

Н. В. Некипелов, Ю. С. Багайсков, Д. М. Шарабаев

**АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ДРОБЕМЕТНОЙ ОБРАБОТКИ
ПОВЕРХНОСТИ СТАЛЬНЫХ СВАРНЫХ ТРУБ**

Волжский политехнический институт (филиал)

Волгоградского государственного технического университета

E-mail: nekipelov2001@gmail.com, bagaiskov@bk.ru, vto@post.volpi.ru

Стальные трубы для транспортировки нефтегазовых материалов работают условиях агрессивных сред. Для защиты их поверхности применяют покрытия. При этом необходима подготовка поверхности. Дробеметный метод имеет наибольшее применение, у него много преимуществ. В качестве абразивных частиц для обработки используется в основном стальная колотая дробь различной твердости. Для лучшего закрепления покрытия на стальных поверхностях необходимо иметь повышенную развитую шероховатость. Показана зависимость шероховатости от твердости дробы. При дробеметной обработке происходит разрушение дробы, меняются размеры и форма ее частиц, производится сепарация и добавление частиц. Показано, что фактически в рабочей зоне обработки находится смесь различных фракций.

Ключевые слова: трубы, покрытия, дробь, твердость, разрушение, шероховатость

N. V. Nekipelov, Yu. S. Bagaiskov, D. M. Sharabaeu

**ANALYSIS OF FEATURES OF SHOT BLASTING PROCESSING
OF THE SURFACE OF WELDED STEEL PIPES**

**Volzhsky Polytechnic Institute (branch)
of Volgograd State Technical University**

Steel pipes for transportation of oil and gas materials operate in aggressive environments. To protect their surface, coatings are used. In this case, surface preparation is necessary. Shot blasting is the most widely used method, it has many advantages. Steel grit of various hardness is mainly used as abrasive particles for processing. For better fixation of coatings on steel surfaces, it is necessary to have increased developed roughness. The dependence of roughness on the hardness of the shot is shown. During shot blasting, the shot is destroyed, the size and shape of its particles change, separation and addition of particles is performed. It is shown that in fact in the working zone of processing there is a mixture of different fractions.

Keywords: pipes, coatings, shot, hardness, destruction, roughness

Эксплуатация труб для транспортировки нефтегазовых материалов проходит в условиях агрессивных сред, значительных механических нагрузок и перепадов температур. При этом подготовка поверхности перед нанесением антикоррозионного покрытия является необходимой стадией в технологическом цикле их нанесения. Повышение адгезии покрытия к поверхностям может уменьшить скорость коррозии, увеличить срок службы покрытия и труб.

Подготовка поверхности труб перед нанесением покрытий включает несколько этапов, таких как очистка поверхности основы от адсорбированных загрязнений и оксидных пленок, обезжиривание и создание микрорельефа с определенной шероховатостью. Существуют различные методы очистки поверхности труб, среди которых наиболее известны абразивно-пневматический (дробеструйный) и абразивно-центробежный (дробеметный) способы. Различаются они источниками энергии, сообщаемого движение зернам абразива. Кроме того в промышленности применяют комбинированные методы очистки, например абразивно-пнеуможидкостный, абразивно-пнеумоцентробежный и др. [1].

Дробеметная обработка основана на принципе центробежного ускорения абразивных частиц, которые с высокой скоростью воздействуют на поверхность трубы. Этот метод имеет несколько ключевых преимуществ:

- позволяет достичь равномерного микрорельефа поверхности, что способствует улучшению адгезии покрытия;
- создаются остаточные напряжения сжатия, которые повышают усталостную прочность и коррозионную стойкость [2];
- позволяет обрабатывать большие объемы труб с высокой скоростью.

Выбор абразивного материала играет ключевую роль в эффективности обработки. В качестве частиц абразива применяют металлические частицы (дробин), классифицируемые по химическому составу, структуре металла, форме, размерам и твердости [3]. Химсостав: углерода 0,8–1,2 %, Mn и Si по 0,5–0,7%. Для дробеметной обработки применяют следующие виды таких абразивов:

- литая стальная дробь, имеет оптимальную твердость и качество обработки, дольше сохраняет сферическую форму в рабочей смеси,
- колотая стальная дробь, изготавливается из литой дроби дроблением, выпускаются три

основных группы, отличающиеся по твердости: GP, GL и GH,

- чугунная дробь, хорошо справляется с очисткой поверхностей от ржавчины или окалины, но плохо удаляет клейкие загрязнения и плотные наслоения, износостойкость в несколько раз ниже, чем у стальной,

- керамическая дробь, применяется для обработки поверхностей, требующих высокой точности и минимального износа оборудования,

- дробь на основе рубленой стали, предназначена для очистки особо твердых металлических конструкций, вследствие высокой прочности может использоваться несколько раз,

- алюминиевая дробь, обработка мягких металлов, не повреждает структуры, убирают накипь, тонкие слои ржавчины, окалины и нагара,

- дробь на основе стекла, имеет вид сверхпрочных стеклянных шариков, без вредных примесей, предназначены для многократной обработки металлических изделий со средней прочностью.

К технологическим параметрам дробеметной обработки относятся: скорость дроби, размер и форма частиц дроби, время обработки.

Оптимальная скорость частиц составляет 60–80 м/с. Увеличение скорости приводит к более интенсивной обработке, но может вызвать перегрев поверхности [4]. Чем меньше дробь и большее количество ее частиц содержится в килограмме рабочего продукта, тем выше скорость очистки поверхности. При увеличении размера частиц растет количество выступов и углублений на поверхности, увеличивается шероховатость поверхности стали и адгезия покрытия, но скорость очистки снижается [4].

Если частицы имеют близкую к сферической форму, то на поверхности образуется больше впадин меньшей глубины. При более угловатой форме частиц обработанная поверхность будет более шероховатой с глубокими впадинами, но некоторые мелкие частицы могут даже проникать в поверхность. Увеличение времени обработки может привести к повышению температуры поверхности, а также к уменьшению шероховатости и прочности адгезии покрытия.

Дробеметные аппараты нагнетательного типа могут быть периодического и непрерывного действия. Первые имеют рабочую камеру с определенной порцией частиц абразива, после расхода этой порции ее останавливают и перезаряжают. Использование аппаратов непрерыв-

ного действия или двухкамерных позволяет избежать необходимости остановок технологического процесса очистки для наполнения камеры абразивом [1].

Анализ и опыт показывают, что качество подготовки поверхности труб напрямую влияет на адгезию покрытия, чаще всего полимерного. В частности ключевым параметром шероховатости поверхности является R_z . В принципе увеличение R_z способствует улучшению адгезии. Однако чрезмерная шероховатость может привести к образованию острых пиков, которые могут стать зонами развития коррозии. Поэтому важно подбирать оптимальные параметры установки, дробы и процесса обработки, чтобы достичь баланса между шероховатостью и адгезией [5].

Кроме того, на ряде образцов труб с уже нанесенным покрытием обнаруживаются частицы металлической дробы, зачеканенной в поверхность при обработке и не удаленной до нанесения покрытия.

Анализ исследований с применением разных видов стальной дробы показал следующее. Колотая дробь WGP имеет твердость 40–52 HRC и создает более остроугольную и выраженную шероховатость поверхности (R_z на 15 % выше, чем у литой дробы). Дробь колотая WGL имеет твердость 53–57 HRC. R_z незначительно выше (2–5 %), чем у дробы GP, но профиль поверхности значительно более развитый, что повышает адгезию покрытия. Колотая дробь WGH имеет твердость более 62 HRC и дает максимальные R_z (в среднем на 20–25 % больше, чем у GP и GL). Вследствие высокой твердости и повышенной склонности к раскалыванию, всегда сохраняет остроугольную форму в рабочей смеси, обладая при этом максимальной производительностью и самым коротким жизненным циклом по сравнению с другими марками дробы [3]. На рис. 1 приведены данные по твердости и достигаемой шероховатости при дробе-метной обработке различными видами стальной дробы.

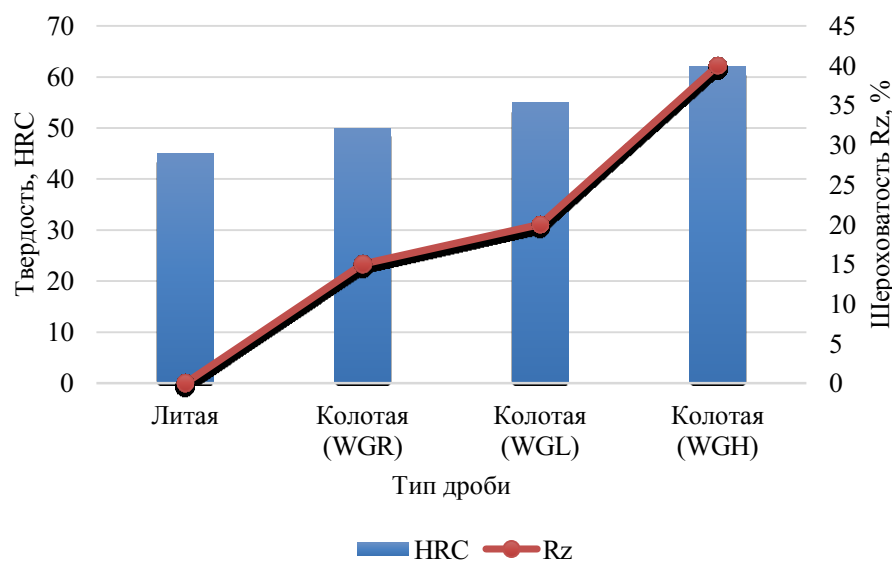


Рис. 1. Твердость и шероховатость различных типов стальной дробы

На данных из графика прослеживается четкая корреляционная зависимость шероховатости от показателей твердости дробы. Максимальные значения R_z для дробы WGH объясняются способностью ее высокотвердых частиц создавать выраженный рельеф на обрабатываемой поверхности.

Из-за удара частиц дробы и их раскола производится добавление и смешивание частиц

в сепараторе дробе-метной установки. Реальная смесь состоит из мелких и крупных фракций. При сетевом анализе по размерам частиц состав смеси должен примерно соответствовать схеме на рис. 2.

В целом проведенный анализ показывает, что дробе-метный метод имеет наибольшее применение при подготовке поверхностей стальных труб перед нанесением покрытий.

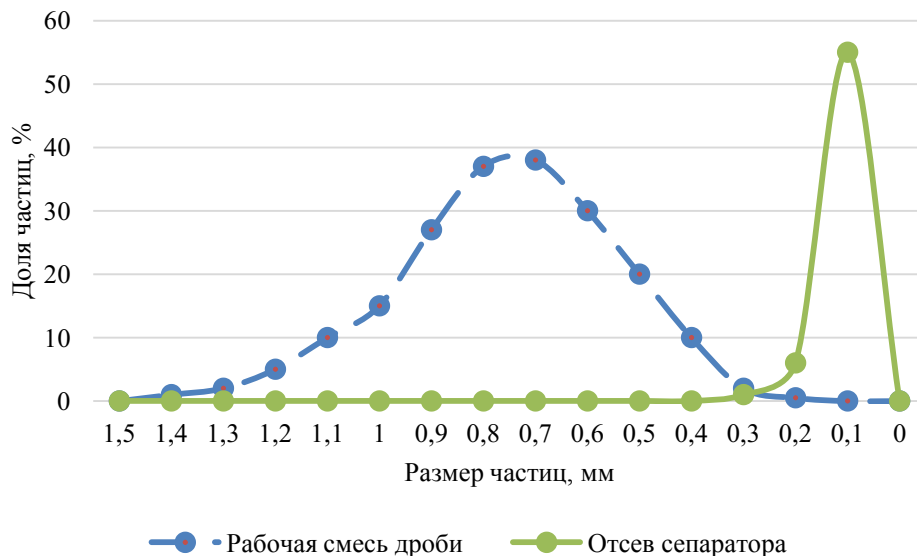


Рис. 2. Гранулометрический состав дробы и отсева при настройке сепаратора

В качестве абразивных частиц используется в основном стальная колотая дробь различной твердости. Лучше всего закрепляются покрытия на стальных поверхностях с повышенной развитой шероховатостью. Показана зависимость шероховатости от твердости дробы. Кроме того играет роль и размерность частиц дробы, их форма. Установлено, что при дробеметной обработке происходит разрушение дробы и фактически в рабочей зоне находится смесь различных фракций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горанский, Г. Г. Разработка технологий и оборудования для подготовки поверхности в УП «Технопарк БНТУ «Метолит» / Г. Г. Горанский, Э. Н. Толстяк, В. В. Саранцев // *Литье и металлургия*. – 2006. – № 37. – С. 165–169.
2. Карпиков, А. В. Повышение коррозионной стойкости буровых труб дробеударной обработкой / А. В. Карпиков, Н. А. Буглов, В. А. Захаров, В. Н. Москвитин // *Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН*. – 2011. – № 39. – С. 228–230.
3. Габбасов, А. Ф. Выбор абразивного материала для механической очистки металлических поверхностей / А. Ф. Габбасов, А. Р. Мутигуллин, О. А. Кузнецова // *Инновационные подходы в решении проблем современного общества*. – 2018. – С. 228–230.
4. S. Khorasanizadeh The Effects of Shot and Grit Blasting Process Parameters on Steel Pipes Coating Adhesion // *World Academy of Science, Engineering and Technology*. – 2010. – № 44. – С. 1493–1501.
5. Теплухин, В. Г. Повышение надежности и долговечности труб буровых установок, эксплуатируемых в условиях холодного климата / В. Г. Теплухин, А. Н. Карандашев, С. Н. Михайлов, С. Б. Ермаков // *Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке*. – 2021. – С. 228–230.