

УДК 621.9.02

О.Р. Онисько, канд. техн. наук, доц., **В.Г. Панчук**, д-р техн. наук, доц.,
В.В. Врюкало, канд. техн. наук, доц.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна
Тел. +38 (0342) 727126; E-mail: onysko.oleg.@ gmail.com

РІЗЬБОВІ РІЗЦІ З ВІДКОРЕКТОВАНОЮ ЗА ЗНАЧЕННЯМ ПЕРЕДНЬОГО КУТА ПРЯМОЛІНІЙНОЮ РІЗАЛЬНОЮ КРОМКОЮ

У статті запропонований новий профіль прямолінійної різальної кромки різця з наявним нахилом передньої площини, який забезпечує мінімальне відхилення виготовленої різьби від її теоретичного профілю. Проаналізовано гіперболічний характер профілю різальної кромки і запропонована його лінійна інтерполяція між двома точками, які відповідають зовнішньому та внутрішньому діаметру різьби. Графоаналітичним методом отримані формули розрахунку величини кута профілю різьбового різця з прямолінійною різальною кромкою у залежності від значення переднього кута та діаметра різьби. Отримані розрахункові результати вказують, що різниця між величинами кута профілю різьби і інструмента може виходити за межі допустимого відхилення.

Ключові слова: різьбовий різець, різьба, кут профілю, висота профілю, обсадна труба.

1. Вступ

В нафтогазовому машинобудуванні питання герметичності різьбових з'єднань труб нафтового сортаменту є вельми актуальним і нерозривно пов'язане з безпекою та довговічністю нафтових та газових свердловин. Герметичність різьбових з'єднань труб — це властивість з'єднань, що забезпечує їх непроникність при навантаженні надлишковим тиском рідини чи газу на протязі тривалого часу. В першу чергу на непроникність різьбових з'єднань впливають конструктивні особливості різьби, а саме її зазори. До цих зазорів відносяться конструктивні, які забезпечують згвинчування і технологічні, які виникають внаслідок відхилення профілю різьби від її теоретичних розмірів.

Одним із методів зменшення проникності різьбових з'єднань є використання герметизуючих заповнювачів — різноманітних мастил, серед яких особливе місце посідають фтор-полімерні сухі мастила за технологією СМТ [1].

Цілковитий інший підхід розв'язання проблеми полягає у створенні різьб з вузлами герметичності. Наприклад, з'єднання «Преміум» [1] являє собою спеціальну конструкцію ніпеля зі сферичним виступом, що контактує з конічною поверхнею муфти.

При цьому застосування заповнювачів і присутність додаткових герметизуючих поверхонь у з'єднаннях вимагають додаткових матеріальних і технологічних витрат та ніяким чином не усувають проблеми зниження міцності різьбового з'єднання із-за неточності його елементів.

Рядом праць пропонуються способи зміцнення гвинтових з'єднань шляхом створення зарізьбованих канавок [2]. Ці дослідження базуються на застосованні відомих сучасних методів моделювання напруженого стану, які певною мірою претендують на об'єктивність отриманих результатів. Але недоліком запропонованих рішень є неможливість їх застосування до всього нафтогазового трубного сортаменту, або хоча б його вагомої частини.

Технічні вимоги до форми та точності різьбових поверхонь з'єднувальних муфт обсадних труб регламентуються міждержавним стандартом [3]. Конструкцією різьби передбачені значні відхилення висоти профілю різьби та кута при вершині.

Це продиктоване певними технологічними можливостями процесу нарізання різьби, у тому числі і конструктивними особливостями різальних інструментів. Фактично найбільш вживаним інструментом при виготовленні різьб обсадних труб і елементів бурових колон є різьбові різці [4]. При цьому за діючим стандартом на різьбові різці [5] величина переднього кута приймається рівною нулю. На сучасних виробництвах, котрі виготовляють різьбові різці із твердосплавними механічно закріпленими пластинами, що призначені для виготовлення різьб нафтового та газового асортименту, які регламентуються міжнародними специфікаціями 7 API і 5B API, відсутня класифікація різців за значенням їхнього переднього кута [4].

2. Постановка задачі

Із існуючої практики застосування різьбових різців випливають два негативних для технології виготовлення різьби фактори, а саме:

- неможливість підвищення стійкості інструмента, яка як відомо, є функцією кількох параметрів, серед яких величина переднього кута;
- процес спрацювання різця з непохилою передньою площиною супроводжується швидким зростанням від'ємного значення локального переднього кута в околі різальної кромки, що негативно відображається на точності виконаного профілю різьби.

В той же час встановлення передньої площини під певним кутом призводить до зміни конфігурації профілю отриманої різьби. Головна причина такого явища — це зміна положення твірної різьбової поверхні. Адже теоретична твірна різьбової поверхні повинна лежати у площині, що проходить через вісь деталі.

Якщо розглянути ділянку різьби (рис. 1), як поверхню, яка є наближеною до поверхні зрізаного конуса з радіусами основ R та r , то у результаті перетину цього конуса із передньою площиною f_1 буде отримана гіпербола [6].

Оскільки гіперболічну форму різальної кромки реальної твердосплавної пластинки складно реалізувати на практиці із бажаною точністю, то пропонується виконати інтерполяцію криволінійної різальної кромки відрізком прямої і дослідити вплив такого наближення на точність форми різьбової поверхні.

3. Виклад матеріалу дослідження

На рис. 2 побудований переріз конічної поверхні з віссю OX і твірною OP передньою площиною різальної частини різця. Крива перерізу конуса площиною, яка паралельна до його осі, є гіперболою [6]. Гіпербола асимптотично наближається до прямої OP . Довільно вибрана на прямій OP точка n і відповідна їй точка m гіперболи мають спільну координату x_n . Вершина A_1 гіперболи віддалена від вершини конуса на відстань a вздовж осі X , а відповідна їй точка B_1 асимптоти OP — на відстань b

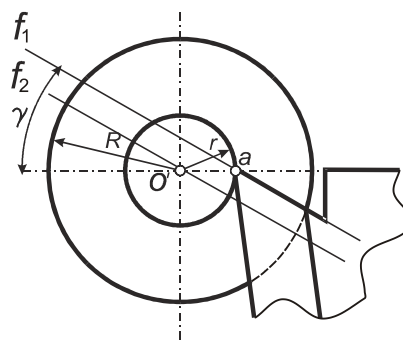


Рис. 1. Розміщення передньої площини різця, щодо осі деталі

вздовж осі Y .

Для гіперболи, що описується рівнянням [6]

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1,$$

величина відхилення гіперболи від асимптоти у залежності від відстані до вершини конуса уздовж його осі визначається за формулою [6]:

$$|mn| = \frac{ab}{x_n + \sqrt{x_n^2 - a^2}}; \quad (1)$$

Із геометричних побудов (див. рис. 1 і 2) визначаються залежності:

$$b = r \cdot \sin \gamma, \quad a = \frac{b}{\operatorname{tg} \beta}. \quad (2)$$

Для довільної точки N з координатами $x_i = r_i / \operatorname{tg} \beta$ і $y_i = r_i$ твірної конуса OP та відповідної їй точки M гіперболи залежність наближення $\Delta_i = |MN|$ гіперболи до її асимптоти з врахуванням (1) і (2) має вигляд

$$\Delta_i = \frac{r^2 \cdot \sin^2 \gamma}{r_i + \sqrt{r_i^2 - r^2 \sin^2 \gamma}}, \quad r \leq r_i \leq 0,5d_1, \quad (3)$$

де d_1 — зовнішній діаметр різьби [3];

$d_2 = 2r = d_1 - 2h_1$ — внутрішній діаметр різьби [3];

h_1 — висота профілю різьби [3].

Отримане рівняння (3) вказує, що в радіальному напрямі в діапазоні $[0,5d_2; 0,5d_1]$ відхилення фактичного профілю різьбової поверхні від теоретичного має функціональну залежність від значення переднього кута γ різальної частини різця.

Найбільше відхилення Δ_{\max} гіперболи від твірної конуса це відстань між точками u і t (див. рис. 2). Точка t належить поверхні конуса і одночасно лежить у площині меншого торця з радіусом r . Приймаючи $r_i = r$ за формулою (3) отримаємо

$$\Delta_{\max} = \frac{r^2 \cdot \sin^2 \gamma}{r + \sqrt{r^2 - r^2 \sin^2 \gamma}} = \frac{d_2 \cdot \sin^2 \gamma}{2(1 + \cos \gamma)}. \quad (4)$$

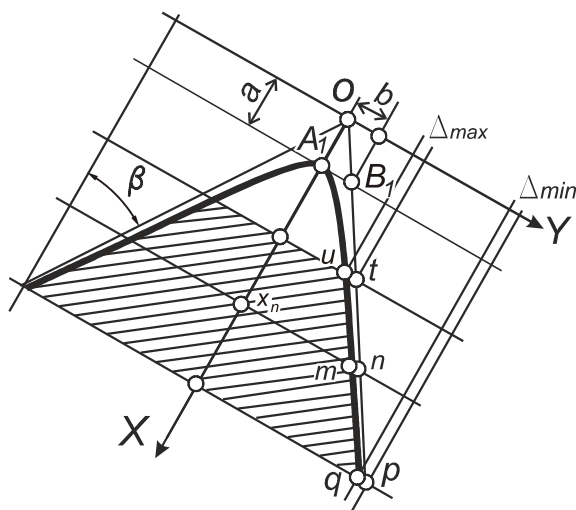


Рис. 2. Переріз передньої площини різця і конічної поверхні різьби

Таким чином максимальне відхилення гіперболи від твірної конуса функціонально залежить від значення переднього кута γ і величини внутрішнього діаметра d_2 .

Найменше відхилення Δ_{\min} спостерігається на зовнішньому діаметрі різьби d_1 і рівне за формулою (3)

$$\Delta_{\min} = \frac{d_2^2 \cdot \sin^2 \gamma}{2 \left(d_1 + \sqrt{d_1^2 - d_2^2 \sin^2 \gamma} \right)} \quad (5)$$

Відповідно до рис. 2 в точці u гіперболи спостерігається максимальне відхилення профілю різьби від теоретичного і мінімальне відхилення, відповідно, в точці q . Ділянка гіперболи uq лежить між внутрішнім і зовнішнім радіусами різьбової поверхні. Здійснимо лінійну інтерполяцію даної ділянки гіперболи — тобто з'єднаємо точки q та u прямолінійним відрізком.

Для знаходження величини кута твірної гвинтової поверхні m (рис. 3) здійснено плоско-паралельне переміщення відрізка uq паралельно до осі Y на відстань D_{\min} . В результаті точка q сумістилася із точкою p , а точка u перемістившись на відстань D_{\min} стала точкою u_2 .

Відповідно із рис. 3 маємо

$$\mu = \arctg \frac{|u_2T|}{|qT|} = \arctg \frac{2(H + \Delta_{\max} - \Delta_{\min})}{P}, \quad (6)$$

де H — висота вихідного профілю трикутної різьби,
 P — крок різьби,

Застосуємо формулу (4) для розрахунку профільного кута m «випрямленої» різальної кромки різьбового різця. Для цього в якості прикладу візьмемо трубу з трикутною різьбою та умовним діаметром $d = 140$ мм. Тоді згідно з даними стандарту [3] $d_1 = 113,1$ мм, $d_2 = 107,6$ мм, $P = 3,175$ мм, $H = 2,75$ мм. Нехай передній кут $\gamma = 8^\circ$. За формулами (4) – (6) отримаємо: $\Delta_{\max} = 0,524$ мм, $\Delta_{\min} = 0,498$ мм, половинний кут при вершині трикутної різьби $\alpha/2 = 90^\circ - \mu = 29,77^\circ$.

Для труби з умовним діаметром $d = 504$ мм будемо мати $d_1 = 503,7$ мм, $d_2 = 498,2$ мм, $P = 3,175$ мм, $H = 2,75$ мм, $\Delta_{\max} = 3,785$ мм, $\Delta_{\min} = 3,743$ мм, половинний кут при вершині трикутної різьби $\alpha/2 = 90^\circ - \mu = 29,62^\circ$.

4. Висновки

З метою спрощення практичного виготовлення різьбонарізних різців визначено параметри лінійної інтерполяції гіперболічної форми їх різальної кромки і визначено залежності для розрахунку відхилень форми трикутної різьби, що спричинені наявністю переднього кута в різці. Одержані аналітичні залежності можуть бути використані для удосконалення конструкції різальної частини різьбонарізного інструменту.

Список літератури:

1. Емельянов А. В. Новое решение проблемы герметичности резьбовых соединений обсадных колонн с использованием технологии «чистого свинчивания» (Clear

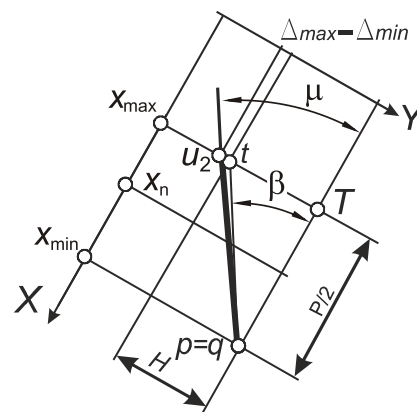


Рис. 3. Визначення кута нахилу μ твірної гвинтової поверхні

Make Up Technology или СМТ) / А. В. Емельянов, А. В. Токарев // Бурение и нефть. Специализированный журнал. — 2012. — №2. — С. 46–48.

2. Копей Б. В. Моделирование резьб насосных штанг методом скінчених елементів Б. В. Копей, В. В. Михайлюк, В. Б. Копей // Науковий вісник Івано–Франківського Національного технічного університету. — 2009. — №2. — С. 61–68.

3. Трубы обсадные и муфты к ним. Технические условия: ГОСТ 632-80. - [Чинний від 1983-01-01]. — М.: Госстандарт СССР, 1983. — 69 с.

4. Каменецкий Л. И. Твердосплавный резьбонарезной инструмент для обработки резьб нефтяного и газового ассортимента / Л. И. Каменецкий // Сфера. Нефтегаз. Трубы. Трубопроводы: Всероссийский отраслевой информационно–технический журнал. — 2010. — №2. — С. 182–183.

5. Резцы токарные резьбовые с пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры: ДСТУ ГОСТ 18885:2008. - [Чинний від 2008-07-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2008. — 9 с.

6. Привалов И. И. Аналитическая геометрия / И. И. Привалов — М.: Наука, 2007. — 394 с.

Надійшла до редакції 30.01.2014

О.Р. Онысько, В.Г. Панчук, В.В. Врюкало

РЕЗЬБОВЫЕ РЕЗЦЫ С ОТКОРРЕКТИРОВАННОЙ ПРЯМОЛИНЕЙНОЙ РЕЖУЩЕЙ КРОМКОЙ И НЕНУЛЕВЫМ ЗНАЧЕНИЕМ ПЕРЕДНЕГО УГЛА

В статье предложен новый профиль прямолинейной режущей кромки резца с имеющимся наклоном передней плоскости, который обеспечивает минимальное отклонение изготовленной резьбы от ее теоретического профиля. Проанализирован гиперболический характер профиля режущей кромки и предложена его линейная интерполяция между двумя точками, которые соответствуют внешнему и внутреннему диаметру резьбы. Графоаналитическим методом получены формулы расчета величины угла профиля резьбового резца с прямолинейной режущей кромкой в зависимости от значения переднего угла и диаметра резьбы. Полученные рассчитанные результаты указывают на то, что разница между величинами угла профиля резьбы и инструмента может выходить за пределы допустимого отклонения на величину указанного угла.

Ключевые слова: резьбовой резец, гипербола, угол профиля, высота профиля, обсадная труба.

O. Onysko, V. Panchuk, V. Vrukalo

THREADING TOOL WITH CORRECTED RECTILINEAR CUTTING EDGE AND NON-ZERO VALUE OF FRONT ANGLE

The paper proposes a new profile of the tool straight cutting edge with the existing slope of the front plane, which ensures minimum thread deflection from its theoretical profile. Analysis of the hyperbolic nature of the cutting edge profile and its linear interpolation between the two points that correspond to the outer and inner diameter of the thread are offered. The formula for calculating the angle profile of the threading tool with a straight cutting edge, depending on the value of the forward angle and diameter of the thread is suggested using graphic-analytical method. These calculated results indicate that the difference between the angle of the thread and the tool can go beyond the value of the specified angle tolerance.

Keywords: threading cut tool, hyperbole, profile angle, elevation profiles, casing tube.