

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

Кулик Геннадій Григорович

УДК 621.93.026

**ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФРИКЦІЙНОЇ РОЗРІЗКИ
КРУГЛИХ СТАЛЕВИХ ТРУБ З ОБЕРТАННЯМ**

Спеціальність 05.02.08 – технологія машинобудування

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків–2005

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі технології машинобудування та металорізальних верстатів Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” Міністерства освіти і науки України, м. Харків.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Сизий Юрій Анатолійович,
Національний технічний університет
“Харківський політехнічний інститут”,
професор кафедри технології
машинобудування та металорізальних верстатів

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Арпентьєв Борис Михайлович,
Українська інженерно-педагогічна академія
м. Харків, завідувач кафедри технології і управління якістю в
машинобудуванні
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Сталінський Дмитро Віталійович,
Українській науково-технічний центр “Енергосталь” м. Харків,
генеральний директор

Провідна установа: **Державне підприємство “Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування”** Міністерство промислової політики України, м. Харків

Захист відбудеться “26” травня 2005р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.12 у Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.

Автореферат розісланий “22” квітня 2005 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради Д 64.050.12

Пермяков О.А.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Чільне місце у трудомісткості виробництва виробів машинобудування і металургії посідають різні операції розрізки прокату та заготовок. В теперішній час у машинобудуванні використовують, в основному, такі методи: різка на ножовочних, стрічно-відрізних, фрезерно-відрізних, абразивно-відрізних, токарно-відрізних верстатах; рубка (ломка) на пресах. В металургії – різка на пилах тертя зубчатими або гладкими сталевими дисками (фрикційна розрізка), рубка обертовими або нерухомими ножами, токарними різцями, абразивними кругами.

Спосіб фрикційної розрізки достатньо продуктивний і тому широко використовувався в СРСР, однак він був витиснутий іншими способами, які забезпечували більш високу якість обробки та кращі санітарні умови праці (зменшення шуму). Але вище згадані методи мають один суттєвий недолік – великі витрати на інструмент. Дискові фрези, пили, стрічкові пили, токарні різці – достатньо дорогий інструмент. Експлуатація дискових фрез, пил, різців вимагає їх постійно переточувати, інтенсивний знос абразивних кругів – їх великої кількості. Таким чином, відчувається нагальна потреба у процесах розрізки з використанням дешевого інструменту і, зокрема, у фрикційній розрізці.

Проте процес фрикційної розрізки нерухомої заготовки супроводжується великим шумом завдяки вібрації диска, що змушує у металургії замінити її більш тихими процесами, а в машинобудуванні зовсім не використовувати. Фрикційна розрізка з обертанням заготовки (труби) супроводжується шумом, що не перевершує санітарних норм, завдяки невеликому виступанню диска з фланців для його кріплення і, як наслідок, невеликій амплітуді та енергії вібрацій. Проте цілеспрямованих досліджень фрикційної розрізки з обертанням заготовки, яка кінематично принципово відрізняється від розрізки нерухомої заготовки, не виконувалось, і на цей час не існує науково обґрунтованих рекомендацій щодо оптимальних умов здійснення такого процесу. Тому оптимізація технологічного процесу фрикційної розрізки – процесу з використанням дешевого інструмента (гладкого сталевих диска) з обертанням круглої сталевих заготовки є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі технології машинобудування та металорізальних верстатів НТУ“ХП” відповідно до програми ДКНТ України “Ресурсозберігаючі технології” та державній науково-технічній програмі “Технології та обладнання суміжних процесів” у рамках теми “Розробка технології поверхневого зміцнення деталей машин термофрикційною обробкою”, де здобувачем було виконано окремий розділ з спільних досліджень між НТУ“ХП” та ВАТ завод “Потенціал” (м. Харків).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є оптимізація технології фрикційної розрізки круглих трубчатих заготовок при їх обертанні для більш широкого використання цього продуктивного та економічного процесу.

Реалізація цієї мети передбачає розв'язання таких конкретних задач:

- розробити технологію, яка підвищує ефективність фрикційної розрізки сталевих труб шляхом удосконалення її структури;
- виконати оптимізацію технологічного процесу фрикційної розрізки з обертанням заготовки та розробити методику розрахунку технологічних параметрів;
- теоретично вирішити задачу сталості фрикційного диска та на цій підставі запропонувати ефективні рішення щодо його форми і структури технологічного процесу;
- виконати теоретичний опис температурних полів у заготовці з визначенням інтенсивності теплового потоку і перевірити адекватність отриманих рішень;
- розв'язати задачу розподілу тепла між стружкою і заготовкою, а також експериментально – аналітично вирішити задачу повного теплового балансу, що дозволить вести розрахунок нагріву фрикційного диска.

Об'єкт дослідження – технологічний процес фрикційної розрізки круглих сталевих заготовок з обертанням.

Предмет дослідження – теплофізика процесу фрикційної розрізки з обертанням заготовки, сталість інструмента – фрикційного диска та оптимізація структури і параметрів технології.

Методи дослідження. Досягнення мети здійснюється комплексними експериментально-аналітичними дослідженнями. Теоретичні дослідження теплових явищ у заготовці, стружці та диску виконувались на підставі рішення рівнянь теплопровідності з використанням метода джерел. Задачі встановлення інтенсивності теплового потоку у заготовці вирішувались на підставі експериментального вимірювання температури поза зоною контакту з використанням теоретичного опису температурного поля. Енергосилкові дослідження процесу фрикційної розрізки базуються на вимірюванні потужності різання. Теоретичне рішення задачі сталості фрикційного диска базується на варіаційному методі Рітца-Тимошенко. Оптимізацію процесу фрикційної розрізки виконано методом спрямованого пошуку мінімуму питомої технологічної собівартості розрізки при обмеженнях по температурі нагріву фрикційного диска та критичного зусилля різання з умов сталості.

Наукова новизна одержаних результатів

1. Наукова новизна полягає в тому, що на підставі вивчення фізичних явищ, що супроводжують фрикційну розрізку круглих труб з обертанням, встановлено ефективну структуру технологічного процесу та оптимальні параметри його реалізації.

2. Отримані оригінальні теоретичні рівняння опису температурного поля заготовки, які відрізняються від відомих обмеженістю джерела тепла по ширині, нахилом його відносно напрямку руху, розташуванням на відстані від поверхні заготовки, адекватність яких підтверджена експериментальними дослідженнями.

3. Розкрито умови підвищення ефективності процесу за рахунок максимального зосередження теплової енергії у стружці на підставі розв'язання задачі розподілу тепла між заготовкою і стружкою.

4. На базі аналітично-експериментального рішення повного теплового балансу розв'язано задачу розрахунку температури нагріву диска – інструмента фрикційної розрізки як обмеження умов підвищення продуктивності процесу.

5. Розроблено оригінальну структуру технології фрикційної розрізки (31300А новий спосіб розрізки сталевих заготовок) з використанням конічного фрикційного диска на підставі виконаного теоретичного рішення задачі його сталості.

6. Запропоновано методику і алгоритми вибору оптимальних параметрів технології розрізки товсто – та тонкостінних труб з обертанням шляхом мінімізації питомої технологічної собівартості процесу з обмеженням по температурі диска та його сталості.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що технологічний процес фрикційної розрізки з обертанням заготовки дозволяє використовувати тонкі диски (≈ 1 мм) з малим виступанням з фланців, які його кріплять, що забезпечує невеликі сили різання, високу сталість диска, низький рівень шуму. Використання процесу при оптимальних умовах забезпечує його перевагу над розрізкою абразивними кругами, токарними різцями, відрізними пилами.

Результати дослідження впроваджено на ВАТ завод “Потенціал” при розрізці круглих сталевих труб для виготовлення заглубних насосів з річним економічним ефектом у розмірі 60380 грн. на рік.

Особистий внесок здобувача у поданій роботі полягає у формулюванні мети і задач дослідження, розробці методів їх розв'язання; теоретичному вирішенні задач теплофізики і сталості фрикційного диска, аналізу цих рішень і перевірці їх достовірності. Здобувачем розроблена експериментальна установка для фрикційної розрізки на базі круглошліфувального верстата 3Б153У50 з модернізацією приводів обертання заготовки, радіальної подачі шпindelної бабки. Розроблено методику експериментального дослідження сил і температур при розрізці, яка імітує процес розрізки з обертанням заготовки.

Апробація результатів дослідження. Основні результати дисертації доповідалися й одержали позитивну оцінку на міжнародних науково-технічних конференціях (НТК): на міжнародній НТК “Сучасні технології, економіка й екологія в промисловості, на транспорті й у сільському

господарстві" (1998 р., м. Алушта); на міжнародних НТК "Фізичні і комп'ютерні технології в народному господарстві" (2001 р., 2002 р., 2003 р., м. Харків).

Публікації. За темою дослідження опубліковано 20 статей, з яких 14 у провідних фахових виданнях, затверджених ВАК України, 3 тези доповідей на науково-технічних конференціях, 1 деклараційний патент України.

Структура й обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, трьох додатків. Повний обсяг роботи – 172 сторінок, з них 61 ілюстрація за текстом, 9 ілюстрацій на 9 сторінках, 15 таблиць, 57 найменувань використаних літературних джерел на 6-ти сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і задачі дослідження, розкрито наукову новизну і практичне значення роботи, надано інформацію щодо апробації результатів дослідження.

У першому розділі представлено огляд фундаментальних та сучасних досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених з проблем різання тертям і близьких до цієї теми. Особлива увага приділялася питанням теплофізики й енергосиловим параметрам цих процесів. Треба відзначити, що в технічній літературі дуже обмежено представлені результати досліджень із практичної реалізації процесу розрізки гладким диском тертя, тобто фрикційної розрізки. Такий стан пояснюється, насамперед, тим, що даному процесу не приділялось достатньої уваги через його недоліки: високі енерговитрати та великий рівень шуму.

У роботах Горбатова М.І., Серьогіна С.А., Люленкова В.І., Огаркова М.І. теоретично досліджено найважливіший параметр процесу фрикційної розрізки – сила різання з припущення, що вся робота різання витрачається на розплавлення металу в обсязі прорізу, тобто весь метал, що видаляється, нагрівається до температури плавлення. Тут також можна знайти опис конструкцій дисків тертя, результати експериментальних досліджень.

В останні двадцять років з'явилися дослідження, що розвивають напрямок обробки диском тертя: роботи Зарубицького Е.У., Костіної Т.Н., Плахотніка В.А. Це роботи з фрикційного точіння, фрезерування і розрізки дисками тертя. У них здійснені глибокі дослідження процесу стружкоутворювання, режимів обробки (різання), теплофізики процесу.

У роботах Покинтелиці М.І. ще більш розширена галузь застосування дисків тертя. Тут також можна знайти дані по електрофрикційному точінню, фрезеруванню і розрізці деталей, а також дослідження термофрикційного зміцнення.

У 80-90-х роках минулого століття на кафедрі технології машинобудування та металорізальних верстатів НТУ“ХП” під керівництвом Сизого Ю.А. здійснені дослідження

фрикційної розрізки, що значно розширили розуміння фізики процесу і дозволили збільшити її продуктивність і, що особливо важливо, якість. Проте важливі недоліки, такі як високі енерговитрати та рівень шуму, що стримують практичне застосування фрикційної розрізки, залишилися і потребують подальших досліджень.

Виконаний аналіз досліджень по фрикційній розрізці і процесам, близьким до неї, показує, що дана операція механічної обробки у ряді випадків конкретного застосування, зокрема, при розрізці круглій обертової заготовки тонким сталевим диском недостатньо вивчена, хоча вона має очевидні переваги перед іншими способами розрізки через свою простоту, низьку вартість інструмента, та суттєве зменшення вище вказаних недоліків цього способу розрізки. На підставі проведеного аналізу були визначені мета і задачі дослідження.

Другий розділ присвячено теоретичним дослідженням теплофізики фрикційної розрізки. Велика увага до цих досліджень зумовнена тим, що сама можливість здійснення розрізки гладким сталевим диском з'являється тільки завдяки великій тепловій напрузі процесу. Дослідження зосереджені на температурних полях у заготовці та диску, а також на вирішенні задачі теплового балансу.

Теоретичні рішення задач теплопровідності виконані для схеми різання, яка імітує розрізку з обертанням круглій заготовки прорізкою канавки у пластині, як показано на рис. 1. Така схема різання дуже схожа на плоске шліфування, теплофізика якого глибоко досліджена в роботах Сіпайлова В.А., Якімова А.В., Євсєєва Д.Г. і інші. Її використано

Рис. 1 Моделювання розрізки труби з її обертанням – прорізкою канавки у пластині

для рішення задач теплопровідності у товстостінній трубі. Опис температурного поля виконано для двох видів форми джерела тепла: плоского, як у шліфуванні, і похилого, який розташований під кутом α до напрямку його руху, як показано на рис. 2. Для останнього випадку з трикутним розподілом інтенсивності теплового потоку отримано наступний опис температурного поля:

$$T_{n.d.n.} = \frac{q}{4\pi\lambda} \int_0^L \int_0^\tau \frac{1}{\tau-t} \exp \left\{ - \frac{[x-x_u + V(\tau-t)\cos\alpha]^2 + V^2(\tau-t)^2\sin^2\alpha}{4a(\tau-t)} \right\} \times \\ \times \frac{x_u}{L} \left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{z+z_1}{\sqrt{4a(\tau-t)}} \right] - \operatorname{erf} \left[\frac{z-z_1}{\sqrt{4a(\tau-t)}} \right] \right\} dt dx_u, \quad (1)$$

де q – інтенсивність теплового потоку; λ – коефіцієнт теплопровідності; a – коефіцієнт температуропровідності; x_u, y_u – координати джерела тепла; z_1 – півтовщина диска; t – час; τ – час спостереження за температурним полем.

Рис. 2 Схема до задачі теплопровідності з похилим джерелом тепла

Якщо джерело тепла рухається не на поверхні заготовки, як показано на рис.2, а на відстані від неї, для урахування адіабатичності поверхні заготовки додано ще фіктивне джерело тепла, симетричне реальному відносно поверхні заготовки. Крім цього, для спрощення опису температурних полів отримані рішення з швидкорухомим джерелом тепла. Показано, що поняття швидкорухомого джерела тепла можливо використовувати, коли критерій Пекле буде більше 30. Аналіз теоретичних рішень дозволив

довести, що час досягнення встановленого температурного поля дорівнює величині більше $1,5 \cdot L/V$. Встановлено також, що адіабатичність поверхні заготовки нема потреби враховувати, якщо джерело тепла знаходиться на відстані від поверхні заготовки більш, ніж 0,15см. Встановлена також

залежність величини і форми розподілу температури по ширині джерела тепла з рівномірним розподілом його інтенсивності. Для вузького джерела тепла, що відповідає фрикційній розрізці тонким диском, температура у джерелі тепла не змінюється по ширині, а при широкому джерелі вона майже у два рази більше у середині джерела, ніж на його кромках.

Рис. 3 Схема до рішення задачі опису температурного поля у тонкостінній трубці

Для опису температурного поля при розрізці тонкостінної труби використовувалась схема, що показана на рис.3. Встановлено рівняння цього опису:

$$T_{пл.д} = \frac{q\sqrt{a}}{2\lambda\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \frac{\exp\left[\frac{-y+S\sqrt{\tau-t}}{4a\sqrt{\tau-t}}\right]}{\sqrt{\tau-t}} \left[\operatorname{erf}\left(\frac{z+zL}{\sqrt{4a\sqrt{\tau-t}}}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{z-zL}{\sqrt{4a\sqrt{\tau-t}}}\right) \right] dt. \quad (2)$$

Завдяки використанню похилого джерела тепла вдалося теоретично вирішити задачу розподілу тепла між стружкою і заготовкою, що розрізається. Встановлено, що вона залежить від глибини різання k , швидкості подачі – S . Збільшення як k , так і S веде до зростання долі тепла, яке переходить у стружку. Для опису температурного поля у фрикційному диску використовувалось відоме рішення, з програмуванням меж інтегрування для розрахунків на ЕОМ в пакеті “Mathcad”. Подальше рішення повного теплового балансу, яке виконано у четвертому розділі, дозволило отримати не тільки якісний, а і кількісний аналіз залежності температури диску від його охолодження. На рис. 4 показана залежність температури периферії диска від інтенсивності охолодження (коэф. температуровіддачі g) і тривалості різання (кількості n обертів диска) для

слідуючих умов розрізки: швидкість різання - 100м/с; зусилля різання - 35,8Н; радіус диска - 17см; товщина диска - 1мм; коефіцієнт температуропровідності матеріалу диска - 0,08см²/с; коефіцієнт теплопровідності - 0,4Дж/см·с·град; глибина різання - 0,23см; швидкість подачі - 0,4см/с.

З графіків рис. 4 видно, що після числа обертів диска $n > 300$ максимальна температура його периферії встановлюється незмінною, а без охолодження вона весь час зростає.

Третій розділ

присвячено теоретичному рішенню задачі сталості фрикційного диска.

що

Відомо, одним із шляхів зменшення

Рис. 4 Залежність максимальної температури диска від кількості його обертів енергоспоживання фрикційної розрізки, напевно, є зменшення площі контакту диска з заготовкою. У зв'язку з цим розрізку треба вести якомога тонким диском. Але критичне навантаження $P_{кр}$ плоского диска з умов його сталості, що встановлено раніш виконаними дослідженнями, пропорційна кубу товщини h диска.

Таким чином, товщина h диска є обмеженням навантаження на диск, тобто обмеженням режимів різання. Також з раніш виконаних досліджень відомо, що сталість конічного диска в порівнянні з плоским значно вище, якщо напрямок подачі диска на заготовку, що розрізається, проходить через центри ваги площин перетинів диска, перпендикулярних цьому напрямку. Проте для грамотного керування процесом фрикційної розрізки конічним диском необхідно вміти визначати критичне навантаження на нього з умови сталості.

Тому у третьому розділі послідовно вирішуються наступні задачі: розрахунок координат перетинів конічного диска площиною, що перпендикулярна напрямку подачі; розрахунок моментів інерції цих перетинів щодо вісі, яка проходить через їх центри ваги; розрахунок критичного навантаження методом Рітца; порівняння результатів теоретичного розрахунку сталості для плоских і конічних дисків.

Встановлено, що перетин конічного диска з $\varphi \leq 10^\circ$ (рис. 5) площиною, що перпендикулярна напрямку подачі, приблизно співпадає з гіперболою. Використовуючи рівняння гіперболи та координати центра ваги, знайдені формули розрахунку координат (Y_u, X_c) центрів ваги перетинів конуса:

Рис. 5 Схема розрізки труби конічним диском

$$Y_u = \frac{\int_0^{x_c} a \cdot \sqrt{b^2(b^2 + x^2) + a^2 \cdot x^2} \cdot dx}{\int_0^{x_c} b \cdot \sqrt{\frac{b^2(b^2 + x^2) + a^2 \cdot x^2}{b^2 + x^2}} \cdot dx}, \text{ де } X_c = \frac{\sqrt{C \cdot (2R \cdot \cos \varphi - C)}}{\cos \varphi};$$

$$a = \operatorname{tg} \varphi \cdot \left(\frac{R}{\cos \varphi} - C \right) \quad b = \left(\frac{R}{\cos \varphi} - C \right) \cdot \sqrt{\frac{2R \cdot \cos \varphi - C}{2R \cos \varphi - C \cos^2 \varphi}}.$$

Розрахунок значень Y_u , а також моментів інерції перетинів I_x для $R=75\text{мм}$ виконувався із застосуванням чисельного інтегрування в пакеті "Matchcad". Результати розрахунків наведені в табл. 1.

Відповідно таблиці 1 встановлено кут ψ напрямку найбільшої сталості конічного диска

$$\psi = 0,34 \cdot \varphi. \quad (3)$$

Залежності $I_x(C)$ апроксимовані параболою для $\varphi = 5^\circ$

$$I_x = 0.0647 \cdot c^2 - 3.191 \cdot c + 37.94; \quad (4)$$

для $\varphi = 10^\circ$

$$I_x = 0.322 \cdot c^2 - 12.85 \cdot c + 128.16. \quad (5)$$

Таблиця 1. Результати розрахунків моментів інерції та кута навантаження

φ°	R, мм	C, мм	X_c , мм	Y_u , мм	$\Psi^0 = \arctg \frac{\Delta Y_u}{c}$	Ψ_{cp}^θ	$\frac{\Psi_{cp}}{\varphi}$	I_x , кг·м ²
5 ⁰	74,7	5	26,9	6,265	1,689	1,726	0,34	5,3891
		10	37,4	5,9844	1,715			11,491
		20	50,9	5,4299	1,773			37,935
10 ⁰	73,9	5	26,9	12,64	3,404	3,478	0,347	8,2915
		10	37,4	12,065	3,456			27,7536
		20	50,9	10,947	3,575			128,161

Задача сталості конічного диска зведена до рішення її для заземленого стержня з вільним кінцем і перемінним моментом інерції I_x вздовж стержня.

Така задача вирішена варіаційним методом Рітца. Критичне зусилля подачі

$$P_{кр.к} = \frac{4l^3}{3 \int_0^l \frac{l^2 - x^2}{E \cdot I_x} dx}, \quad (6)$$

де E – модуль пружності; I_x – відповідно (4) і (5) з зміною C на X .

Для розрахунку критичного навантаження плоского диску $P_{кр.л}$ застосовується також (6), для якої $I_x = \frac{h^3}{6} \sqrt{2R(l-x) - (l-x)^2}$.

Порівняння результатів $P_{кр.к}$ з $P_{кр.л}$ дозволили встановити, що для конічних дисків з $\varphi = 5^\circ$ — $P_{кр.к} / P_{кр.л} \approx 2,15$, а з $\varphi = 10^\circ$ — $P_{кр.к} / P_{кр.л} \approx 5$. Таким чином, навіть невелика конусність значно збільшує сталість фрикційного диска.

Ці відношення співпадають з експериментальними порівняннями сталості конічного і плоского дисків, що виконано раніше і підтверджує достовірність(6).

В той самий час абсолютні значення $P_{кр.к}$ і $P_{кр.л}$ відповідно (6) дуже великі і значно перевищували їх значення, встановлені у подальших експериментах при розрізці. Така розбіжність пояснюється різницею теоретичної моделі з реальним диском, який має відхилення від правильної геометричної форми плоского або конічного диска. Диск завжди має торцеве биття і тому зусилля подачі прикладено ексцентрично, що значно зменшує критичне навантаження.

Спосіб розрізки конічним диском з використанням (3) захищено деклараційним патентом України 31300А від 15.12.2000р. Бюл. №7-11.

Четвертий розділ присвячено експериментальним дослідженням фрикційної розрізки.

Досягнення мети роботи – оптимізації технологічного процесу фрикційної розрізки потребує вибору параметра оптимізації. Найбільш універсальними параметрами оптимізації є техніко-економічні показники процесу. В роботі параметром оптимізації обрана питома технологічна собівартість C_u , яка враховує витрати на електроенергію і заробітну плату на одиницю

площі розрізки. Таким чином, оптимальні умови реалізації процесу відповідають мінімуму C_y . При розрізці з незмінною швидкістю подачі диска на заготовку:

$$C_{y\partial} = \frac{P_z \cdot V}{36 \cdot S \cdot S_o} \cdot C_e + C_z, \text{ коп/см}^2, \quad (7)$$

де P_z – тангенціальна складова сили різання, Н; V – швидкість різання, м/с; S – поздовжня подача, мм/хвл; S_o – кругова подача, об/хвл; C_e – ціна кВт-години електроенергії; C_z – заробітна плата, коп/год.

Для розрахунку по (7) експериментально знаходились значення P_z в залежності від режимів різання V, S, S_o .

Експериментальні дослідження виконувались на модернізованому круглошліфувальному верстаті 3Б153У50. Ця модернізація полягала в збільшенні крутячого моменту та зменшенні обертів шпинделя передньої бабки шляхом введення черв'ячного редуктора в її кінематичний ланцюг. Також було застосовано гідродвигун для привода подачі шліфувальної бабки з безступінчатим регулюванням швидкості, для чого була використана гідропанель приводу стола верстата. Така модернізація дозволила моделювати розрізку круглої заготовки прорізкою канавки у пластині. Необхідність такого моделювання пов'язана з методикою вимірювання температури розрізки.

Зразки для розрізки виконувались збірними з трьох частин, як показано на рис. 6. Між двох

частин встановлювалась пластина, бокові поверхні якої покриті гальванічно плівкою олова товщиною 1 – 2 мкм. Відомо, що таке покриття при нагріві олова вище 150°C з матового стає блискучим, а тому ізотерма у 150°C добре видна та може бути заміряна її відстань від дна

Рис. 6 Зразок для експериментальних досліджень

канавки по координаті Y_1 (див. рис. 6). Ця величина Y_1 може бути перерахована у координату Y . Відстань Y_1 - максимальне значення глибини якої досягла температура у 150°C . Тому, якщо вираз (2) записати як $T_{n.\partial.n.} = q \cdot F(x)$, підставити $T_{n.\partial.n.} = 150^{\circ}\text{C}$, знайти максимум функції $F(x)$, то можливо розрахувати $q = \frac{150}{\max F(x)}$. Знання q дає можливість розраховувати по (2) температуру

для будь-яких координат X, Y .

Сила різання P_z визначалась по току робочого ходу двигуна привода обертання шпинделя з фрикційним диском. Вона фіксувалась самописцем і амперметром.

Для перевірки достовірності опису (2) температурного поля були отримані координати кількох точок на ізотермі у 150°C , і для кожної точки було виконано розрахунок q . Встановлено, що усі значення q незначно відрізняються одне від одного. Після підстановки середнього значення q у (2), отримано температурне поле, у якому ізотерма у 150°C дуже добре співпадає з її експериментальним визначенням. Таким чином, (2) достовірно описує температурне поле у заготовці. Похибка не перевищує 2%.

На початку експериментальних досліджень було встановлено оптимальну товщину h диска. Досліджувалась розрізка дисками товщиною 0,5мм, 1мм, і 1,4мм по значенню S_u . Встановлено, що оптимальне значення h , по значенню S_u , дорівнює 1мм.

Дослідження P_z і температур розрізки в залежності від режимів різання виконувались з використанням математичної теорії планування першого порядку. Встановлено незначний вплив швидкості різання у діапазоні 50...100м/с на S_u . Отож прийнята як оптимальна швидкість $V=100\text{м/с}$, тому що при цій швидкості зусилля різання P_z менше ніж при 50м/с, як слід, можливо різати з більшим зусиллям, тобто з більшою продуктивністю.

У тому ж четвертому розділі були виконані дослідження повного теплового балансу. Прийнято, що уся енергія різання перетворюється у тепло, і вона розраховується через зусилля різання P_z і швидкість різання. Вище описано визначення тепла, яке переходить у заготовку і стружку, і тому є можливість визначення теплового потоку у диск. Розподіл теплового потоку між заготовкою і стружкою встановлюється теоретично і таким чином вирішується задача повного теплового балансу.

Результати експерименту і розрахунків дозволили одержати рівняння у вигляді неповних поліномів другого ступеню, залежностей часток тепла, які переходять у диск Q_d , заготовку Q_p , стружку Q_c , від режимів різання V , S і k . Встановлено, що $Q_d=0,49...0,672$; $Q_c=0,01...0,23$; $Q_p=0,318...0,539$. Таким чином, найбільша частка тепла йде у диск. Встановлено, що зростання k зменшує кількість тепла, яке переходить у диск, і зростання тепла, яке іде у стружку, тобто має сприятливий вплив на стійкість диску і енергоємність процесу. Інші режимні параметри V та S мають неоднозначний вплив на тепловий баланс.

У п'ятому розділі виконано окремо оптимізацію розрізки товсто – і тонкостінних круглих сталевих труб, що зумовлено різним описом температурних полів у цих трубах. Крім того, встановлено доцільність розрізки тонких труб, на відміну розрізки товстостінних, виконувати з постійною силою подачі, дорівнюючої критичному навантаженню на диск з умов його сталості.

Оскільки оптимальні значення товщини диска та швидкості різання встановлені ($h=1\text{мм}$, $V=100\text{м/с}$), то виконувався спрямований вибір оптимальних значень тільки швидкості обертання труби S і подачі на оберт труби $S_o = k$, де k – глибина різання. Критерій оптимізації S_{ud} (7).

Досягнення мінімуму $C_{уд}$ обмежується нагрівом диска не вище 400°C . Це пояснюється тим, що такий нагрів не зменшує границю міцності та текучості матеріала диска порівняно з 0°C , тобто не зменшує його стійкості. Крім цього режими розрізки обмежуються критичним навантаженням диска $P_{кр}$ з умов його сталості. Експериментальні значення сили різання $P_z(S, k)$ і частки тепла, яка переходить у диск $Q_{1d}(S, k)$, були одержані при прорізці канавки в пластині, що моделює розрізку труби. Ці залежності використовувались для оптимізації розрізки труб різного діаметра, товщини стінки та діаметра фрикційного диска.

Алгоритм спрямованого вибору оптимальних значень S і k для товстостінних труб показано на рис. 7. Згідно з ним на початку визначається допустиме значення сили різання P_{zd} корекцією встановленого її значення для диска з $D=340$ мм і $l=10$ мм. Потім з формули $P_z(S, k)$ визначається

$k(S)$ і з рівняння $\frac{dC_{уд}}{dS} = 0$ знаходиться S , а потім з $k(S)$ знаходиться k . Ці значення S і k – оптимальні

з умов сталості диска.

Відомі залежності $P_z(S, k)$, $Q_{1d}(S, k)$ дозволяють розрахувати максимальну температуру диска. Якщо вона $< 400^{\circ}\text{C}$, то знайдені значення S і k оптимальні, інакше треба зменшувати S і k . Для цього залежність $T_{max}(S, k)$ описується поліномом другого ступеню в межах знайдених значень S і k з умов сталості. Одержавши з цього опису графік лінії рівного відгуку у 400°C , виконавши перебір координат точок S і k на цьому графіку, вибираємо з них таке сполучення, яке забезпечує $\min C_{уд}$.

Відповідно до цього алгоритму одержані оптимальні значення S і k для широкого діапазону діаметрів труб, товщин стінки їх і діаметрів диска, що дозволяє використовувати їх на практиці.

При розрізці тонкостінних труб оптимізується тільки значення S , тому що розрізка таких труб ($b \leq 3$ мм) з постійним граничним зусиллям з умов сталості диска, в основному, виконується з постійним значенням $k=b$.

Експериментально моделюванням розрізки труби розрізкою пластини встановлені рівняння $P_z(S)$, і $Q_{1d}(S)$, які у подальшому використовувались для оптимізації S при розрізці труб.

При розрахунку T_{max} враховувались діаметр та товщина стінки труби через дугу контакту і, як наслідок, через час контакту та оберту. По-перше, також як і для товстостінних труб, встановлювалось значення S , допустиме зусиллям різання P_{zd} з умов сталості диска. Потім воно перевіряється на не перевищення температури диска $T_{max}=400^{\circ}\text{C}$. Оптимальні значення S для різних труб, фрикційних дисків та умов охолодження їх зведені у табл. 2.

Рис. 7. Алгоритм спрямованого вибору оптимальних значень S і k для товстостінних труб.

Таблиця 2. Оптимальні значення S для різних діаметрів труб, фрикційних дисків та умов охолодження

Діаметр диска D , мм	Окружна швидкість труби S , мм								
	Основний час $T_{осн}$, с								
	b – товщина стінки, мм								
	1			2			3		
	Діаметр труби d , мм			Діаметр труби d , мм			Діаметр труби d , мм		
	50	100	150	50	100	150	50	100	150
	При охолодженні воздухом ($g=0.75$)								
500	32	26	24	24	19	16	19	14	12
	7	14	22	9,5	26	32	12	26	43
300	27	22	20	18	14	12	13	10	8
	7,5	16	25	12	25	42	16	35	63
При охолодженні МОР на водній підставі ($g=6$)									
500	38	32	30	34	28	25	31	26	21
	6	12	18	7,5	14	22	9	16	26
300	37	32	30	31	25	23	26	21	18
	6	12	18	8	16	23,5	10	19	30

Оптимізація параметрів S і k дозволила встановити, що зусилля подачі є обмеженням режимів різання для труб з товщиною стінки $b \geq 8$ мм, а в усіх інших випадках обмеженням S і k є температура периферії диска.

Встановлено, що рівень шуму при знайдених оптимальних режимах розрізки дорівнює $95 \div 98$ дБа, і тому вона може використовуватись на підприємствах машинобудування з індивідуальними засобами захисту. Встановлено також, що продуктивність фрикційної розрізки тонкостінних труб з їх обертанням і охолодженням рідиною вище продуктивності розрізки токарними різцями і абразивно-відрізними кругами у $1,5 \div 1,8$ раза.

Розрізка тонкостінних труб введена на заводі ВАТ “Потенціал” при виготовленні заглибних електродвигунів для глибинного буріння. Досягнуто економічний ефект у розмірі 60380 грн. на рік завдяки більшій продуктивності та менших витрат на інструмент.

ВИСНОВКИ

У роботі вирішено науково-практичну задачу оптимізації технологічного процесу фрикційної розрізки з обертанням круглої заготовки, що забезпечує високу стійкість та сталість фрикційного диска при достатньо високому рівні продуктивності.

У ході проведеного дослідження одержані такі результати:

1. Встановлено теоретичні рівняння описи температурних полів заготовки, адекватність яких підтверджена експериментами, а також частки розподілу тепла між стружкою і заготовкою, аналіз

яких показує, що для підвищення ефективності процесу його необхідно виконувати при великій швидкості подачі і глибині різання.

2. На підставі експериментально-аналітичних досліджень розподілу тепла між стружкою, заготовкою і диском встановлена інтенсивність теплового потоку у фрикційний диск, що дозволяє вести розрахунки його нагріву, який обмежує продуктивність розрізки.

3. Здійснено теоретичний опис сталості фрикційного диска, що дозволило встановити рівень підвищення критичного навантаження конічного диска над плоским і запропонувати нову структуру операції фрикційної розрізки.

4. Виконано оптимізацію фрикційної розрізки товстостінних труб з обертанням на підставі параметра оптимізації – питомої собівартості розрізки з обмеженням температурою нагріву диска до 400°C і його сталістю. Встановлено оптимальні значення швидкості обертання S труби та подачі на оберт $S_0=k$ спрямованим перебором їх значень для широкого діапазону діаметрів та товщин стінок труб, а також діаметрів фрикційного диска.

5. Виконано оптимізацію фрикційної розрізки тонкостінних труб з обертанням. Доведено, що оптимальною схемою розрізки є її виконання з постійним зусиллям подачі, а також знайдено оптимальні значення швидкості обертання S труб, які обмежуються нагрівом диска для широкої номенклатури труб та дисків.

6. Впровадження фрикційної розрізки на ВАТ завод “Потенціал” (м. Харків) дозволило підвищити продуктивність розрізки в 1,5 рази та знизити витрати на інструмент і одержати річний економічний ефект у розмірі 60380 грн.

Список опублікованих праць за темою дисертації:

1. Кулик Г.Г., Бондаренко И.Д. Расчет параметров процесса фрикционной разрезки с вращением заготовки // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ, 1999. Вып. 30. С.41-44.

Здобувачем виявлені залежності розрахунку силових параметрів процесу фрикційної розрізки з обертанням заготовки.

2. Сизый Ю.А., Положий П.С., Кулик Г.Г. Устойчивость конического фрикционного диска. // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ, 1999. Выпуск 43. С.3-9.

Здобувач розробив методику і виконав експерименти по встановленню напрямку, прикладення сили, який забезпечує максимальну сталість фрикційного диску.

3. Сизый Ю.А., Кулик Г.Г. Расчет устойчивости конического диска-инструмента фрикционной разрезки // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ, 1999. Выпуск 59. С.59-63.

Здобувачем розроблена методика и виконано розрахунок моментів інерції перетинів конічного диску.

4. Сизый Ю.А., Кулик Г.Г., Чебителько И.С. Температурное поле в детали при обработке трением // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ, 2000. Выпуск 78. С.41-45.

Здобувач виконав розрахунок товщини зріза вздовж дуги контакту диска тертя з поверхнею заготовки і встановив вид цієї залежності.

5. Сизый Ю.А., Кулик Г.Г., Чебителько И.С. Распределение тепла между стружкой и заготовкой при обработке трением // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ, 2000. Выпуск 82. С.40-42.

Здобувачем виконано розрахунок температури у різних місцях вздовж дуги контакту.

6. Сизый Ю.А., Кулик Г.Г., Положий П.С. Силы резания и тепловой баланс при обработке трением плоской поверхности // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ, 2000. Вып. 119. С.23-25.

Здобувач виконав експерименти по обробці плоских поверхонь з різних матеріалів та виконав розрахунок кількісного розподілу тепла між стружкою, диском та заготовкою.

7. Сизый Ю.А., Кулик Г.Г., Чебителько И. Прогнозирование температурного цикла в поверхностном слое детали после обработки трением //Авиационно-космическая техника и технологии. Труды государственного аэрокосмического университета имени Н.Е. Жуковского “ХАИ”. - Харьков: НАКУ“ХАИ”, 2000. Вып.14. С. 234-237

Здобувач виконав розрахунки теплових полів у поверхні заготовки при обробці тертям.

8. Сизый Ю.А., Кулик Г.Г., Хижнякова Н.А. Распределение тепла между стружкой и деталью при фрикционной разрезке // Труды Одесского политехнического университета. - Одесса: ОдПИ. - 2001.- Вып.5. - С.221-226.

Здобувач розробив алгоритм и програму розрахунку часток тепла, які переходять у стружку та деталь.

9. Сизый Ю.А., Кулик Г.Г. Описание и анализ температурного поля при фрикционной разрезке в заготовке с её вращением // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. - Харків: НТУ“ХПІ”. 2002. - Вип.3. - С.131-141.

Здобувач виконав програмування розрахунків температури заготовки, а також аналіз впливу ширини джерела тепла і його відстані від поверхні заготовки на температуру контакту.

10. Кулик Г.Г. Экспериментальные исследования энергосиловых параметров фрикционной разрезки с вращением заготовки // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Харків: ХДТУСГ. - 2002р. Вип. 10. С.208-214.

11. Сизий Ю.А, Кулик Г.Г. Ідентифікація температурного поля в заготівці при фрикційній розрізці // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. - Харків: НТУ“ХПІ”. - 2002. - Вип.19. - С.95-99.

Здобувач виконав експеримент з вимірюванням температури різання за межою поверхні контакту фрикційного диска і заготовки. Розрахував інтенсивність теплового потоку у заготівку.

12. Сизий Ю.А., Кулик Г.Г. Нагрев диска-инструмента фрикционной разрезки // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. - Харків: НТУ“ХПІ” – 2002. - Вип.19. - С.95-99.

Здобувач виконав програмування розрахунків максимальної температури периферії диску за кожний його оберт. Встановив залежність її від виду охолодження диску.

13. Сизий Ю.А, Кулик Г.Г. Влияние толщины фрикционного диска на показатели процесса фрикционной разрезки с вращением заготовки // Високі технології в машинобудуванні. Харків: НТУ “ХПІ”. - 2003. Вип.2 - С.109-114.

Здобувач виконав експериментальні дослідження з вимірюванням сили різання і виконав аналіз результатів.

14. Сизий Ю.А, Кулик Г.Г. Оптимизация условий фрикционной разрезки толстостенных труб с их вращением // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. - Харків: НТУ“ХПІ” – 2003. -Вип.16.-С.65-73.

Здобувач виконав експеримент по моделюванню розрізки з обертанням заготовки розрізкою пластини и одержані результати були порівняні з експериментами на реальній круглій трубі.

15. Сизий Ю.А, Кулик Г.Г. Оптимизация процесса фрикционной разрезки тонкостенных труб с их вращением. // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. – Харків: ХДТУСГ - 2004. -Вип. 26. - С. 71-77.

Здобувач виконав експерименти, на підставі яких одержав рівняння залежності температури, сили різання та собівартості обробки від режимів розрізки. Виконав розрахунок оптимальних умов розрізки.

16. Сизий Ю.А., Кулик Г.Г. Спосіб розрізки холодних металевих заготовок. // Деклараційний патент на винахід 31300А. Заявлено 31.07.1998р. Опубліковано 15.12.2000р. Бюл. №7-11.

Здобувач запропонував формулу зв'язку між кутом конуса і кутом напрямку подачі кінцевого диска на заготівку.

17. Сизый Ю.А., Тимофеев Ю.В., Кулик Г.Г. Структуры и параметры технологической системы фрикционной разрезки // Труды 5-й международной научно-технической конференции “Современные технологии, экономика и технология в промышленности, на транспорте и в сельском хозяйстве” Алуста: УАБС. 1998. – С.14-19.

Здобувач виконав аналіз структур технологічних систем фрикційної розрізки та зробив висновки що до їх оптимального використання.

18. Сизый Ю.А., Погребной В.П., Кулик Г.Г. Свойства поверхности и её нагрев при термофрикционной обработке // Вісник Інженерної академії України. – Київ: 2000 . Спец. випуск. С. 42-46.

Здобувачем виконані експерименти по термофрикційній обробці поверхні, проаналізував зв'язок температури з структурними перетвореннями у поверхневому шару.

19. Кулик Г.Г., Сизый Ю.А. Тепловой баланс процесса фрикционной разрезки // Труды 6^{ой} международной научно-технической конференции "Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве" Харьков. - 2002. С. 27-31.

Здобувач виконав експерименти по встановленню сил різання та розрахунки теплового балансу.

20. Сизый Ю.А, Кулик Г.Г. Температурное поле в тонкостенной трубе при фрикционной разрезке с её вращением // Труды 8-й международной научно-технической конференции "Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве" 9-10 декабря 2003г. Харьков: ХНПК "ФЭД". 2003. - С.80-83.

Здобувачем запропонована геометрія розрахункової моделі.

АНОТАЦІЇ

Кулик Г.Г. Оптимізація технології фрикційної розрізки круглих труб з обертанням. – *Рукопис*.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування. – Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків 2005.

Дисертацію присвячено оптимізації технологічного процесу фрикційної розрізки круглих сталевих труб з обертанням. Розрізка з обертанням труби дозволяє використовувати фрикційний диск, який виступає з фланців для його кріплення на величину трохи більшу за товщину стінки труби. Малий виступ диска з фланців дозволив використовувати при розрізці диски товщиною 1 мм і разом з тим - знизити шум до припустимого щодо санітарних норм. Оптиміальні технологічні параметри розрізки знайдені з умов мінімуму питомої технологічної собівартості з обмеженням максимальної температури нагріву периферії диска і його сталості. Для цього теоретично і

експериментально вивчена теплофізика процесу: температурні поля у заготовці та диску, розподіл тепла між стружкою і заготовкою, тепловий баланс процесу, підтверджена достовірність опису температурних полів у заготовці експериментально. Також виконано теоретичний опис сталості конічного диска і на його підставі запропоновано нову структуру технологічного процесу розрізки. Доведено, що оптимальні умови розрізки товстостінних труб обмежуються сталістю диска, а тонкостінних - нагрівом диска.

Ключові слова: фрикційна розрізка, тепловий баланс, сталість диска, конічний диск, питома технологічна собівартість, оптимізація технології.

Кулик Г.Г. Оптимизация технологии фрикционной разрезки круглых труб с вращением.

–Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – технология машиностроения. – Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, Харьков, 2004.

Диссертация посвящена оптимизации фрикционной разрезки круглых стальных труб с вращением.

Вращение круглой трубы при ее разрезке позволяет работать фрикционным диском, выступающим из крепежных фланцев на величину немногим большую толщины стенки трубы. Такое небольшое выступание диска из фланцев обеспечивает его высокую устойчивость от деформаций под действием силы резания. Поэтому можно применять при разрезке тонкие диски (порядка 1 мм), что снижает энергоемкость процесса. Вторым преимуществом малого выступания диска из фланцев является малая амплитуда его колебаний при разрезке, что значительно снижает шум по сравнению с разрезкой неподвижной трубы и позволяет вести операцию разрезки в промышленности, не превышая санитарных норм на шум.

Оптимизация процесса производилась из условия минимума удельной технологической себестоимости разрезки. Установлено, что минимум себестоимости близок к максимуму производительности, которая ограничивается нагревом диска и его устойчивостью. Принято, что предельная температура нагрева периферии диска не должна превышать 400°C . При такой температуре предел прочности и текучести углеродистых сталей примерно равен их значениям при 0°C . Таким образом, нагрев диска до 400°C не снижает его стойкость. Для ограничения условий разрезки нагревом диска необходимо было решить задачу описания температурного поля в нем.

Основная сложность решения этой задачи состояла в определении интенсивности теплового потока в диск.

Эта задача решена на основе определения полного теплового баланса резки. В свою очередь, задача теплового баланса решена на основе оригинального описания температурного поля в заготовке; теоретического решения распределения тепла между стружкой и заготовкой и экспериментального определения всего тепла, выделяемого в зоне контакта.

Достигнутая возможность экспериментально-аналитического определения интенсивности теплового потока в диск позволила, используя известное решение для его температурного поля, количественно исследовать его. Установлено, что при отсутствии охлаждения диска максимальная температура его периферии не достигает установившегося значения, а при любом виде охлаждения (воздухом, поливом жидкостью) или после примерно 300 оборотов диска устанавливается неизменной.

Вторым ограничивающим фактором повышения эффективности резки является устойчивость диска, т.е. его деформация под действием силы резания. Известно, что конические диски обладают большей устойчивостью по сравнению с плоскими. Задача определения критической нагрузки для конического диска теоретически решена вариационным методом Ритца-Тимошенко. Этому решению предшествовало определение направления вектора силы резания, при котором обеспечивается максимальная устойчивость. На основе этого решения предложена оригинальная структура технологической операции фрикционной резки, на которую получен декларационный патент.

Теоретические и экспериментальные исследования позволили установить оптимальные значения технологических параметров резки круглых труб. Для толстостенных труб ограничением режимов резания является устойчивость диска, а для тонкостенных труб – скорость вращения трубы.

Установлено, что резка тонкостенных труб при оптимальных условиях резки с охлаждением диска обеспечивает производительность в 1,5-1,8 раза более высокую, чем резка токарными резцами и абразивными кругами. Внедрение фрикционной резки круглых тонкостенных труб для электродвигателей погружных насосов, выпускаемых заводом “Потенциал”, позволило за счет повышения производительности и уменьшения затрат на инструмент получить годовой экономический эффект в размере 60380 грн.

Ключевые слова: фрикционная резка, круглая труба, тепловой баланс, устойчивость диска, удельная технологическая себестоимость, оптимизация технологии.

Kulik G.G. Optimization of technology frictional cutteng of round pipes with rotation. - Manuscript.

The dissertation on reception of a scientific degree of the candidate of engineering science behind a speciality 05.02.08 - technology of mechanical engineering. - National technical university "the Kharkov polytechnical institute", Kharkov 2005.

The dissertation is devoted to optimization of technological process frictional cutting-off of round steel pipes with rotation. Cutting-off with rotation of a pipe allows to use a frictional disk, which acts from flanges, for his(its) fastening, on size of thickness of a wall of a pipe. The small bulge out of a disk from flanges allows to use at disks by thickness of 1 mm and at the same time - to lower noise up to admitted by sanitary norms. Optimum technological parameters cutting-off found from conditions of a minimum of the specific technological cost price cutting-off with restriction of maximal temperature of heating of periphery of a disk and its stability. For this purpose theoretically also is experimentally investigated thermal physics of process: temperature fields in blauk and disk, distribution of heat between a chip and blauk, thermal balance of process, the reliability of the description of temperature fields in blauk experimentally is confirmed. The theoretical description of stability of a conic disk and on its basis the offered new structure of technological process friction cutting-off also is executed. Is established, that the optimum conditions cutting-off thick-walled of pipes are limited to stability of a disk, and thin-walled - heating of a disk.

Keywords: frictional cutting-offblauk, temperature field, stability of a disk, conic disk, specific technological cost price, optimization of technology.