

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН РУЗГЕРМЕТИЗАЦИИ ОБСАДНОЙ КОЛОННЫ ДИАМЕТРОМ 245 мм

Лихачев Д.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Токмин А. М.

Сибирский федеральный университет

Для обеспечения высокой герметичности обсадных колонн могут быть использованы трубы с соединениями ОТГМ. Контрольная опрессовка, характеризующая качество резьбового соединения, проводится при давлении 250 атмосфер. Однако, в некоторых случаях, при относительно невысоких давлениях, возникающих при продавке цементных растворов с плотностью $1,82 \text{ г/см}^3$, происходит падение давления от 5 атм. в начале до 0,5 атм. в конце продавки. Это свидетельствует о не герметичности резьбовых соединений ниппеля и муфты. Такие нарушения плотности соединения приводят к размыву резьбы и полной потере герметичности колонны.

Настоящая работа посвящена исследованию причин, вызывающих нарушение герметичности обсадных колонн. Для этого были проведены комплексные исследования, включающие: 1 – определение химического состава сталей; 2 – определение механических свойств муфты и трубы, 3 – исследования геометрических параметров резьбы трубы и муфты и 4 – исследования микроструктуры.

После развинчивания трубы и муфты (рис.1) обнаружены существенные следы повреждения и частичного разрушения резьбы муфты и несколько меньшие повреждения резьбы ниппеля. (рис.2).



Рис. 1 Муфта и фрагмент трубы диаметром 245 мм обсадной колонны, X 0,2

Внутренняя резьба муфты имеет значительные повреждения и частичное разрушение на

расстоянии 40 мм от торца муфты. Заметная деформация витков резьбы муфты наблюдается на расстоянии 75 мм от торца (рис. 2). Пять первых витков муфты практически полностью разрушены (рис. 2), следует учесть, что второй виток находится в основной плоскости муфты.



Рис.2. Внутренняя резьба муфты, $\times 1,0$

Значительная деформация витков резьбы за счет больших контактных напряжений привела к разрушению защитного слоя муфты и разрыву смазывающей пленки, что позволило сблизиться ювинильным поверхностям резьбы муфты и ниппеля и образованию межзаточных связей.

Детальное исследование особенностей профиля резьбы выполнялось на микроскопе МБИ-9. Можно отчетливо наблюдать последствия пластической деформации выступов резьбы, которые выражается в образовании «ребешков» на выступах резьбы. Следует отметить, наличие участков большой протяженности со значительной деформацией (рис. 3).

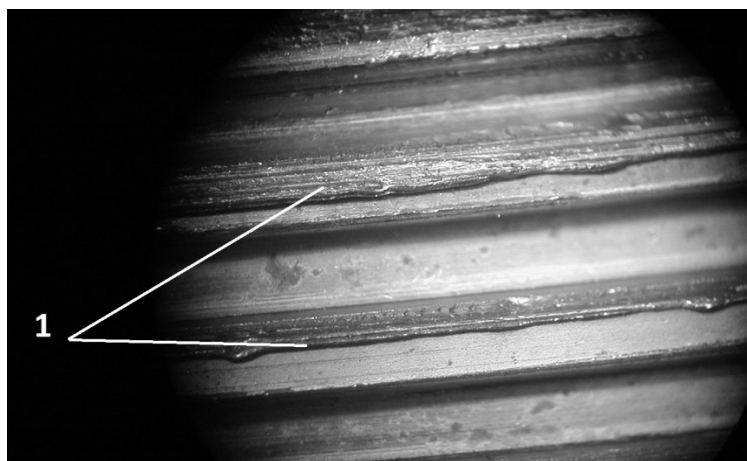


Рис. 3 Профиль резьбы муфты со следами значительной пластической деформации, $\times 5$

На расстоянии 20-30 мм от основной плоскости наблюдается значительная деформация витков резьбы, в результате которой произошло существенное изменение геометрии витков (рис. 4)

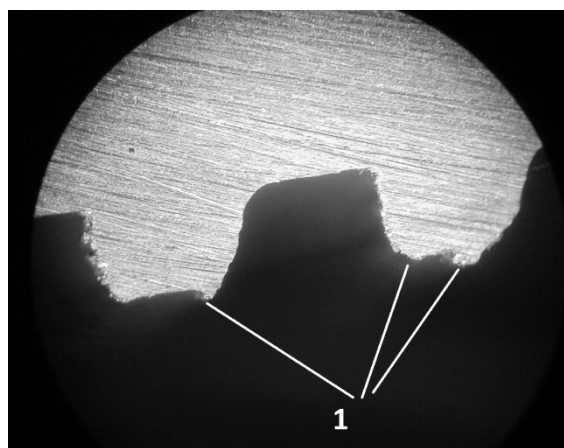


Рис.4 Профиль деформированных витков резьбы муфты, 1- следы деформации резьбовых выступов), $\times 8$

Витки резьбы, находящиеся на расстоянии более 35 мм от основной плоскости также деформированы, но в меньшей степени (рис. 5). Угол α_2 у первого, второго и третьего витка существенно различается. Резьбовой выступ 3 буквально наклонен по отношению к 1 и 2 виткам резьбы. Это, по-видимому, является следствием большого силового воздействия при свинчивании (развинчивании) и несоответствия геометрии резьб муфты и ниппеля.

винчивании) и несоответствия геометрии резьб муфты и ниппеля.

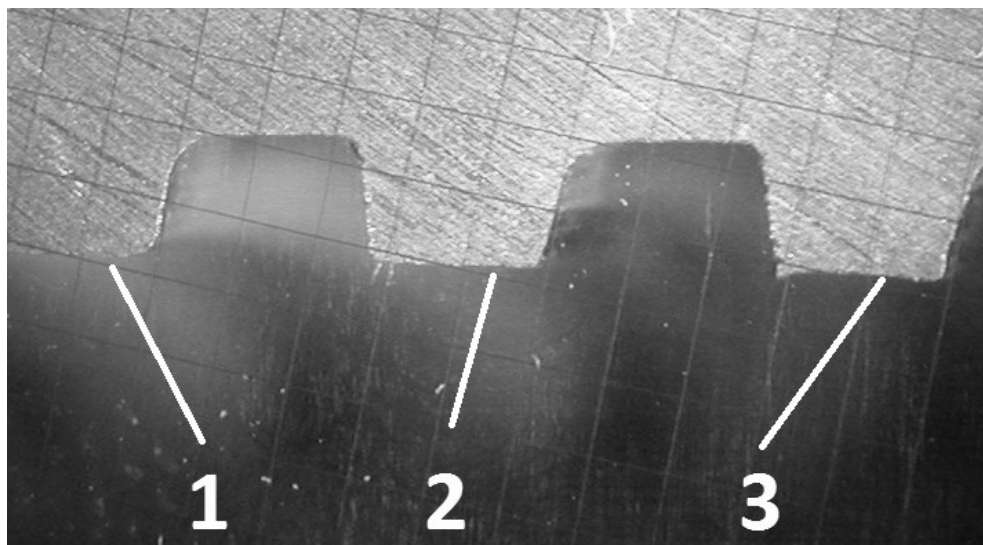


Рис.5
Деформированные витки резьбы муфты угол α_2 у первого, второго и третьего витка существенно различается, х 10

Наружная резьба трубы имеет участки со следами

значительного повреждения. На поверхности выступов резьбы и в отдельных впадинах наблюдаются следы пластической деформации и вырывов, что особенно отчетливо проявляется на участке перед основной плоскостью, часть резьбы, находящейся дальше от основной плоскости не имеет каких-либо следов повреждений (рис. 6).

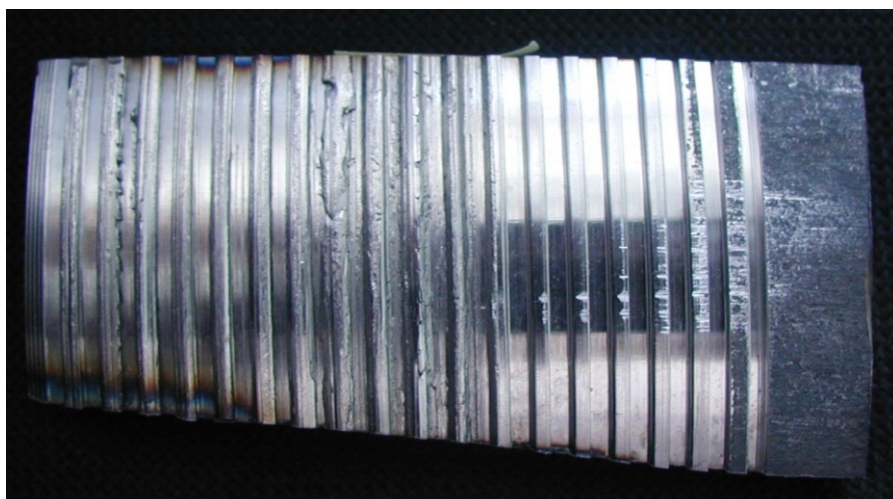


Рис.6 Наружная резьба трубы со следами пластической деформации, х 1,0

На отдельных участках, удаленных от поврежденной зоны, каких-либо следов деформации не наблюдается (рис. 6, 7). На резьбовых выступах и канавках отсут-

ствуют следы воздействия резьбы муфты.

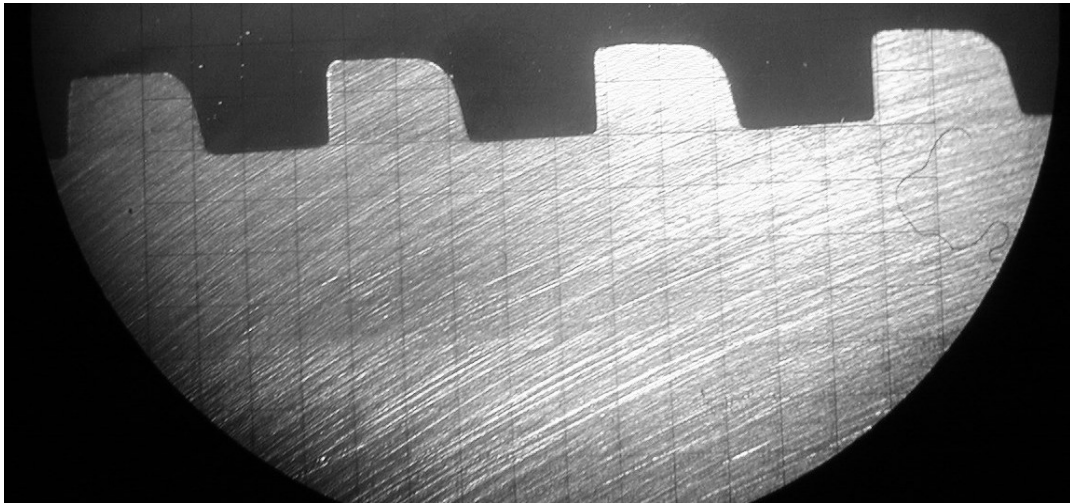


Рис. 7 Неповрежденные участки резьбы ниппеля с четким профилем резьбы, $\times 7$

На участках ниппеля перед основной плоскостью наблюдается значительная неравномерная деформация витков резьбы (рис. 8).

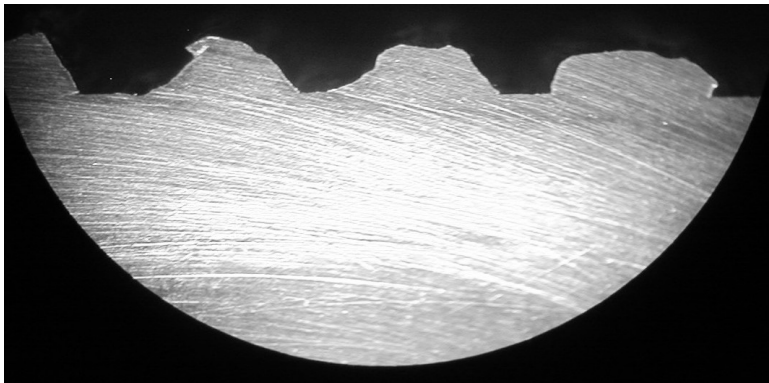


Рис. 8 Неравномерная деформация резьбы ниппеля перед основной плоскостью, $\times 7,0$

Определение геометрических параметров соединения труб с трапецеидальной резьбой и муфт к ним—ОТТМ указывает на некоторые отклонения от нормы

(табл.1).

Так параметр $d_{\text{вн}}$ трубы составляет 242,03, что превышает норму, а $d_{\text{вн}}$ муфты 240,3–241,8, что меньше нормы. Размерный интервал обусловлен деформацией витков трубы, оставшейся после развинчивания.

Табл. 1.

Соединения труб с трапецеидальной резьбой и муфт к ним–ОТТМ (размеры, мм)

| Услов- ный диа- метр тру- бы | Наруж- ный диаметр трубы D | Внут- ренний диа- метр резьбы в основной плоскости d _{вн} | Диаметр резьбы в плоскости торца трубы | | Внут- ренний диа- метр резьбы в плоскости торца муф- ты, d ₃ | Внут- ренний диа- метр резьбы в основной плоскости муфты, d _{вн} |
|---------------------------------------|-------------------------------------|--|--|-------------------------------------|--|--|
| | | | На ружный , d ₁ | В нутрен- ний, d ₂ | | |
| 245 норма | 244,5 | 241,275 | 240,350 | 237,150 | 242,4 | 241,275 |
| 245 образцы | 246,7 | 242,03 | 240,90 | 237,9 | 242,1 | 240,3–241,8 |

Исследования геометрических параметров резьбы проводились на универсальном инструментальном микроскопе УИМ–21 (табл.2).

В строках, где указаны интервалы значений определяемых параметров, первое значение относится к началу резьбы, а второе на расстоянии близком к выходу (сбегу) резьбы.

Анализ данных, полученных при определении параметров резьбы, указывает на некоторые расхождения параметров резьбы от нормы. Это может быть вызвано несколькими причинами, во-первых, взаимным воздействием резьб муфты и ниппеля при свинчивании и развинчивании и во-вторых, несоответствием параметров резьб муфты и трубы, которые привели к значительной деформации резьб при свинчивании. Однако, следует обратить внимание на различие параметров резьбы в неповрежденных участках муфты и ниппеля (табл. 2).

Известно, что в конических трапецеидальных резьбах, прочность и герметичность соединения обеспечивается за счет взаимодействия боковых поверхностей выступов резьбы. При свинчивании муфты и ниппеля в процессе затяжки гидравлическим ключом с регламентируемым усилием должно происходить равномерное сближение боковых поверхностей резьбы на значительной протяженности. Однако, в данном случае, такого, по-видимому, не происходит.

Табл. 2.

Размеры профиля муфты и ниппеля

| Параметры резьбы | Норма ГОСТ 632–80 | Труба | Муфта |
|--|-----------------------------|------------|-----------------------|
| Шаг резьбы, Р | 5,08 | 5,11–5,11 | 5,08 |
| Высота профиля h_1 | $1,6 \pm 0,03$ | 1,6–1,52 | 1,55–1,56 |
| Угол профиля α | 13^0 | - | - |
| Угол наклона стороны профиля α_1 | $3^0 \pm 1$ (исполнение А) | $2^0 50'$ | $3^0 30' - 1^0 50'$ |
| α_2 | $10^0 \pm 1$ (исполнение А) | $12^0 45'$ | $18^0 20' - 16^0 30'$ |
| Радиус округления профиля | | | |
| r | | — | — |
| r_1 | $0,20^{+0,05}$ | — | — |
| r_2 | $0,80^{+0,05}$ | — | — |
| r_3 | $0,20_{-0,05}$ | — | — |
| | $0,80_{-0,05}$ | | |
| Конусность $2\text{tg}\varphi$ | 1:16 | 1:13 | 1:15 |

Несоответствие высоты профиля h_1 , различные значения углов α_1 и α_2 не позволяет соприкасаться боковым поверхностям резьбовых выступов муфты и ниппеля на значительной протяженности, кроме того, происходит деформация отдельных участков резьбы, препятствующая дальнейшему равномерному сближению резьбовых выступов. Эта деформация приводит к появлению наплывов на вершинах резьбовых выступов муфты, что препятствует дальнейшему сближению боковых поверхностей резьбы и способствует схватыванию в резьбовом соединении. Такая деформация резьбы может быть вызвана перекосом муфты и навинчиваемой трубы во время свинчивания.

Микроструктуры сталей, из которых изготовлены муфта и ниппель имеют идентичное строение, характерное сорбиту, что находится в хорошем соответствии со значениями твердости (рис.9) . Такая структура формируется в результате термической обработки.

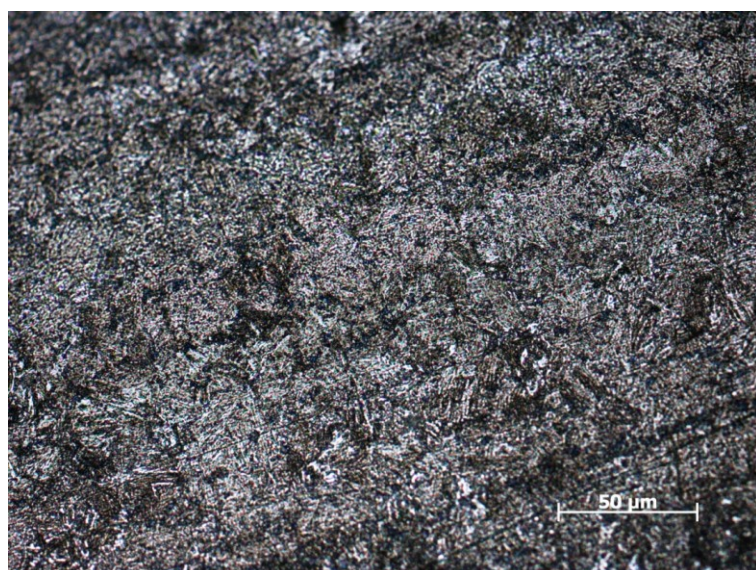


Рис. 9 Сорбитная структура стали

. Испытания показали, что твердость муфты и ниппеля полностью совпадают и составляют НВ 255-262. Используя методики определения прочности по значениям твердости, была определена прочность сталей, которая составила $\sigma_b = 850 - 880$ МПа. Это значение находится в пределах стандартного показателя (862 МПа) для этой группы стали.

По результатам проведенного химического анализа (табл. 3) содержание основных элементов в муфте и ниппеле близки и соответствуют стали 20ХМ ГОСТ 4543-71. Молибден, содержащийся в стали способствует повышению вязкости и устраняет склонность к отпускной хрупкости.

Табл. 3.

Химический состав образцов

| Наименование | Химический состав, % | | | | | | | |
|--------------|----------------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| | C | Mn | Si | P | S | Cr | Ni | Mo |
| муфта | 0,25 | 0,67 | 0,4 | 0,012 | 0,007 | 1,0 | 0,07 | 0,34 |
| ниппель | 0,22 | 0,55 | 0,29 | 0,013 | 0,005 | 0,75 | 0,07 | 0,25 |

Выводы: 1. Схватывание муфты и ниппеля произошли из-за значительной пластической деформации резьбы и больших контактных напряжений в локальных участках резьбы;

2. Нарушение герметичности резьбового соединения ниппеля и муфты вызваны отклонениями: а) параметров соединения труб с трапецеидальной резьбой и муфт к ним—ОТТМ, б) размера профиля резьбы;

3. Прочностные характеристики сталей из которых изготовлены муфта и труба близки к норме;

4. Микроструктура стали достаточно однородная и соответствует сорбиту, что указывает на высокий уровень прочности, вязкости и пластичности стали