



УДК 621.7

## ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ РІЗЬБОВОЇ ПАРИ З НАКАТНОЮ РІЗЬБОЮ

Самарін О.Є.

Херсонська державна морська академія

*Проведено порівняльне дослідження міцності двох груп різьбових пар М8 та М12. Кожна група складається з гайки, привареної до пластини, і болта класу міцності 8.8 – контрольна пара та пластини з накатною різьбою, виконаною методом термічного накатування за технологією flowdrill і flowtap та болта класу міцності 8.8 – досліджувана пара. Болт затягувався до настання плинності матеріалу у з'єднанні. При цьому динамометричним ключем фіксувався максимальний крутний момент. Проводилось порівняння отриманих моментів контрольної та досліджуваної пари між собою та з нормативними показниками. Дано рекомендації щодо використання нової технології у машинобудуванні.*

*Ключові слова: накатна різьба, технологія flowdrill і flowtap, плинність матеріалу, крутний момент.*

**Вступ.** У сучасних машинах багато місць, в яких необхідно виконати різьбу для закріплення вузлів та деталей. Така технологічна операція можлива при достатній товщині базової деталі, в якій різьба нарізується. Вона повинна бути не менше висоти гайки під відповідну різьбу. Але більшість панелей має товщину до 2...4 мм, що дозволяє нарізати різьбу до М5. Болти з такою різьбою не можуть бути використані для кріплення навантажених елементів.

Для вирішення вказаної проблеми в більшості випадків у виробництві використовується нарізна гайка, яка кріпиться до панелі сваркою або розвальцьовуванням вхідної частини. Може використовуватись заклепка, в якій нарізується різьба.

Вказані методи відрізняються підвищеною трудомісткістю, необхідністю виготовлення додаткових перехідних деталей та наявністю відходів виробництва у вигляді стружки при свердлінні отвору та нарізанні різьби. Крім того, приварювання або клепка готової деталі з нарізаною різьбою може привести до її пошкодження або зміни геометрії профілю різьби. Тому після виконання вказаних технологічних операцій необхідно перевіряти різьбу калібром.

Враховуючи масовість різьбових отворів в машинах, проблема зменшення трудомісткості виготовлення та відходів виробництва набуває практичної значущості.

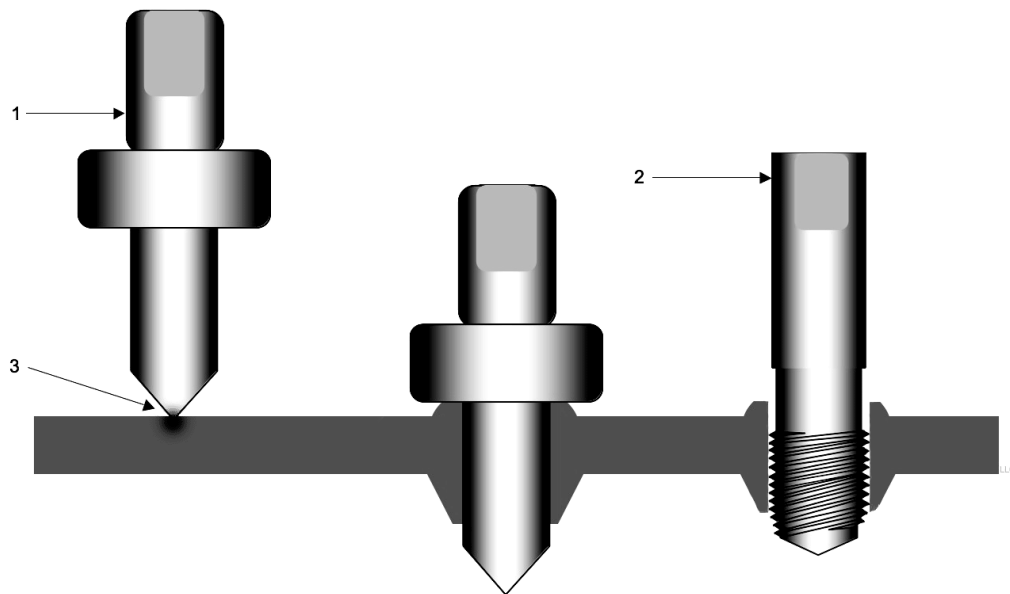
**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Значно зменшити вказані недоліки і підвищити культуру виробництва дозволяє нова технологія flowdrill – для виконання циліндричних отворів та flowtap – для накатування різьби, основні етапи якої показано на приведеному рисунку 1 [1]. Вона дозволяє з жорстким допуском робити з'єднання в тонкостінному матеріалі, таким чином усуваючи додаткову вартість робочих операцій. Flowdrill дозволяє отримати кільцеву коронку, яка в 3 рази більше по висоті, ніж товщина матеріалу, що дозволяє нормально нарізати різьбу в тонкостінному матеріалі з одночасним його зміцненням.

Інструмент Flowdrill входить в контакт с матеріалом, використовуючи відносно високий осьовий тиск і частоту обертання. Отримана теплота робить матеріал м'яким і достатньо в'язким для того, щоб надати необхідну форму і зробити отвір. Оскільки інструмент Flowdrill входить в матеріал, частина вичавленого матеріалу формує кільце навколо верхньої поверхні деталі, що оброблюється. Друга частина матеріалу формує втулку внизу поверхні деталі. Вся операція займає декілька секунд. У результаті отримане кільце і втулка мають загальну довжину, рівну трьом товщинам матеріалу. Діаметр втулки точно визначений діаметром циліндричної частини інструмента Flowdrill.

Процес не змінює внутрішню структуру матеріалу. Отримана втулка має високу міцність і може використовуватись для опорних втулок або, коли нарізання різьби є



окремим процесом, може забезпечити високий крутний момент різьбової поверхні з високою міцністю на розрив.



Технологічний процес виготовлення отвору і різьби: 1 – інструмент для виготовлення отвору по технології flowdrill; 2 – метчик для накатування різьби по технології flowtap; 3 – розігрівання в точці контакту інструменту з матеріалом

Технологія Flowdrill може бути використана в будь-якому технологічному процесі, коли товщина матеріалу не дозволяє виготовити повноцінне різьбове з'єднання.

Інструменти Flowdrill можуть використовуватись у звичайних свердлувальних станках і станках з системою ЧПУ з електричним двигуном потужністю від 1,5 до 3,5 кВт. Частота обертання від 1000 до 3500 об/хв.

Інструменти Flowdrill для отримання отворів виготовлені з високоміцного карбіда вольфрама. Накатні мітчики (Flowtaps) зроблено з високоякісної швидкорізючої сталі і можуть бути заказані з канавками для змащування і з спеціальним покриттям для індивідуальних випадків.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Відомо, що гайки виготовляються у відповідності до прийнятих державних стандартів по класах міцності. Як правило, гайки виготовляються з високоякісної сталі, підлягають термічній обробці і повинні відповідати певним критеріям механічної міцності [3]. У той же час, матеріал деталей машин де нарізується різьба, може значно відрізнятись по показниках механічної міцності від вимог стандарту до гайок і приходити на обробку нормалізованим або покращеним.

Враховуючи це, перед застосуванням нової технології необхідно перевірити надійність кріплення і прийняти рішення про її застосування, на що звертає увагу і розробник технології [2].

**Мета проведення досліджень.** Перевірка міцності різьбової пари М8 та М12 з накатною різьбою, порівняння максимального моменту затягування з нормативним і видача рекомендацій щодо застосування нової технології у виробництві [4].

**Об'єкти досліджень:**

- пластини товщиною 3 мм, виготовлені зі сталі Ст3пс2ДСТУ 2651-94 (ГОСТ 380-94) з накатними гайками М8 та М12;
- пластини товщиною 3 мм з привареними нарізними стандартними гайками М8 та М12 класу міцності 8;
- болти М8 та М12 класу міцності 8.8.



Перед проведенням дослідження всі різьбові отвори, виконані методом термічної накатки, були перевірені калібром.

**Методика проведення досліджень.** Об'єкти дослідження встановлювались в затискач на слюсарному верстаті. В них вкручувались відповідні болти М8 та М12 групи міцності 8.8. Затягування різьби виконувалось динамометричним ключем до стану плинності пари. У цей час фіксувався максимальний момент затягування. Отримані результати наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Результати порівняння різьбових пар з накатною та нарізною різьбами

<i>Різьбова пара</i>	<i>Максимальний момент затягування, <math>M_{max}</math> Нм</i>	<i>Нормативний момент затягування, <math>M_{нор.}</math> Нм, [5]</i>	<i>Максимальний робочий момент затягування, 70% <math>M_{max}</math> Нм</i>	<i>Середній максимальний момент, <math>M_{ср.}</math> Нм</i>
М8-накатна різьба	54,0 35,5 40,5	20,0-25,0	37,8 24,8 28,3	43,3
М8 – приварна стандартна гайка	72,0		50,4	
М12-накатна різьба	115,0 132,0	75,0-85,0	80,5 92,4	123,5
М12 – приварна стандартна гайка	158,0		110,6	

Після проведення досліду гвинтова пара розкручувалась і визначався елемент, матеріал якого не витримав навантаження. Для цього проводилось вимірювання геометричних розмірів різьбових деталей, а отримані дані порівнювались з розмірами до проведення випробувань. Крім того, зверталась увага на наявність матових ділянок на поверхнях, що свідчить про розтягування деталі.

Додатково проведено дослідження для різьбової пари М12. Різьба накатана у зразку товщиною 3мм, виготовленого зі сталі Ст08кп ДСТУ2834-94 (ГОСТ 16523-97). Встановлено, що максимальний крутний момент досліджуваної пари становив 122,5 Нм.

При виготовленні складних машин з розгалуженою фермовою конструкцією в якості несучих елементів часто використовують труби круглого та прямокутного сечення. Для зменшення маси конструкції труби в рамній конструкції мають товщину стінки 2...4 мм. Кріплення деталей до них виконується як за допомогою сварки, так і через різьбові з'єднання.

У якості досліджуваного об'єкта вибрано трубу 20x20x2-10 ГОСТ 8639-68 із сталі 10 ДСТУ 2834-94 (ГОСТ16523-97) [6]. Досліджувалась накатна різьба М8, а також приварна стандартна гайка. При цьому випробовувались наступні різьбові пари:

- накатна різьба в трубі – болт класу міцності 5.8;
- гайка класу міцності 5 – болт класу міцності 5.8;
- гайка класу міцності 8 – болт класу міцності 8.8.

Дослідження проводились по раніше вказаній методиці. Максимальний крутний момент, що витримали різьбові пари наступний:

- накатна різьба в трубі – болт класу міцності 5.8-9,9 Нм;
- гайка класу міцності 5 – болт класу міцності 5.8-39,1 Нм;
- гайка класу міцності 8 – болт класу міцності 8.8-55 Нм.

Для надання рекомендацій щодо застосування накатної різьби необхідно порівняти максимальний крутний момент затягування різьбових з'єднань близьких розмірів різьби. Порівняльні дані наведено у табл. 2 [5].



Таблиця 2 – Порівняння максимальних крутних моментів затягування різьбових з'єднань, Нм

Різьба	Крок різьби <i>P</i> , мм	Клас міцності по ГОСТ 1759-70		
		Болта		
		5.8		8.8
		Гайки		
		5	6	8
M8	1,25	16		25
M10	1,50	30		50
Різниця між показниками, %		46,6		50
M12	1,75	53		85
M14	2,00	85		136
Різниця між показниками, %		37,6		37,5

Як видно з табл. 1 и табл. 2, різниця міцності накатної і нарізної гайки однакового номінального діаметра знаходиться в межах різниці міцності нарізних гайок, які стоять поряд.

**Висновки щодо даного дослідження та рекомендації:**

1. Максимальний момент затягування для стандартних приварних гайок M8 вище від відповідного моменту затягування для накатної різьби M8 на 28,7 Нм (39,9 %).
2. Максимальний робочий момент затягування для стандартних приварних гайок M8 вище від відповідного моменту затягування для накатної різьби M8 на 20,1 Нм (39,9 %).
3. Максимальний робочий момент затягування для стандартних приварних гайок M8 вище нормативного моменту затягування на 27,9 Нм (55,4 %), а для накатної різьби вказаний показник становить 7,8 Нм (25,7 %).
4. Максимальний момент затягування для стандартних приварних гайок M12 вище від відповідного моменту затягування для накатної різьби M12 на 34,5 Нм (21,8 %).
5. Максимальний робочий момент затягування для стандартних приварних гайок M12 вище від відповідного моменту затягування для накатної різьби M12 на 24,15 Нм (21,9 %).
6. Максимальний робочий момент затягування для стандартних приварних гайок M12 вище нормативного моменту затягування на 30,6 Нм (27,7 %), а для накатної різьби вказаний показник становить 6,45 Нм (7,46 %).
7. Значної зміни максимального крутного моменту із заміною сталі Ст3пс2ДСТУ 2651-94 (ГОСТ 380-94) на сталь Ст08кп ДСТУ2834-94 (ГОСТ 16523-97) не відбулось.
8. Розбирання дослідних з'єднань з накатною різьбою показало, що болти групи міцності 8.8 не змінювали форму. Перевищення межі плинності зазнавав матеріал деталі, в якій накатувалась різьба. Тому можна зробити висновок, що перехід до високоякісної конструкційної сталі підвищить механічну міцність з'єднання.
9. Застосування різьбових пар M8 та M12 з накатною різьбою у деталях та відповідними болтами групи міцності 8.8 розширюють конструкторсько-технологічні можливості і можуть бути рекомендовані у виробництво при товщині матеріалу не менше 3 мм.
10. В деталях з товщиною стінки 2 мм не достатньо матеріалу для формування повноцінної втулки для накатування різьби M8 і різьби з більшим номінальним розміром (довжина втулки має бути не менше висоти відповідної гайки). Тому максимальний момент різьбової пари з накатною різьбою значно менший, ніж у пари з стандартною нарізною гайкою: на 29,2 Нм (74,6 %) для пари класу міцності 5 та на 45.1 Нм (82 %) для пари класу міцності 8. Тому у деталях з товщиною стінки 2 мм і менше не рекомендується термічне накатування різьби M8 і різьби з більшим номінальним розміром.
11. При необхідності збільшити міцність накатної пари рекомендується застосовувати пару з більшим номінальним діаметром різьби.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технология термического сверления для создания резьбового соединения в тонкостенном металле [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www. flowdrill. com](http://www.flowdrill.com).
2. ООО ТПП «Спектр». Система термического сверления [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [www.tppspektr.dp.ua](http://www.tppspektr.dp.ua).
3. ГОСТ 1759.5-87. Гайки. Механические свойства и методы испытаний. – 9 с.
4. Протокол проверки резьбовых пар болт-накатная гайка от 25.05.2012г. – ТОВ НВП «ХМЗ». – 2 с.
5. ОСТ 23.4.250-85 Соединения резьбовые крепёжные. Нормы затяжки. Протокол проверки резьбовых пар болт-накатная гайка от 25.04.2012г. ТОВ НВП «ХМЗ». – 1 с.

### **Самарин А.Е. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ РЕЗЬБОВОЙ ПАРЫ С НАКАТНОЙ РЕЗЬБОЙ**

*Проведено сравнительное исследование прочности двух групп резьбовых пар М8 и М12. Каждая группа состоит из гайки, приваренной к пластине, и болта группы прочности 88 – контрольная пара и пластины с накатной резьбой, выполненной методом термической накатки по технологии flowdrill и flowtap и болта группы прочности 88 – исследуемая пара. Болт затягивался до наступления текучести материала в соединении. При этом динамометрическим ключом фиксировался максимальный крутящий момент. Проводилось сравнение полученных моментов контрольной и исследуемой пары между собой и с нормативными показателями. Даны рекомендации по использованию новой технологии в машиностроении.*

*Ключевые слова: накатная резьба, технология flowdrill и flowtap, текучесть материала, крутящий момент.*

### **Samarin O.E. RESEARCH ON DURABILITY OF A THREADED PAIR WITH A ROLLING SCREW-THREAD**

*A comparative study of durability of two groups of threaded pairs of M8 and M12 is undertaken. Every group consists of a nut welded on to a plate, and a screw-bolt with a steel grade 88, that constitute a check pair and a plate with a rolling screw-thread produced by means of thermal knurling according to flowdrill and flowtap technologies and a screw-bolt with a steel grade 88, that constitute a pair under study. A screw-bolt was tightened till yielding of material in a joint. Thereby a peak torque was fixed with a torque indicating wrench. A comparison of torques of a check pair and a pair under study with each other and with performance standards was made. Recommendations are given on the use of a new technology in engineering.*

*Keywords: rolling screw-thread, flowdrill and flowtap technologies, yielding of material, torque.*