proper quality.

Compared to hardbanding application technology,

№	Образец Specimen	C	Cr	Mn	Ni	Si	Cu	Mo	V	На поверхности On the surface
0	Исходный без наплавки Initial, w/o hardbanding	0.31	1.04	0.65	0.13	0.21	0.12	0.27	0.17	-
1	Duraband NC, Postle Industries	0.37	0.76	0.67	1.11	0.24	0.06	-	-	Cr, Nb, Ti
2	OTW-12Ti, Castolin Eutectic	0.34	1.05	1.06	0.06	0.31	0.05	0.32	-	Cr, Ti, Al
3	ARNCO 350XT, Arnco Technology Trust	0.29	1.06	0.65	0.14	0.21	0.12	0.26	0.17	Cr, Ti, Al, Nb, B
4	НП 57, Интерпро NP 57, Interpro	0.36	1.32	0.99	0.19	0.27	0.16	0.28	-	Cr, Ti, Al
5	НП 58, Интерпро NP 58, Interpro	0.25	1.03	0.76	0.27	0.25	0.23	0.14	-	Cr, Ti, Al, Nb
6	ASM NGN-GS, ACM	0.26	1.05	0.64	0.13	0.21	0.13	0.25	0.19	Cr, Ti, Nb
7	OTW-13CF, Castolin Eutectic	0.36	1.05	0.51	0.08	0.25	0.07	0.23	0.15	Cr, Ti, Nb
8	Электромеханическая обработка, ЭМО Electro-mechanical processing (EMP)	0.26	1.00	0.67	0.28	0.25	0.23	0.16	-	-
9	BoTn 3000, Hilong	0.22	1.05	0.88	0.05	0.22	-	0.31	-	Cr, Nb, B

Таблица 2. Результаты исследования химического состава замков бурильных труб**Table 2.** Results of drill pipe tool joints chemical analysis

№	Образец Specimen	Твердость, HV Hardness, HV	Наиболее повторяемая твердость, HV The most repeated hardness, HV	Примечание Note
0	Исходный без наплавки Initial, w/o hardbanding	185...260	210...240	Сталь с содержанием углерода 0,31 % Steel with carbon content of 0.31%
1	Duraband NC, Postle Industries	725...960	750...840	-
2	OTW-12Ti, Castolin Eutectic	440...940	540...615	-
3	ARNCO 350XT, Arnco Technology Trust	720...990	700...740	-
4	НП 57, Интерпро NP 57, Interpro	420...603	440...520	-
5	НП 58, Интерпро NP 58, Interpro	770...890	830...850	-
6	ASM NGN-GS, ACM	705...845	760...810	-
7	OTW-13CF, Castolin Eutectic	470...645	580...630	-
8	Электромеханическая обработка, ЭМО Electro-mechanical processing (EMP)	380...650	420...540	Сталь с содержанием углерода 0,26 % Steel with carbon content of 0.26 %
9	BoTn 3000, Hilong	330...480	380...400	-

Таблица 3. Твердость поверхностного слоя образцов**Table 3.** Hardness of the specimen surface layer

обсадной колонны посредством закалки поверхностного слоя бурильных замков, как альтернатива хардбендингу.

Кроме бурильного замка, технология ЭМО на том же оборудовании позволяет повысить износостойкость наружной и внутренней замковой резьбы бурильных труб. Технологический процесс упрочнения не требует расходные наплавочные материалы или защитные газы.

Стоимость оборудования для проведения

the EMP technology has yielded some lower, but still comparable results. As an alternative to hardbanding, the EMP technology is able to improve the tool joint wear resistance and to ensure safety of the casing through the tool joint surface hardening.

Apart from the tool joints, the EMP technology may be used to improve wear resistance of the drill pipe external and internal thread, using the same equipment. The hardening process does not require any hardbanding consumables or shielding gases. The cost of EMP equipment is comparable with the

технологии ЭМО соизмерима со стоимостью мобильного комплекса по нанесению износостойких наплавок. ЭМО выполняют на металлорежущих станках, производительность операции равна времени нанесения износостойкой наплавки.

Олег Фомин, Главный специалист по бурению скважин, АО «Сибирская Сервисная Компания»



АО «ССК» благодарит коллектив ООО «МТСервис» за высокое качество выполненных работ по испытанию износостойких наплавок. Специалисты ООО «МТСервис» добросовестно выполнили взятые на себя обязательства, чем подтвердили свою репутацию. За несколько месяцев, практически «с нуля» был сконструирован испытательный стенд для проведения испытаний по стандарту API 7CW (Casing Wear Tests). Сами испытания прошли по графику с полной фото и видеосъемкой каждого этапа выполняемых работ, а привлечение к работам научных сотрудников МГТУ им. Н.Э. Баумана позволяет не сомневаться в объективности и независимости проведенных исследований.

В дальнейшем результаты проведенных испытаний будут применены для выбора наиболее экономически эффективных износостойких наплавок на этапе приобретения новых комплектов бурильных труб.

Сергей Кузнецов, Технический директор ООО «Техномаш»



Участие в испытаниях износостойких наплавок в условиях ООО «МТСервис» позволило нам провести анализ характеристик нашей продукции в сравнении с другими производителями хардбендинга.

Подобные исследования подвигают на разработку и внедрение новых технологических решений, направленных на улучшение качественных показателей нашей продукции.

Методика проведения исследований и уровень специалистов их проводивших не оставляют ни каких сомнений в объективности результатов.

К сожалению, наша компания участвовала в данных испытаниях только с одним образцом нашей продукции – хардбендингом марки BoTn-3000.

На сегодняшний день между ООО «Техномаш» и ООО «МТСервис» достигнута договорённость о проведении исследований всей линейки наплавок серии BoTn производства компании HILONG.

Полученные результаты испытаний помогут нам в разработке новых видов продукции и модернизации давно освоенных износостойких наплавок BoTn-1000, BoTn-3000, BoTn-5000.

cost of a mobile plant for wear-resistant hardbanding application. EMP operations are performed on metal cutting machines, and the operating capacity is equal to hardbanding application time.

Oleg Fomin, Chief Drilling Expert, Siberian Service Company JSC

SSC JSC thanks the MTService LLC team for high quality of the performed hardbanding test works. MTService specialists have fulfilled their assumed obligations with due diligence, thus proving their reputation. Within several months, almost «from scratch», they managed to build the test bench to perform tests as per API 7CW standard (Casing Wear Tests). The tests were conducted on schedule with full photo and video documenting of each work phase, while engagement of research staff from Bauman Moscow State Technical University leaves no doubts about the unbiased and independent nature of the performed studies.

The results of the performed tests will be used for future selection of cost effective wear resistant hardbandings at the stage of procurement of new drill pipe sets.



Sergey Kuznetsov, Technical Director, Technomash LLC

We have participated in hardbanding testing performed by MTService to analyze the properties of our products against other hardbanding manufacturers.

Such studies help to facilitate development and implementation of innovations aimed at improving our product quality.

The studies method and qualification of the specialists clearly demonstrate the fairness of the results.

Unfortunately, our Company has participated in the test of only one hardbanding specimen BoTn-3000.

Technomash and MTService have agreed to test the entire BoTn hardbanding range produced by HILONG.

Test results will allow us to develop new products and upgrade BoTn-1000, BoTn-3000 and BoTn-5000 hardbanding that have been in service for a long time.

Дон Бишоп, Директор по развитию бизнеса, «Арнко Текнолоджи»



Компания Arnco Technology чрезвычайно польщена количеством времени и внимания, уделенного изготовителям износостойких сплавов лидерами отрасли бурения Российской Федерации. При том, что мы считаем отчет АО «ССК» по твердосплавным покрытиям шагом в верном направлении, мы также приветствуем дальнейшую работу заказчика и, в большей степени, отрасли по совершенствованию методов исследований, используемых для оценки образцов твердосплавных покрытий в лабораторных условиях. С середины 90-х годов наша компания работает с испытательными лабораториями, известными всему миру как первоходцы в области анализа характеристик износостойких покрытий. Сама компания Arnco внесла значительный вклад в обсуждения, целью которых было создание и улучшение методик, используемых при проведении исследований износа обсадных колонн от первых разработок Ассоциации инженеров-буровиков (DEA-42) до современных технических условий по расчету напряжений Американского нефтяного института API 7 CW, а также испытаний Американского общества по испытанию материалов ASTM 65. По мере их разработки нам стало понятно, что данный процесс требует времени. Мы также узнали, что не только процент износа обсадной колонны является решающим фактором для операторов при моделировании своих проектов бурения, а скорее ряд дополнительных экспериментальных данных, полученных в результате испытаний, в конечном счете, формирует исходные сведения для алгоритмов, применяемых при моделировании предполагаемых результатов бурения современной скважины.

При том, что лабораторные данные важны для минимальной сравнительной оценки сопоставимых характеристик различных изделий, мы не прекращаем подчеркивать, что большое значение для определения общей эффективности износостойких покрытий имеют именно испытания в промысловых условиях. Нет двух одинаковых стволов скважин, а количество параметров проходки крайне велико. Компания Arnco сохраняет уверенность в своем заявлении об обеспечении отрасли износостойкими материалами с лучшими на рынке характеристиками качества и долговечности, выпускаемыми специально для обсадных труб. Мы благодарны за постоянное внимание со стороны участников российского сектора бурения и надеемся, что заказчики в отрасли выберут наши износостойкие материалы.

Don Bishop, Director, Business Development, Arnco Technology

Arnco Technology is extremely encouraged by the amount of time and attention being given the manufactures of hardband alloys by leading names within the Russian Federation's drilling sector. While we view the SSC Hardbanding Report as a step in the right direction, we encourage the customer, and by larger measure, the industry, to continue to improve the testing methods used to evaluate hardband samples in the laboratory. Since the mid-1990's, our company has worked with the testing houses known around the globe as pioneers of hardband performance analysis. Arnco itself has contributed greatly to the discussions that have sought to form and improve the methods used in conducting the casing wear test, originating from the Drilling Engineers Association (DEA-42) to the modern day Stress Engineering API Spec 7 CW as well as the ASTM 65 test. Throughout their development what we have come to know is that the process takes time. We also know that it is not simply the casing wear percent that is the final tool for Operators as they model their drilling program, rather, it is a number of additional experiment outputs derived from the test that ultimately feed the algorithms used to model potential outcomes of a modern day well.

While laboratory benchmarks are important in creating a minimum "apples to apples" comparison across products, we cannot stress enough the importance of a field trial to determine overall hardband performance. No two wells are the same, and drilling variables are numerous. Arnco remains steadfast in our claim of providing the industry with the highest quality and most durable casing friendly hardband alloy on the market. We appreciate the continued consideration from members of the Russian drilling sector, and look forward to becoming the hardband of choice for customers across the industry.

Mikhail Baranov, Chief Executive, ASM – Special Welding Materials Ltd



On behalf of ASM – Special Welding Materials Ltd, I would like to thank you for invaluable experience and information we have received during performance of trials by your company. Unfortunately, the article is limited to the pure results of trials and measurements while it would be great to know also the opinion and comments of specialists as well as the positive and negative characteristics of each material and, particularly, our product.

Our life requires further development and continuous improvement of materials. So, we will be glad to participate in such comparative trials again.

**Михаил Баранов,
Исполнительный директор,
ООО «АСМ Специальные наплавочные
материалы»**

От лица ООО «АСМ Специальные наплавочные материалы» благодарю за бесценный опыт и информацию, которые мы получили в результате проведенных вами испытаний. К сожалению в данной статье мы видим только сухие результаты тестов и измерений. Хотелось бы услышать мнение и комментарии специалистов, узнать положительные и отрицательные характеристики по каждому материалу и в частности по нашему продукту.

Жизнь заставляет нас развиваться, непрерывно совершенствовать свои материалы и мы будем рады вновь принять участие в подобных сравнительных испытаниях.

**Алексей Садовников, Генеральный
директор ООО «МТСервис»**



Результаты тестов наглядно показали, что использование не защищенного замка бурильной трубы просто НЕ ДОПУСТИМО!

Также тесты подтвердили текущую расстановку брендов на рынке наплавочных материалов для бурения на сушке.

Есть 2 момента, на которые необходимо обратить внимание в ближайшие годы:

- Китайские бренды: наличие всего одной марки китайского наплавочного материала в данном тесте, вероятно результат не осведомленности их производителей. Но Китайские бренды всегда ведут себя агрессивно и настойчиво, и поверьте, им есть что сегодня показать. Если они уже пришли с заводами полного цикла по производству бурильных труб в Россию, то в вопросе износостойких наплавок они могут также преподнести неприятные сюрпризы для игроков на рынке.
- Российские бренды: возможна ли реальная конкуренция с иностранными производителями? Неплохие физические результаты в тестах - это первый шаг. Необходимо сконцентрироваться на стабильности технологии нанесения и развивать региональное присутствие.

**Роман Игнатенко, Генеральный директор
ООО «Интерпро- Тюмень»**



Очень рад завершению испытаний, и не скрою, доволен результатами наших материалов ПП-НП 58/3 и ПП-НП 57.

Очень долго шли к этому моменту - 1,5 года. Что касаемо замечаний, то мы их все учтем, и приложим максимум возможностей и усилий для их устранения. Как говорится «нет предела совершенству»!

Благодарим команду специалистов проводивших тестирование, за их профессионализм, терпение и адекватные выводы и комментарии!

**Alexey Sadovnikov, General Director,
MTService LLC**

The test results obviously demonstrate that the use of an unprotected tool joint is IMPERMISSIBLE.

The tests have also proved the alignment of hardbanding brands for onshore drilling in the market.

Two aspects shall be emphasized in the coming years:

- The Chinese brands: only one grade of Chinese hardbandings was present in the test. It may be a result of low awareness of the manufacturers. But the Chinese brands are still making aggressive and persisting moves, and believe me, they've got something to offer. The fact they hit the Russian market with their integrated drill pipe plants proves that they can spring a mine to the market of wear resistant hardbandings.
- As to Russian brands: Can they really compete with the foreign manufacturers? The good physical results of tests are a kick off. They need focus on stability of an application technology and extend the regional coverage.

**Roman Ignatenko, General Director,
Interpro-Tyumen LLC**

I'm very glad that testing has been completed and must admit I'm really satisfied with the results of PP-NP 58/3 and PP-NP 57. We have spent a lot of time – a year and a half – to reach this goal. As for the comments we will consider all of them and do our best to resolve them accordingly. As the saying goes, there's always room for improvement.

We do appreciate the competence, patience, reasonable conclusions and comments of specialists who have performed testing.

**Alexey Shilovskiy, Deputy Director,
Castolin Eutectic**



We are very grateful that our products have been chosen for this test. The results again proved that Hardbanding alloys developed by Castolin Eutectic, are one of the best on the market. We achieved these results due to our investments in our own production and R&D centers, which develop and test our new products and also through our very stringent quality control systems. For example, our gas shielded, flux cored alloys, OTW, have been tested on active field components, under the most extreme drilling conditions and they were approved according to set industry standards and customer approvals, e.g. NS-1 and NS-2 standards from the Fearnley Procter Group, who specialize in testing materials, equipment and services for the oil and gas industry.

Колин Дафф, Директор, Hardbanding Solutions



Мы крайне признательны ССК за организацию первого масштабного исследования твердосплавных материалов – хардбэндинга – в России. В российской буровой промышленности все активнее применяются материалы, такие как Duraband, которые позволяют также снизить износ обсадных труб, и в отчете приводятся некоторые факты, объясняющие данную тенденцию. В то же время, лабораторное исследование такого рода позволяет получить данные, которые могут использоваться для иллюстрации только отдельных характеристик каждого материала. Мы настоятельно рекомендуем учитывать и другие важные факторы, например, надежность материала и возможность воспользоваться технической поддержкой, предлагаемой производителем.

Надежным, в данном случае, будет тот материал, который не растрескается и не разрушится после второго или третьего нанесения. Многие компании, которые занимаются производством сварочной проволоки, могут изготовить износостойкий сплав. Но когда речь идет о бурильных замках с высоким содержанием углерода, гораздо сложнее изготовить материал, обладающий как износостойкостью, так и надежностью. Только немногие производители могут предложить такой хардбэндинговый материал. Некорректно будет сказать, что тот или иной материал сопоставим с Duraband потому, что у него почти такие же показатели по износостойкости. В частности, это становится очевидным, когда, в ходе данного испытания, серьезные дефекты в хардбэндинговом покрытии проявляются уже при первой наплавке проволоки, предлагаемой одним из указанных производителей. Что же говорить о повторном нанесении? Применение материала, подверженного растрескиванию и разрушению, приводит к существенным расходам на ремонт бурильного инструмента и потерям от простоев. В среднем в России каждый месяц первичная и восстановительная наплавка Duraband NC осуществляется на замки более чем 1000 бурильных труб. И эти хардбэндинговые покрытия никогда не растрескиваются и не разрушаются.

Сегодня в России, с учетом используемых современных буровых технологий и методик, к бурильным трубам предъявляются как никогда ранее строгие требования. Скважины стали глубже, значительно усложнился их профиль, а бурение осуществляется быстрее, чтобы снизить расходы на строительство скважин. Такие износостойкие материалы как Duraband NC следует применять как для защиты новых труб, так и в течение всего срока эксплуатации бурильного инструмента. Не подверженный растрескиванию или разрушению, он позволяет заказчикам в полной мере воспользоваться всеми преимуществами технологии хардбэндинга».

Colin Duff, Director, Hardbanding Solutions

We are very grateful to SSK for organising the first major study of hardband materials in Russia. The use of casing friendly materials like Duraband has grown quickly in the Russian drilling industry, and this report shows some of the reasons why. However, laboratory testing of this nature can only be used as a guide to show some aspects of the performance of each material. We would strongly recommend taking into consideration other vital factors such as reliability of the material, and technical support offered by the manufacturer.

Reliability in this case refers to a material that will not crack or fail, particularly after the second or third application. Many welding wire manufacturers can produce a product that will be wear resistant. The difficulty comes in producing a material that is both wear resistant and reliable, when applied to high-carbon tool joints. Very few have succeeded in achieving this. To claim that a material is comparable with Duraband, because it comes close to achieving the same wear resistance figures, is not accurate. This is especially true when some of the wires mentioned presented serious defects on the first application submitted for this test, and that's before reapplication is considered. The consequences of using a material that will crack and fail are significant repair costs and downtime. On average, Duraband NC is applied and reapplied to more than 1000 drill pipes in Russia every month, it never cracks and it never fails.

Today in Russia, with modern drilling technologies and methods, drill pipe is required to do more than ever before. Wells are deeper, they are drilled faster in order to keep the cost of drilling low, and a greater number are directional. The hardbanding, like Duraband NC, should be applied crack free and defect free to new pipe and for its entire working life, in order for the owner to gain the most benefit from hardbanding.

Алексей Шиловский. Зам. Генерального директора, Castolin Eutectic

Мы благодарим за возможность участия в данном исследовании, которое ещё раз показало, что компания Castolin Eutectic производит одни из лучших в отрасли по эксплуатационным качествам сплавы для наплавок Hardbanding. Такие результаты достигаются благодаря собственному производству, с собственным научно-техническим центром, которые занимаются разработкой и тестированием новой продукции, а также благодаря действующему на всех производствах жёсткому контролю качества. Так, например, наплавочная порошковая проволока OTW тестируется на работающем в реальных условиях оборудовании, в самых суровых условиях бурения, что подтверждается сертификатами NS-1 и NS-2, выданными международным институтом Fearnley Procter, специализирующимся на аттестации материалов, оборудования и сервиса в области нефтегазодобывающей промышленности.