

УДК 621.9: 658.5

В.А. Богуславський, к-т техн. наук, проф., Т.Г. Івченко, к-т техн. наук, доц.,  
В.В. Польченко, доц., Король К.О., студ.  
ДВНЗ Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна  
Тел./Факс: +38 (062) 3050104; E-mail: [tm@mech.dgtu.donetsk.ua](mailto:tm@mech.dgtu.donetsk.ua)

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗНИЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ РІЗАННЯ ПІД ЧАС ОБРОБКИ НЕРЖАВІЮЧИХ СТАЛЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ МАСТИЛЬНО-ОХОЛОДЖУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩ

*Виконаний аналіз теплових потоків та температур різання під час чорнового й чистового точіння нержавіючих сталей та обґрунтована необхідність використання мастильно-охолоджуючих технологічних середовищ (МОТС). Визначені коефіцієнти тепловіддачі для різних умов застосування МОТС та обґрунтована ефективність їх використання за критерієм зниження температури різання.*

**Ключові слова:** *точіння, тепловий потік, температура, тепловіддача, мастильно-охолоджуюче середовище.*

### 1. Вступ

В умовах сучасного машинобудування все більш широкого розповсюдження набувають нержавіючі, жароміцні і високоміцні сталі і сплави, низька оброблюваність яких викликає певні труднощі під час їх механічної обробки. Для цих матеріалів особливо актуальні дослідження параметрів процесу різання та визначення раціональних умов його реалізації в виробництві.

Низька теплопровідність і висока міцність важкооброблюваних матеріалів обумовлюють підвищені температури і сили різання, що потребує особливої уваги до пошуку шляхів керування цими параметрами.

В наступний час загальні методи теплофізичного аналізу технологічних систем, в тому складі експериментальні та теоретичні методи визначення теплового стану зони різання достатньо розвинуті [1].

Найбільш ефективним для зниження температур різання вважається застосування під час механічної обробки мастильно-охолоджуючих технологічних середовищ (МОТС) [2]. Однак, незважаючи на наявність великої кількості різноманітної інформації з використання МОТС, необґрунтованим залишається питання кількісної оцінки впливу МОТС на температуру різання.

Результати досліджень, які представлені в роботі [3], складають теоретичні основи розрахунків теплових потоків і температур різання з використанням МОТС під час обробки важкооброблюваних матеріалів. В роботах [4, 5] оцінка можливостей підвищення продуктивності токарної обробки важкооброблюваних матеріалів виконана для обмеженої кількості різновидів та способів подачі МОТС в зону різання. Методика оцінки ефективності використання МОТС потребує кількісної інформації про вплив фізичних властивостей та способів подачі МОТС на температуру різання. Представляє інтерес подальший розвиток досліджень в цьому напрямку для розширеної номенклатури МОТС і різних способах їх подачі в зону різання з обґрунтуванням найкращих умов для зниження температури різання.

Мета роботи – визначення впливу властивостей різних МОТС і способів їх подачі в зону різання на температуру різання під час токарної обробки нержавіючих сталей та оцінка ефективності дії МОТС за критерієм зниження температури.

## 2. Основний зміст і результати роботи

Температура різання розраховується як середня температура на передній і задній поверхнях леза інструменту

$$\Theta = (\Theta_1 l + \Theta_2 h) / (l + h). \quad (1)$$

де  $\Theta_1 = q_1 l M_1 / \lambda_{\text{д}} + q_2 h N_2 / \lambda_{\text{д}}$ ,  $\Theta_2 = q_2 h M_2 / \lambda_{\text{д}} + q_1 l N_1 / \lambda_{\text{д}}$  - середні температури на передній і задній поверхнях леза інструменту;  $q_1$  і  $q_2$  - щільності теплових потоків на передній і задній поверхнях;  $M_{1,2}$ ,  $N_{1,2}$  - безрозмірні функції, що визначають нагрів контактних площадок на передній і задній поверхнях леза;  $l$  - довжина контакту передньої поверхні леза зі стружкою;  $h$  - знос по задній поверхні леза;  $\lambda_{\text{д}}$  - коефіцієнт теплопровідності інструментального матеріалу.

Основні закономірності зміни теплових потоків на передній  $q_1$  і задній  $q_2$  поверхнях леза інструменту та температури різання  $\Theta$  в залежності від швидкості різання для чорнової та чистової токарної обробки сталі Х18Н9Т без використання МОТС, що встановлені на підставі теоретичних досліджень відповідно до методики, викладеної в [3], представлені на рис. 1.

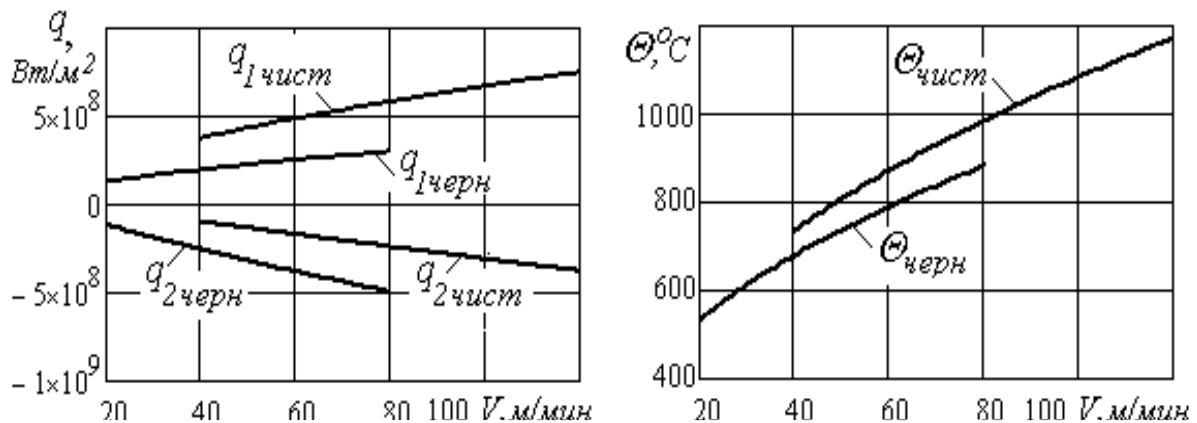


Рис. 1. Графіки залежності щільності теплових потоків на передній  $q_1$  і задній  $q_2$  поверхнях леза інструменту – а) та температури різання  $\Theta$  - б) від швидкості різання

Розрахунки виконувались для обробки твердосплавним інструментом ВК8 с геометричними параметрами: головний кут в плані  $\varphi = 45$ , передній кут  $\gamma = 12^\circ$ , задній кут різця  $\alpha = 7^\circ$ ; знос по задній поверхні  $h = 0,2\text{мм}$ ; для чорнової обробки - глибина  $t = 3\text{мм}$ ; подача  $S = 0,4\text{мм/об}$ ; для чистової - глибина  $t = 1\text{мм}$ ; подача  $S = 0,2\text{мм/об}$ .

Графіки свідчать про те, що для чистової обробки щільності теплових потоків, як на передній  $q_{1\text{чист}}$  так і на задній  $q_{2\text{чист}}$  поверхнях леза інструменту перевищують щільність теплових потоків чорнової обробки  $q_{1\text{черн}}$  і  $q_{2\text{черн}}$ . Це пояснюється тим, що під час чистової обробки, незважаючи на менші сили різання, істотно знижуються площини контакту стружки з передньою і задньою поверхнями леза, внаслідок чого щільність теплових потоків і температури різання  $\Theta$  зростають. В результаті, температури різання  $\Theta$  як для чистової, так і для чорнової обробок, можуть суттєво перевищувати допустимий рівень  $800^\circ\text{C}$ , що потребує вживання СОТС для зниження температур.

Для аналізу впливу МОТС на температуру різання прийняті найбільш розповсюджені в наступний час мастильно – охолоджуючі рідини [2]: -5% розчин емульсолу Аквол-2 (ТУ 38 УССР-201220-79); 5% розчин емульсолу Укрінол-1 (ТУ 38-101197-76) МР-1У (ТУ 38-101731-80).

В наступний час найбільш розповсюджені способи подачі МОТС в зону різання вільним поливом, напірним струменем та розпиленням [2]. Для оцінки впливу МОТС на температуру різання необхідно визначити коефіцієнти тепловіддачі, які характеризують ефективність відведення тепла від інструменту, стружки та деталі в залежності від фізичних властивостей і способу подачі МОТС в зону різання.

Коефіцієнти тепловіддачі для подачі МОТС в зону різання вільним поливом  $\alpha_{\text{полив}}$ , напірним струменем  $\alpha_{\text{напір}}$  та розпиленням  $\alpha_{\text{розп}}$  визначаються як [1]:

$$\alpha_{\text{полив}} = 0,28\lambda w^{0,6} \nu_o^{0,01} \omega_s^{0,25} / l_1^{0,4} \nu_s^{0,25} \omega_s^{0,61}, \quad (2)$$

$$\alpha_{\text{напір}} = 0,021\lambda w^{0,8} \omega_s^{0,25} / l_2^{0,2} \nu_o^{0,12} \nu_s^{0,25} \omega_o^{0,68}, \quad (3)$$

$$\alpha_{\text{розп}} = 1,2K^{2/3} m^2 \left( \frac{\alpha_{\text{нагр}} \alpha_{\text{кип}} [c(\Theta_S - \Theta_H) + r]}{r\alpha_{\text{нагр}} + c\alpha_{\text{кип}} (\Theta_S - \Theta_H)} - \alpha_{\text{нов}} \right) + \alpha_{\text{нов}}, \quad (4)$$

де  $w$  - швидкість потоку;  $\nu$ ,  $\lambda$ ,  $\omega$  - кінематичний коефіцієнт в'язкості, коефіцієнти теплопровідності та температуропровідності середовища;  $l$  - характерний розмір, що при умовах поперечного обтікання тіла рідиною визначається як еквівалентний діаметр із урахуванням розмірів інструмента  $B$  и  $H$ :  $l_1 = BH/2(B+H)$ ; за умов подовжнього обтікання тіла приймається як розмір по напрямку його плину  $l_2 = H$ ;  $c$  - масова теплоємність рідини;  $r$  - теплота паротворення;  $\Theta_S$  - температура поверхні, що охолоджується;  $\Theta_H$  - температура насичення рідини;  $K$  - концентрація рідини в двофазному повітряно-рідинному середовищі;  $m$  - коефіцієнт, що характеризує деформацію краплі рідини при зіткненні з поверхнею ( $m = 6$ );  $\alpha_{\text{нов}} = 3,4w^{0,8}/l_2^{0,2}$  - коефіцієнт тепловіддачі в повітря;  $\alpha_{\text{нагр}}$ ,  $\alpha_{\text{кип}}$  - коефіцієнти тепловіддачі при нагріві краплі до температури насичення та при кипінні.

Результати розрахунків коефіцієнтів тепловіддачі для різних способів подачі МОТС в зону різання наведені на рис. 2.

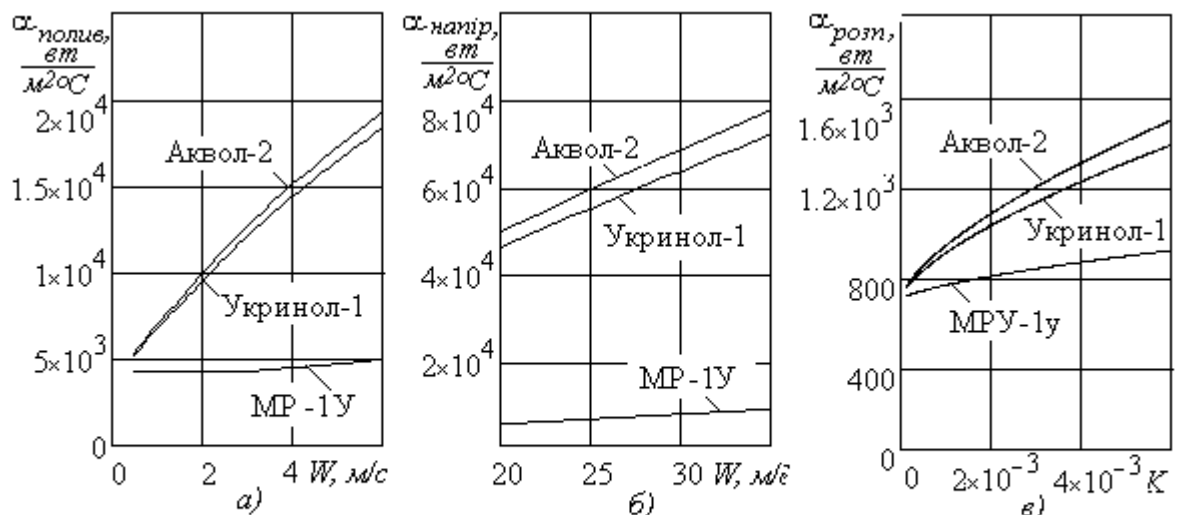


Рис. 2. Графіки залежності коефіцієнта тепловіддачі  $\alpha$  від швидкості подачі рідини  $W$  для подачі різних МОТС вільним поливом – а) та – напірним струменем – б), а також від концентрації рідини  $K$  для подачі МОТС розпиленням

На підставі отриманих результатів встановлено, що найбільш вираженими охолоджуючими властивостями володіє 5% розчин емульсолу Аквол-2, незначно відрізняється за охолоджуючими властивостями 5% розчин емульсолу Укринол-1 та значно меншими - МР-1у з найбільш вираженими змащувальними властивостями і тільки частково охолоджуючими, про що свідчить найменший коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha$ . Найбільший коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha$  має місце при використанні подачі МОТС напірним струменем (до 10 разів більше, ніж при подачі вільним поливом та розпиленням).

Основні закономірності зміни теплових потоків  $q_1$  і  $q_2$  та температури різання  $\Theta$  в залежності від режимів різання для різних умов токарної обробки сталей із застосуванням МОТС, встановлюються на підставі теоретичних досліджень відповідно до методики, викладеної в роботі [3].

В результаті порівняльного аналізу температур різання під час токарної обробки нержавіючої сталі Х18Н9Т без використання МОТС -  $\Theta$  та з її використанням -  $\Theta_{\text{МОТС}}$  визначається коефіцієнт зниження температури різання:  $K_o = \Theta_{\text{МОТС}}/\Theta$ .

Графіки залежності коефіцієнта зниження температури різання  $K_o$  від швидкості  $V$  в умовах обробки сталі Х18Н9Т з використанням різних МОТС та різних способів подачі МОТС в зону різання наведені на рис. 3.

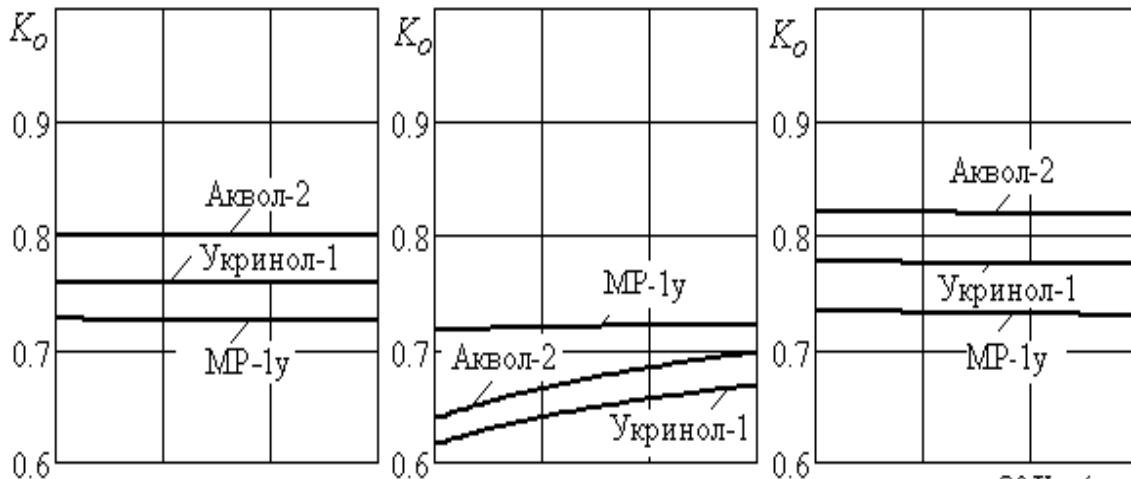


Рис.3. Графіки залежності коефіцієнта зниження температури різання  $K_o$  від швидкості  $V$  під час обробки сталі Х18Н9Т з подачею МОТС вільним поливом - а) напірним струменем - б) та розпиленням - в)

Графіки свідчать, що з ростом швидкості різання коефіцієнти зниження температури змінюються несуттєво. 5% розчин емульсолу Аквол-2, який має найбільш виражені охолоджуючі властивості, поступається 5% розчину емульсолу Укринол-1, який частково володіє змащувальними властивостями і забезпечує більше зниження температури різання. Ці МОТС мають більший ефект зниження температури при використанні струйно – напірного способу подачі МОТС, для якого коефіцієнт тепловіддачі значно вищий, ніж для вільного поливу та розпилення.

Під час обробки з подачею МОТС вільним поливом та розпиленням найбільше зниження температури має місце при застосуванні МР-1у, незважаючи на те, що ця МОТС має найменший коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha$ , однак володіє найбільш вираженими змащувальними властивостями. Під час обробки з подачею МОТС напірним струменем використання МР-1у найменш ефективно. При використанні МР-1у спосіб подачі МОТС майже не впливає на зниження температури.

### 3. Висновки

В результаті порівняльного аналізу можливостей різних МОТС за коефіцієнтом тепловіддачі встановлено, що найбільш вираженими охолоджуючими властивостями володіє 5% розчин емульсолу Аквол-2, незначно від нього відрізняється 5% розчин емульсолу Укрінол-1 та значно меншими - МР-1у. Найбільший коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha$  має місце при використанні подачі МОТС напірним струменем.

Найбільш ефективно зниження температури різання досягається для подачі МОТС напірним струменем при використанні 5% розчину емульсолу Укрінол-1, який має як охолоджуючі, так і змащувальні властивості. Для подачі МОТС вільним поливом та розпиленням найбільше зниження температури різання має місце при застосуванні МР-1у з найбільш вираженими мастильними властивостями.

### Перелік літератури:

1. Резников А.Н. Тепловые процессы в технологических системах / А.Н. Резников, Л.А. Резников Л.А. - М.: Машиностроение, 1990. –288с.
2. Смазочно-охлаждающие технологические средства и их применение при обработке резанием: Справочник / Л.В. Худобин, А.П. Бабичев, Е.М. Булыжев и др.; под общ. ред. Л.В. Худобина. – М.: Машиностроение, 2006. – 544с
3. Ивченко Т.Г. Расчет тепловых потоков и температур резания при точении с использованием смазочно-охлаждающих жидкостей / Т.Г. Ивченко // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Вип.26. – Краматорськ, ДДМА, 2010. - С.90 -96.
4. Богуславский В.А Повышение производительности обработки труднообрабатываемых материалов с применением смазочно-охлаждающих жидкостей / В.А. Богуславский, Т.Г. Ивченко, Зантур Сахби // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Машинобудування і машинознавство. Випуск 7(166). – Донецьк: ДонНТУ, 2010.- С.9-16.
5. Богуславский В.А. Оценка эффективности использования смазочно-охлаждающих технологических сред при точении труднообрабатываемых материалов / В.А. Богуславский, Т.Г. Ивченко, В.В. Польшенко, И.Ю. Зайцева // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. Вып. 34:– Донецк: ДонНТУ, 2012. – С.59-65.

**В.А. Богуславский, Т.Г. Ивченко,  
В.В. Польшенко, К.О. Король**

#### **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СНИЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИ- ЧЕСКИХ СРЕД**

*Выполнен анализ тепловых потоков и температур резания при черновом и чистовом точении нержавеющей сталей и обоснована необходимость использования смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС). Определены коэффициенты теплоотдачи для различных условий применения СОТС и обоснована эффективность их использования по критерию снижения температуры резания.*

**Ключевые слова:** *точение, тепловой поток, температура, теплоотдача, смазочно-охлаждающая среда.*

**V.A. Boguslavskiy, T.G. Ivchenko,  
V.V. Poltchenko, K.O. Korol**

#### **ESTIMATION OF EFFICIENCY OF CUTTING TEMPERATURE DECLINE AT TURNING STAINLESS MATERIALS WITH THE USE OF TECHNOLOGICAL CUTTING FLUID**

*Analyze of thermal streams and cutting temperatures at rough and finish turning stainless materials is executed and the necessity of the use of technological cutting fluid is grounded (TCF). Factors of heat emission for the different terms of application of TCF are certain and efficiency of their use on the criterion of decline of cutting temperature is grounded.*

**Key words:** *turning, thermal stream, temperature, heat emission, cutting fluid*

Поступила в редколлегию \_\_\_\_\_