

ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННОЕ НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ НА РЕЗЬБЫ НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫХ ТРУБ

Ресурс работы и надежность резьбового соединения "труба-муфта" насосно-компрессорных труб (НКТ) в условиях нефтедобычи не удовлетворяет современным требованиям промышленности. Такая резьба НКТ выдерживает не более 5–7 "свинчиваний-развинчиваний", так как подвергается интенсивному абразивному и коррозионному износу. Одним из способов повышения надежности и ресурса работы таких труб является лазерное нанесение резьбовых покрытий. О полученных результатах и идет речь ниже.

На сегодня разработаны и успешно внедрены достаточно много различных технологий нанесения таких покрытий, использующих: газотермические методы напыления (высокоскоростное – HVOF, плазменное – APS, газопламенное – Flame Spray); сверхзвуковое газопламенное напыление (HVOF); газопламенное напыление с последующим оплавлением; газопламенное напыление шнуровыми материалами и газодинамическое напыление.

Каждая технология нанесения покрытий имеет свои преимущества и недостатки, определяющие их области применения. Так, технологии газотермического напыления имеют ряд недостатков, которые характерны практически для всех методов нанесения покрытий и не позволяют применять данные технологии для нанесения покрытий на трубные резьбы. К ним относятся:

- невозможность получать качественное покрытие толщиной менее 50 мкм;
- высокая неравномерность толщины покрытия (если она <50 мкм), превышающая ± 20 мкм;
- низкая адгезионная прочность наносимого покрытия (менее 80 МПа), не гарантирующая его надежности, особенно при работе в тяжелых условиях эксплуатации.

Анализ указанных технологий нанесения покрытий с помо-

щью газотермического метода показал, что ни одна из них не удовлетворяет всему комплексу требований, предъявляемых к покрытию, наносимому на резьбы НКТ: по толщине, допускам на толщину, износостойкости и уплотнительности, коррозионной стойкости, антифрикционности и шероховатости поверхности ($R_z \geq 20$ мкм).



Рис.1 Оптоволоконный лазер ЛС-2

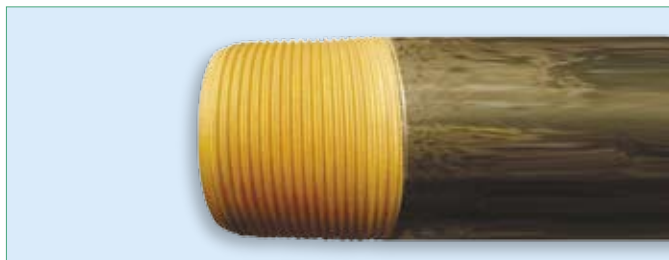


Рис.2 Внешний вид трубной резьбы с нанесенным покрытием

Одной из современных тенденций развития технологий обработки материалов является применение гибридных и комбинированных технологий лазерной обработки: лазерно-светолучевых, лазерно-дуговых, лазерно-плазменных, лазерно-индукционных, лазерно-ультразвуковых и тандемные лазерных.

Гибридные и комбинированные лазерно-плазменные технологии позволяют в значительной мере устранить недостатки, присущие плазменному нанесению покрытий, устранив полностью или частично недостатки, присущие газотермическим методам напыления.

Сегодня покрытие, наносимое на резьбы НКТ, должно быть:

- износостойким, обладающим свойствами твердой смазки: быть уплотнительным, противозадирным, антифрикционным;
- защищать резьбу от коррозии в агрессивных нефтепромысловых средах, содержащих сероводород и углекислый газ;
- иметь прочное сцепление с основой;
- быть сплошным и равномерным с толщиной покрытия 30–40 мкм и шероховатостью $R_z < 20$ мкм.

Требование к износостойкости и уплотнительности покрытия достаточно противоречивы. Так, износостойкость предполагает высокую твердость, а уплотнительность выдвигает требование высокой пластичности наносимого покрытия. Нанесение высококачественного покрытия с такими свойствами и толщиной в несколько десятков микрон является трудной технологической задачей.

Для ее решения был предложен лазерно-плазменный способ нанесения покрытий на резьбы труб НКТ. Для его реализации использовался волоконный лазер модели ЛС-2 компании "IPG" (рис.1).

Внешний вид резьбы у НКТ с нанесенным покрытием лазерно-плазменным методом показан на рис.2.

Проведенные металлографические исследования шлифов поверхностного слоя (рис.3) не выявили пористости покрытия и показали высокую равномерность толщины покрытия.

Оценка качества защитного покрытия проводилась по следующим критериям:

- По внешнему виду покрытия – установили:
 - покрытие прочно сцеплено с основным металлом, сплошное, равномерное, шероховатое;

- вздутия, раковины, трещины, наросты и отслоения отсутствуют;
- цвет покрытия однородный – красно-желтый.

- По механическим свойствам металла резьбы – установили:
 - свойства металла после нанесения покрытия остались в пределах требования ГОСТ 633 для группы прочности "Д";
 - временное сопротивление σ_b составило 70 кгс/мм^2 (при норме не менее $66,8 \text{ кгс/мм}^2$);
 - предел текучести σ_T – $45,4 \text{ кгс/мм}^2$ (при норме – $38,7$ – $56,2 \text{ кгс/мм}^2$);
 - относительное удлинение δ_5 – $26,8\%$ (при норме не менее $14,3\%$).

- По шагу резьбы, высоте профиля, углам наклона сторон профиля – установили: после нанесения покрытия все указанные показатели остались в норме.

Кроме того на всех образцах отмечалось увеличение против исходного значения натяга резьбы по резьбовому калибру.



Рис.3 Шлиф резьбы с покрытием

Оценку износостойкости покрытия проводили методом многократного "свинчивания-развинчивания" резьбового соединения "ниппель НКТ с резьбовым лазерно-плазменным покрытием (ЛПП) – муфта без резьбового покрытия" на автоматической установке САМ Р-4.5/П-К трубной линии участка отделки и сдачи НКТ. Результаты контроля свидетельствуют о достаточно высокой износостойкости покрытия. После 40 циклов "свинчивания-развинчивания" покрытие на основной резьбовой поверхности сохранилось и не подверглось существенным разрушениям.

Исследования стойкости покрытия общей коррозии в сероводородсодержащей среде производили по методике "ВНИИТнефть". Скорость коррозии нанесенного покрытия сопоставима со скоростью коррозии основного металла, что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к НКТ. ○