

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ КОМБІНОВАНОЮ ТОРЦЕВОЮ ФРЕЗОЮ ДЕТАЛЕЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО СПОРЯДЖЕННЯ ЗА КРИТЕРІЄМ СТІЙКОСТІ ІНСТРУМЕНТА

М.Л. Білявський, аспірант;

Я.О. Шахбазов, д-р техн. наук;

*О.І. Прилипко *, канд. фіз. - мат. наук;*

*С.С. Ємельяненко**, канд. техн. наук*

Українська академія друкарства, м. Львів;

** Житомирський державний технологічний університет, м. Житомир;*

*** Сумський державний університет, м. Суми*

Приведены результаты экспериментальных исследований и созданы математические модели прогнозирования стойкости комбинированных торцевых фрез, оснащенных сверхтвердыми материалами при обработке материалов, что наиболее часто используются при изготовлении деталей технологического оснащения.

Наведені результати експериментальних досліджень та створені математичні моделі прогнозування стійкості комбінованих торцевих фрез, оснащених надтвердими матеріалами при обробці матеріалів, що найбільш часто використовуються під час виготовлення деталей технологічного оснащення.

ВСТУП

На сьогоднішній день розвиток машинобудівної галузі України вимагає залучення вже існуючих та розроблення нових прогресивних технологій обробки матеріалів з метою підвищення ефективності та зниження енерговитрат на виробництво деталей машин та устаткування.

В умовах сучасного виробництва комбіновані нетрадиційні методи обробки [1-5] в машинобудуванні не знайшли широкого застосування, що пояснюється недостатньою вивченістю таких технологічних процесів.

На основі відомих теоретичних та експериментальних досліджень процесу різання з попереднім пластичним деформуванням [1-5], авторами у роботі [6] був запропонований спосіб обробки плоских поверхонь комбінованими торцевими фрезами, який полягає в тому, що початкове формування нагартованого поверхневого шару оброблюваної поверхні здійснюють поверхневим пластичним деформуванням, а кінцеве зняття частини зміцненого шару здійснюють різальними елементами, які розміщені в радіальному напрямку на меншій відстані від осі фрези стосовно деформуючих елементів, що забезпечить підвищення стійкості торцевих фрез, оснащених НТМ, при обробці плоских поверхонь з незагартованих сталей.

Пізніше в роботах [7-8] авторами були запропоновані шляхи вдосконалення методу обробки плоских поверхонь комбінованими торцевими фрезами, оснащеними НТМ.

Одним із вагомих факторів, який впливає на стійкість інструмента, є рівень та характеристики вібрацій, що виникають у технологічно – оброблюючій системі (ТОС).

Разом з тим у роботі [9] авторами був проведений аналіз виникнення вібрацій при обробці незагартованої сталі інструментом, оснащеним НТМ, проте не було розглянуто питання оптимізації процесу обробки за критерієм стійкості інструмента.

У роботі [10] авторами були розглянуті та сформульовані основні засади необхідності реалізації розробленого комбінованого методу обробки у виробничих умовах ВАТ „Львівський завод фрезерних верстатів”.

Роботи Мельничука П.П., Виговського Г.М. та інших [11-12] були присвячені питанням підвищення ефективності та продуктивності процесу торцевого фрезерування, проте не були вирішені питання оптимізації режимів обробки комбінованими торцевими фрезами, оснащеними НТМ.

Таким чином, з літературних джерел [3-5] відомо, що процес різання з попереднім пластичним деформуванням є менш напруженим.

Так, зниження тангенціальної сили різання для незагартованої вуглецевої сталі 20 становить 32-44%, а температури – 8-27% (в порівнянні зі звичайним різанням при однакових режимах обробки комбінованим токарним інструментом, оснащеним твердим сплавом). Отже, до сьогоднішнього дня, не були розглянуті питання, що пов'язані з прогнозуванням стійкості комбінованої торцевої фрези, оснащеної НТМ, під час реалізації технологічного процесу обробки різання з попереднім пластичним деформуванням.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Виходячи з окресленого, мета даної роботи полягає у створенні математичної моделі оптимізації технологічного процесу обробки деталей технологічного оснащення комбінованими торцевими фрезами за критерієм стійкості різального інструмента.

РЕЗУЛЬТАТИ

Для досягнення поставленої мети проведемо експериментальні дослідження стійкості інструмента під час реалізації комбінованого торцевого фрезерування за схемою оброблення з попереднім пластичним деформуванням плоскої.

Експериментальні дослідження виконувалися при обробленні плоскої поверхні розмірами (ширина 100 мм × довжина 320 мм), досліджувані матеріали наведені нижче.

Таблиця 1 – Досліджувані матеріали, класифіковані за групами оброблюваності різанням

| Номер групи | Основні властивості | Досліджувана марка матеріала |
|-------------|---|---|
| I | Хромисті, хромонікелеві та хромомолібденові сталі перлітного, мартенситно-феритного та мартенситного класів | 34ХН3М, 15Х5М |
| II | Корозійностійкі (стійкі проти електрохімічної корозії) хромисті та складнолеговані сталі феритного, мартенситно-феритного та мартенситного класів | 20Х13, 95Х18, 11Х11Н2ВМФ |
| III | Корозійностійкі, кислотостійкі, жаростійкі хромонікелеві сталі аустенітного, астенітно-феритного та аустенітно-мартенситного класів | 12Х21Н5Т, 07Х16Н6, 20Х23Н18 |
| IV | Жароміцні, жаростійкі, кислотостійкі хромонікелеві, хромонікелемарганцеві складнолеговані сталі аустенітного, аустенітно-феритного та аустенітно-мартенситного класів | 10Х11Н20Т3МР, 45Х14Н14В2М, 37Х12Н8Г8МФБ |
| V | Жароміцні деформівні сплави на залізонікелевій та нікелевій основах | ХН60ВТ, ХН38ВТ, ХН77ТЮР |
| VI | Жароміцні ливарні сплави на нікелевій та хромовій основах | ВХ4-Л, АНВ-300, ЖС6-К |
| VII | Сплави на титановій основі | ВТ1-О, ВТ6, ВТ22 |
| VIII | Високоміцні сталі | 40Х, 42Х2ГНСМ |

Реалізацію процесу комбінованого торцевого фрезерування проводили на верстаті ІР320ПМФ4 розробленою комбінованою торцевою фрезою, рис.1.



Рисунок 1 - Комбінована торцева фреза, оснащена надтвердим матеріалом [8]

Раніше розроблена комбінована торцева фреза [6] реалізовує спосіб обробки, який полягає в тому, що початкове формування зміцненого поверхневого шару оброблюваної поверхні здійснюють шляхом поверхневого пластичного деформування, причому деформуючі елементи розміщені в радіальному напрямку на більшій відстані від осі фрези щодо різальних елементів, а кінцеве зрізання частини зміцненого шару здійснюють різальними елементами, розміщеними в радіальному напрямку на меншій відстані від осі фрези щодо деформуючих елементів.

У ролі деформуючих елементів були обрані сталеві кульки ($r = 5$ мм), виготовлені з матеріалу ШХ-15. Геометричні параметри різальних ножів: задній кут $\alpha_v = 8^\circ$, передній кут $\gamma = -10^\circ$. Для умов чистового торцевого фрезерування [14] кут нахилу різальної кромки обрано в межах $\lambda = -(35^\circ - 45^\circ)$, радіус задньої циліндричної поверхні ножів $r = 5$ мм.

З огляду на [1,3] оцінку стійкості різального інструмента будемо проводити за коефіцієнтом відносного підвищення стійкості:

$$K_T = \frac{T_{енд}}{T}, \quad (1)$$

де $T_{енд}$, T - період стійкості комбінованої торцевої фрези відповідно при обробці з попереднім пластичним деформуванням та при звичайній обробці при однакових параметрах v , S , t .

Спираючись на [4], оцінку підвищення оброблюваності різанням розробленою торцевою фрезою будемо проводити за коефіцієнтом відносного оброблювання

$$K_v = \frac{V_{енд}}{V}, \quad (2)$$

де $V_{енд}$, V - швидкість різання відповідно при обробці з попереднім пластичним деформуванням та при звичайній обробці торцевою фрезою, при однакових значеннях періоду стійкості інструмента.

У системі Statistica побудуємо поверхні, що визначають залежності сили попереднього пластичного деформування, швидкості різання від стійкості комбінованої торцевої фрези та коефіцієнта відносного оброблювання, відповідно рис. 2 та рис. 3.

Отримані поверхні апроксимуються математичними залежностями (табл. 2), які дають можливість у подальшому провести оптимізацію запропонованого технологічного процесу.

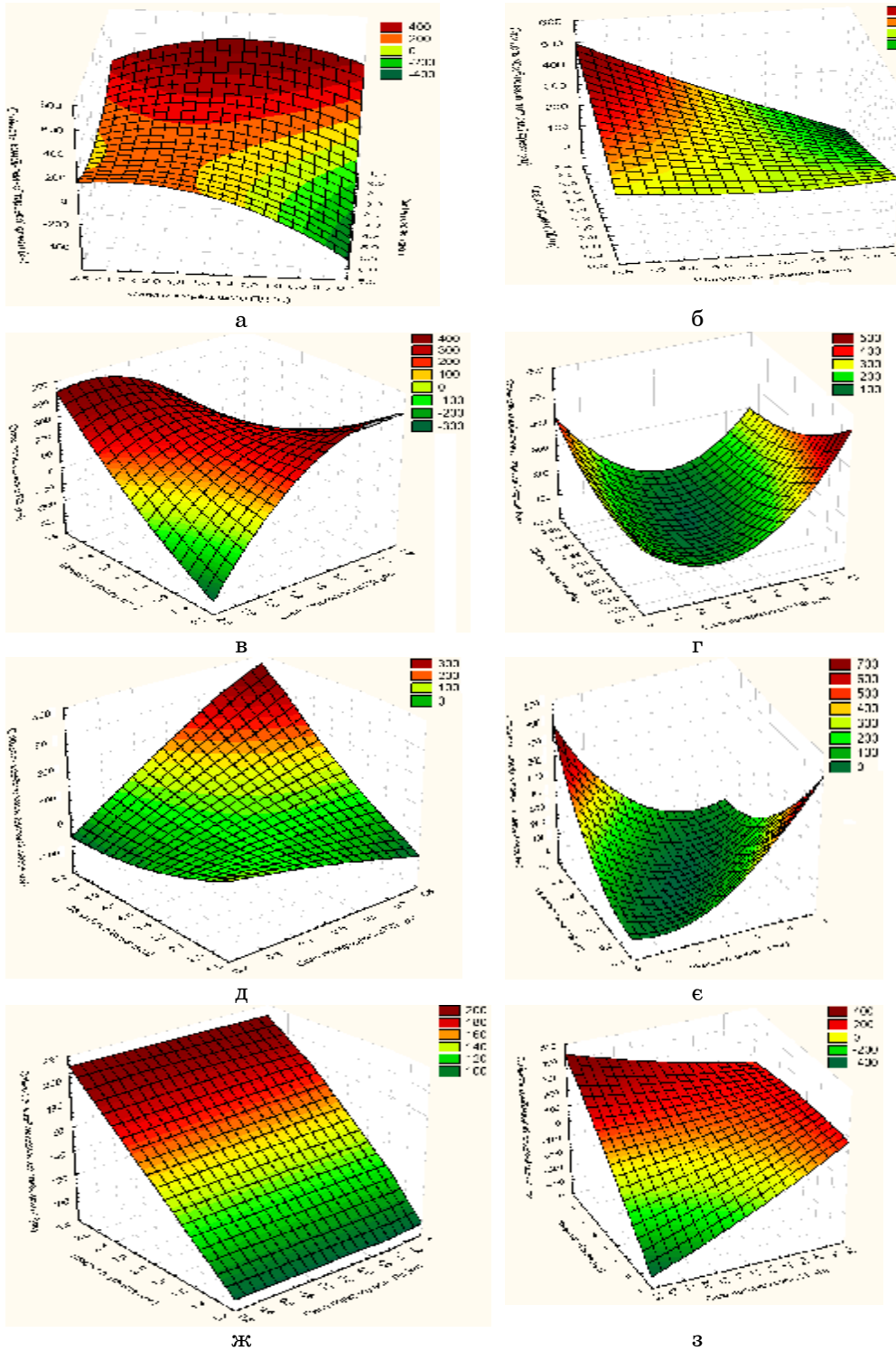


Рисунок 2 - Результати експериментальних досліджень впливу сили попереднього пластичного деформування та швидкості різання на стійкість комбінованої торцевої фрези при обробці матеріалів відповідних груп: а - I; б - II; в - III; г - IV; д - V; е - VI; ж - VII; з - VIII при $S=0,21$ м/об, $t=0,1$ мм

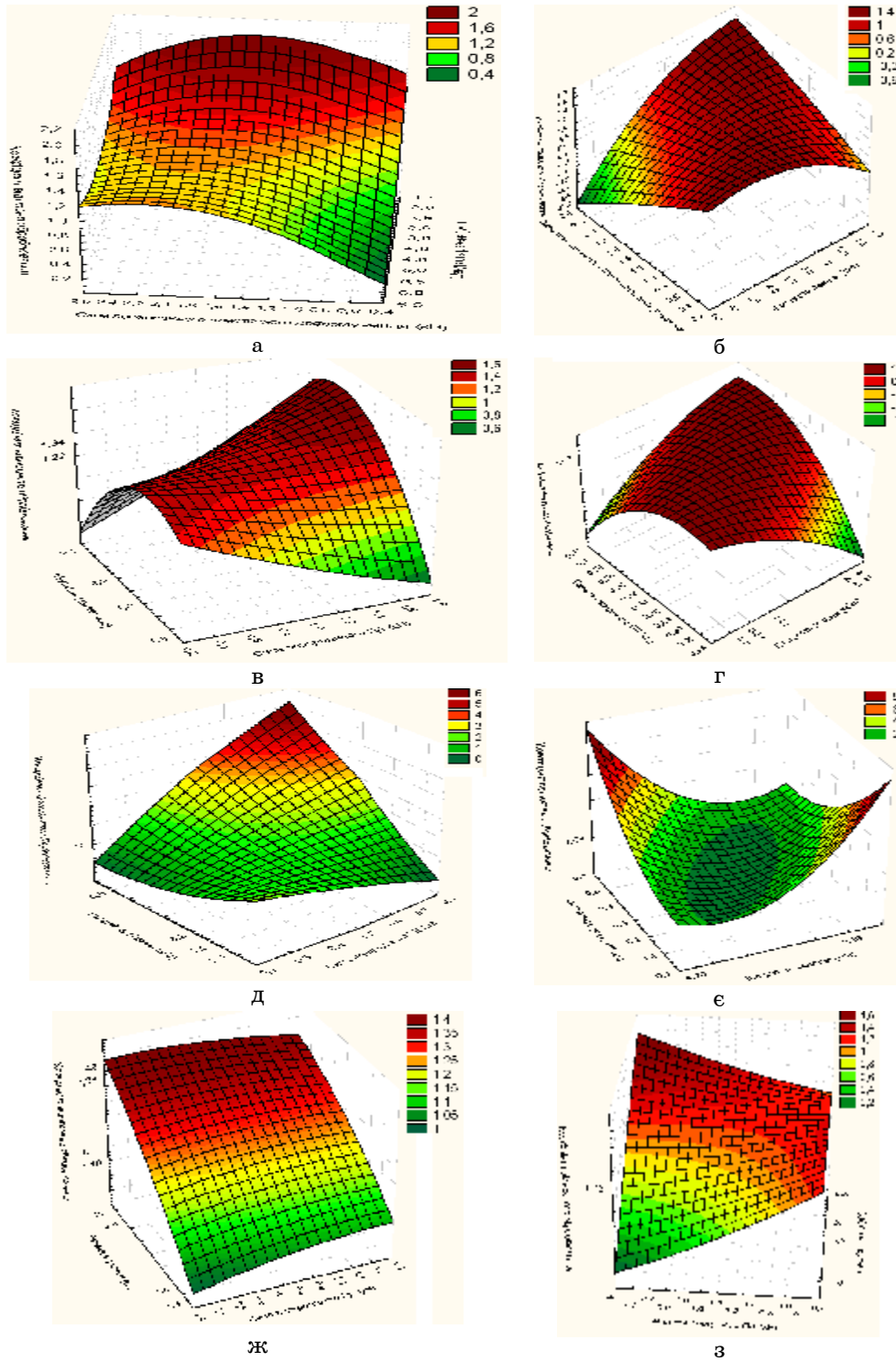


Рисунок 3 - Результати експериментальних досліджень впливу сили попереднього пластичного деформування та швидкості різання на коефіцієнт відносного оброблювання матеріалів відповідних груп: а - I; б - II; в - III; г - IV; д - V; е - VI; ж - VII; з - VIII при $S=0,21$ мм/об, $t=0,1$ мм

Отже, технологічний процес обробки різанням інструментом, оснащеним НТМ, з випереджаючим поверхневим деформуванням у порівнянні з класичним різанням є більш продуктивним.

Установлені математичні моделі оптимізації (табл. 2) процесу комбінованої обробки плоских поверхонь дають можливість для окремої групи оброблюваного матеріалу визначити раціональні режими комбінованої обробки за критерієм максимальної стійкості, коефіцієнтом відносного оброблювання матеріалу.

Отримані шляхом пошуку мінімуму за залежностями (табл. 2) режими комбінованої обробки подані нижче.

Таблиця 2 – Оптимізаційні математичні залежності

| Група матеріалу | Критерій оптимізації | | |
|-----------------|--|---|---|
| | Стійкість інструмента | Коефіцієнт відносного підвищення стійкості | Коефіцієнт відносного оброблювання матеріалів |
| I | $T(V,P)=762+405P-402V-168P^2+56PV+27V^2$ | $K_T(V,P)=10,2+5,4P-5,4V-2,24P^2+0,74PV+0,4V^2$ | $K_v(V,P)=2,3+0,8V-0,7P-0,32V^2+0,1PV+0,1V^2$ |
| II | $T(V,P)=277-154V-40,5P+2,6V^2+49PV+5V^2$ | $K_T(V,P)=3,7-0,5P-2,1V-0,07P^2+0,7PV+0,03V^2$ | $K_v(V,P)=-0,8+1,1V+0,9P-0,1V^2-0,4PV-0,1P^2$ |
| III | $T(V,P)=-62,8-1234,7V+912P-90,4V^2+546PV-366P^2$ | $K_T(V,P)=-0,84-16,5V+12P+1,2V^2+7,3PV-4,9P^2$ | $K_v(V,P)=-0,2-1,4V+2,1P+0,06V^2+0,71PV-0,7P^2$ |
| IV | $T(V,P)=43-89V-58V-4,8V^2+1,54PV+1,54V^2$ | $K_T(V,P)=57,2-118V-77P+64V^2+6,1PV+0,8P^2$ | $K_v(V,P)=-10,7+25,4V+9,5P-138V^2-10,8PV-0,2V^2$ |
| V | $T(V,P)=315-481V-138P-145V^2+224PV+78P^2$ | $K_T(V,P)=42-119V-7,7P+64,2V^2+6,1PV+0,8P^2$ | $K_v(V,P)=-0,2-1,4V+2,1P+0,06V^2+0,71PV-0,7P^2$ |
| VI | $T(V,P)=730-244V-278P+208V^2+399PV-29,1P^2$ | $K_T(V,P)=97-326V-37P+278V^2+53,2PV+3,9P^2$ | $K_v(V,P)=8,4-25,3V-3,2P+22,2V^2+4,13PV+0,4P^2$ |
| VII | $T(V,P)$ - залежність прямо пропорційна | $K_T(V,P)$ - залежність прямо пропорційна | $K_v(V,P)=0,41+0,28V+0,5P-0,07V^2-0,07PV-0,05P^2$ |
| VIII | $T(V,P)=137+68V+30,5P+18,7V^2-52,3PV-2,5P^2$ | $K_T(V,P)=1,82+0,9V+0,4P+0,25V^2-0,7PV-0,3P^2$ | $K_v(V,P)=2+0,2V+0,1P+0,1V^2-0,11PV-0,01P^2$ |

Таблиця 3 – Рекомендовані раціональні режими комбінованої обробки

| Група матеріалу | Режими комбінованої обробки | | | |
|-----------------|--|-------------------------|---|---------------------|
| | Сила попереднього пластичного деформування, кН | Швидкість різання, м/хв | Подача комбінованого інструмента, мм/об | Глибина різання, мм |
| I | 2,1 | 120-320 | 0,21 | 0,1 |
| II | 2,7 | 330-350 | 0,21 | 0,1 |
| III | 1,9 | 480-560 | 0,21 | 0,1 |
| IV | 2,9 | 320-380 | 0,21 | 0,1 |
| V | 2,6 | 120-300 | 0,21 | 0,1 |
| VI | 3,2 | 340-400 | 0,21 | 0,1 |
| VII | 2,7 | 270-340 | 0,21 | 0,1 |
| VIII | 3,1 | 80-200 | 0,21 | 0,1 |

ВИСНОВКИ

1 Проведено експериментальні дослідження стійкості комбінованого інструмента, оснащеного НТМ, при обробці матеріалів восьми груп, подані оптимізаційні моделі визначення раціональних режимів комбінованої обробки за критерієм максимальної стійкості.

2 Окремо для кожної групи матеріалів рекомендовані раціональні режими комбінованої обробки, за критерієм максимальної стійкості.

3 У подальшому планується провести експериментальні дослідження оцінки продуктивності та теоретичної підготовки моделі прогнозування стійкості комбінованих торцевих фрез із метою технологічного забезпечення обробки плоских поверхонь комбінованими торцевими фрезами, оснащеними НТМ.

SUMMARY

OPTIMISATION MODES OF FACE MILLING PROCESSING BY CRITERION OF INSTRUMENT FIRMNESS

M.L. Biliavskiy, Ya.O. Shahbazov, O.I. Prulupko, S.S. Emelyanenko***

Ukraine Academy of Printing;

**Zhytomyr State Technological University;*

***Sumy State University*

Results of experimental research are presented and mathematical models of forecasting of firmness of the combined face mills equipped with superfine materials at processing materials which are mostly used at manufacturing of details of technological equipment are created.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф. Нетрадиционные методы обработки материалов: Учеб. пособие. – М.: МГОУ, 2003.
2. Усов С.В., Назаров Ю.Ф., Коротков И.А. Комбинированные методы обработки в машиностроении. – М.: ЮНИТ, 2002.
3. Ярославцев В.М. Точение с опережающим пластическим деформированием: Мультимедийное учебное пособие. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – CD-R. №гос.рег. 0320400662.
4. Крайнев Д.В. Повышение эффективности процесса резания сталей перлитного и аустенитного класса путем использования предварительного пластического деформирования: Дис. канд. техн. наук : 05.03.01: Волгоград, 2006. – 167 с.
5. Амбросимов С.К. Феноменологическая модель обрабатываемости резанием с опережающим пластическим деформированием при протягивании // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2007. - №10.
6. Виговський Г.М., Громовий О.А., Білявський М.Л. Розширення області використання торцевих фрез, оснащених НТМ // Процеси механічної обробки в машинобудуванні. – Ж.: ЖДТУ, 2007. – Вип. 2.
7. Мельничук П.П., Виговський Г.М., Білявський М.Л. Ефективні способи обробки незагартованих сталей комбінованими торцевими фрезами, оснащеними НТМ з

- випереджаючим поверхневим деформуванням // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. – 2007.– Вип. 22.
8. Білявський М.Л. Вдосконалення методу обробки незагартованих сталей комбінованими торцевими фрезами, оснащеними ПНТМ // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. – 2008.– Вип. 23.
 9. Виговський Г.М., Громовий О.А., Степчин Я.А., Білявський М.Л. Дослідження вібрацій при різанні незагартованої сталі інструментом, оснащеним НТМ // Вісник СумДУ. Серія Технічні науки. – 2008.– №2.
 10. Білявський М.Л., Козира Д.П., Ємельяненко С.С. Виробнича необхідність застосування продуктивного торцевого фрезерування при обробці незагартованих сталей // Вісник СумДУ. Серія Технічні науки. – 2008.– №3.
 11. Виговський Г.М. Підвищення працездатності торцевих фрез для чистової обробки плоских поверхонь: Автореф. дис... канд. техн. наук – Київ: НТУУ “КПІ”, 2000. – 16 с.
 12. Мельничук П.П. Наукові основи чистового торцевого фрезерування плоских поверхонь: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.03.01.–К., 2002.–456 с.

Надійшла до редакції 3 лютого 2009 р.