

Г.Д. Василюк, к.т.н., доц.  
Житомирський державний технологічний університет

### ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ СТРУЖКОВІДВЕДЕННЯ НА ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ ТА МОДУЛЯХ З ЧПК

*В статті звернена увага на актуальність проблеми формування і відведення стружки в умовах автоматизованого обточування на верстатах та модулях з ЧПК.*

Автоматична обробка складних деталей на токарних верстатах та модулях з ЧПК ускладнюється необхідністю оператором догляду за формою стружкоутворення та відведенням стружки. Надійна і тривала робота цього обладнання неможлива без вирішення проблеми подрібнення стружки в процесі різання. В машинобудуванні постійно ведеться пошук ефективних способів подрібнення стружки на верстатах з ЧПК і особливо на роботизованих модулях (РМ). Існує кілька способів вирішення цієї проблеми.

Кінематичне подрібнення стружки – найбільш простий та реалізований в умовах ЧПК спосіб ліквідації зливної стружки шляхом автоматичного призупинення процесу різання. На РМ цей процес може здійснюватися в циклах багатопрохідного точіння. Для цього в групу  $P$  параметрів № 10 та № 11 керуючої програми роботою верстата потрібно ввести величини: № 10 – довжина проходу до призупинення стружки; № 11 – відведення інструмента на швидкому ході для забезпечення стружкодрібнення. Величина параметра № 11  $P$  не повинна бути більшою за параметри № 10  $P$ . Обидва параметри позитивні. В заключній стадії циклу, коли величина припуску стає меншою або рівною до величини припуску на прохід, здійснюється зачисткою прохід без кінематичного стружкодрібнення на подачі, завданій у керуючій програмі до виконання циклу.

При чистовому точінні деталей на токарних верстатах з ЧПК з глибиною різання до 0,5 мм і подачею до 0,1 мм/об ефективним способом стружкодрібнення є спосіб періодичного приповільнення подачі. Так, при обробці заготовки з вуглецевої сталі при постійній швидкості та глибині різання подача за програмою періодично приповільнюється. При цьому різець, відрізок деталі довжиною 0,48 мм проходить з подачею 0,1 мм/об, після того відрізок довжиною 0,02 мм з подачею 0,01 мм/об і так далі. В результаті досягається ефективне стружкодрібнення за рахунок періодичної зміни товщини стружки. Змінюючи інтервал, з яким проходить приповільнення, легко досягають бажаної довжини подрібнених фрагментів стружки. Даний спосіб може використовуватися при обробці різних матеріалів, в тому числі вуглецевих та неіржавіючих сталей, алюмінієвих сплавів. Для кожного матеріалу величина періодичного приповільнення подачі буде різною. Наприклад, якщо при обробці вуглецевої сталі достатньо приповільнення подачі до величини 0,05 мм/об, тоді при обробці алюмінієвих сплавів необхідне приповільнення до 0,01 мм/об.

Поза ефективним стружкодрібненням виявилось, що такий спосіб точіння впливає також на шорсткість оброблюваної поверхні. Так, якщо при обробці вуглецевих та неіржавіючих сталей шорсткість поверхні деталі, обробленої даним способом, порівняно з обробкою з постійною подачею зменшується незначно: з  $K_a = 0,53$  мкм до  $K_a = 0,5$  мкм, тоді як при обробці алюмінієвих сплавів більш помітно: з  $K_a = 0,4$  мкм до  $K_a = 0,22$  мкм. Слід відмітити, що при використанні приповільнення подачі машинний час обробки збільшується незначно порівняно з використанням постійної подачі, а строк служби інструмента практично не змінюється.

Простим та надійним способом подрібнення стружки є її вимушене закручення до значної кривизни за допомогою стружкозакручувальних лунок 4, мілкорозмірних канавок і накладних стружколомів 7 (рис. 1, а, б, в), які розміщуються на передній поверхні різального інструмента 5 на шляху сходження зливної стружки 3. Для кожного конкретного матеріалу заготовки і для кожної поверхні, що обробляється, можна дослідним шляхом підібрати такі значення параметрів ширини фаски на передній поверхні, радіуса кривизни лунки або виступу та їх глибини або висоти, що стружка 3 буде круто закручуватися вбік поверхні заготовки 1 і за рахунок динамічної взаємодії з нею дробиться на окремі короткі завитки 2, які легко відводяться із зони обробки.

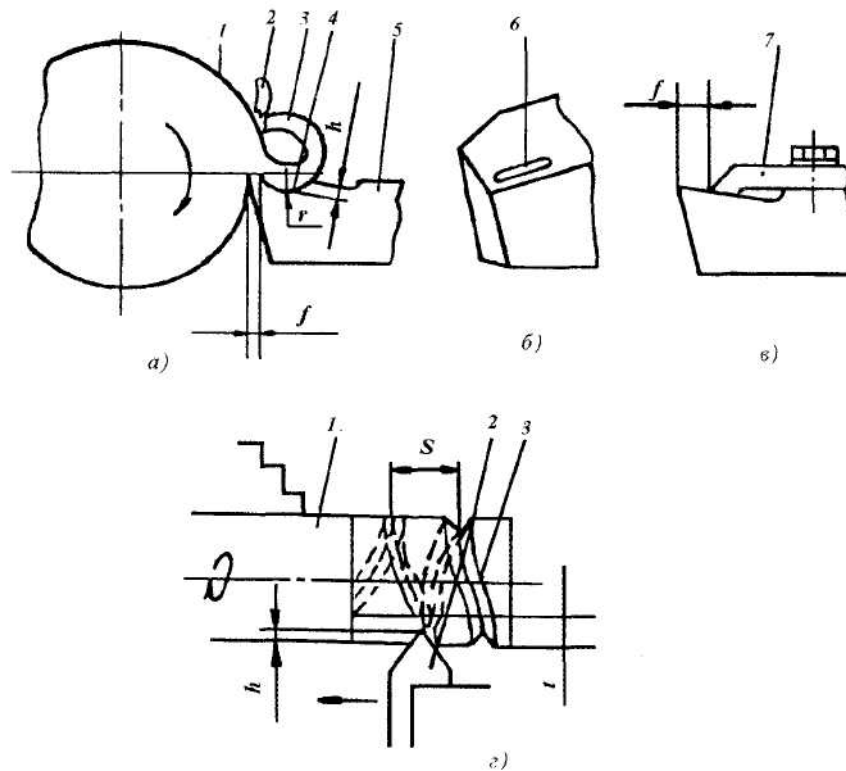


Рис. 1. Способи подрібнення стружки на роботизованих модулях та верстатах з ЧПК

Останнім часом з'явився досвід стружкодрібнення, який легко реалізується на збірних різцях з багатограничними непереточувальними пластинками (БНП). Для цього в ході їх пресування на майбутній передній поверхні утворюється спеціальний рельєф. Так, для подрібнення тонкої стружки при чистовому точінні у вершинах БНП є сферичні виступи. Тонка стружка закручується в канавці між різальною кромкою та виступом, а більш товста проходить над виступом і відхиляється ним до поверхні, що обробляється. При обробці пластичних матеріалів, коли до подрібнення стружки більш високі вимоги, добре зарекомендували себе БНП, у яких сферичні виступи розташовані повздовж різальних кромки на різній відстані від різальної кромки. Тому стружка отримує різну деформацію по ширині зрізу і це спонукає її до подрібнення. При сході стружки завдяки виступам під неї краще потрапляє мастильно-охолоджувана рідина, що збільшує стійкість ріжучого леза БНП. Такі БНП при дослідженні на верстаті з ЧПК при точінні деталей із сталі 18ХГТ і сталі 45 забезпечили стабільне подрібнення стружки при подачах 0,2–0,5 мм/об та швидкостях різання 60–120 м/хв.

В ході дослідів, проведених в ЖДТУ на замовлення фірми "Беверс", для чорнової обробки виявлено ефективне подрібнення стружки шляхом попереднього порушення однорідності оброблюваної поверхні. Для цього на токарних верстатах, в тому числі на верстатах з ЧПК, це може бути досягнуто здійсненням робочих ходів різця повздовж заготовки 1 з подачею  $8 \approx 50$  мм/об і глибиною  $H$  (рис. 1, з), що складає 0,4–0,6 від заданої технологією обробки глибини різання  $L$ . Виконання такого ходу займає небагато часу, а гвинтова канавка, що утворюється при цьому, забезпечує перелом зливної або легко закрученої стружки.

Таким чином, розглянуті способи стружкодрібнення дозволяють для конкретних умов автоматичної токарної обробки вибрати найбільш надійне стружковідведення.

ВАСИЛЮК Георгій Дмитрович – кандидат технічних наук, доцент, в.о. професора кафедри технології машинобудування та конструювання технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– проблема міцності різальних інструментів.

УДК 621.923

А.П. Гавриш, д.т.н., проф.  
Національний технічний університет України „КПІ”

### ЯКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ ПРИ ПРЕЦИЗІЙНІЙ ДОВОДЦІ МАГНІТНОМ'ЯКИХ СПЛАВІВ

*Робота присвячена експериментальному дослідженню впливу технологічних факторів обробки на параметри шорсткості та наклепу оброблених поверхонь деталей з високолегованих важкооброблюваних магнітном'яких сплавів 81НМТ, 79НМА, Mu-metal.*

Для автоматизації сучасного машинобудівного виробництва управління лініями на базі верстатів ЧПУ і створення гнучких виробничих систем необхідно накопичувати, належним чином переробляти і використовувати великі об'єми інформації. Для цього у сучасній техніці використовуються різні системи на базі апаратури магнітного запису (АМЗ).

Одним із ключових моментів у підвищенні продуктивності АМЗ є створення високоточних магнітних головок, магнітопроводи яких виготовляють з сучасних високолегованих структурночутливих і важкооброблюваних матеріалів типу 81НМТ, 81НМХТ, 82НМИХТ, 79НМА системи Fe-Ni-Mo-Ti-Cr-Ir.

Останнім часом в науково-технічній літературі з'явилися публікації з вивчення процесів тонкого алмазно-абразивного шліфування [1-4].

Однак вимоги до параметрів якості поверхонь магнітних головок невпинно зростають, що диктується вимогами безперервного підвищення електроакустичних характеристик головок. Таким чином, на сучасному етапі створення АМЗ для головок з робочими зазорами 2 мкм необхідно виконувати такі вимоги: необхідно забезпечити шорсткість площин розблокування напівблоків і робочих поверхонь в межах  $Ra = 0,050-0,070$  мкм, відхилення від площинності  $\sim 1$  мкм на довжині 25 мм, бочкоподатність (сідлоподібність) робочої поверхні  $\sim 1$  мкм, гостроту кромки робочого зазору в межах  $0,03-0,05$  мкм (тобто  $r \leq 0,05S$ , де  $r$  – радіус кромки,  $S$  – ширина зазору), якісне використання робочого зазору однакового по всій його ширині, без вм'ятин і затягувань, що забезпечує правильну орієнтацію магнітного поля над зазором.

Ці високі вимоги виконати методами тонкого алмазно-абразивного шліфування неможливо.

#### Мета і завдання дослідження

Метою цього дослідження є вивчення впливу технологічних режимів обробки методами прецизійної доводки на якісні параметри тонких поверхневих шарів структурно-чутливих високолегованих магнітном'яких сплавів 81НМТ, 79НМ і Mu-metal (ФРН).

Основні завдання експериментального дослідження виходили з постановленої основної мети і були сформульовані як всебічне експериментальне вивчення режимів прецизійної доводки на шорсткість поверхні, глибину і ступінь наклепу.

Робота виконувалась у рамках комплексного дослідження „Комбіновані методи абразивно-алмазної обробки важкооброблюваних матеріалів”, що проводилась з 1994 по 1997рр. в межах державних науково-технічних програм 05.43, 04.04 ДКНТ та Міннауки України.

#### Результати дослідження

Аналіз літератури [3] дозволяє дійти висновку, що наведені високі параметри якості поверхонь можливо забезпечити лише тонкою машинною доводкою (для площин розблокування) і методами суперфінішу (для робочих поверхонь).

Нижченаведені результати досліджень впливу різних методів доводки на параметри шорсткості, точності і наклепу поверхневих шарів магнітних головок.

Для прецизійної механічної доводки використовувався верстат С-15, у якому шпindel розташований ексцентрично осі обертання довідного диска. На коромислі шпинделя у його двох центрах встановлювались пристрої типу центрових накладок, у гніздах котрих встановлювались напівблоки магнітних головок так, щоб площина обробки торкалась плоскій поверхні довідного диска. При обертанні шпинделя з коромислом завдяки ексцентриситету напівблоки обертаються відносно своїх центрів, а завдяки обертанню довідного диску траєкторія доводки нагадує регулярну архімедову спіраль.

Шпиндель верстата С-15 має можливість плавати у вертикальному напрямку. Експерименти виконувались при швидкості обертів вертикального шпинделя 198 об/хв і довідного диску 60 об/хв при перемінному навантаженні на шпиндель, що забезпечувало питомий тиск на поверхні обробки  $\sim 0,5-0,75$  кг/см<sup>2</sup>.

Матеріалом спеціально підготовленого для доводки диску були глобулярний чавун, мідь, олово, скло марки „Пірекс”.

Абразивна суспензія готувалась з мікропорошків карбіду кремнію зеленого (63С), електрокорунду білого (23А), м'якої субмікронної пасти „діамантін”. Зернистість порошоків складала 1; 3; 5; 10 мкм. В робочу зону суспензія подавалась крапельним методом.

Таблиця 1

*Залежність шорсткості та точності оброблених поверхонь від методу машинної доводки для зразків із сплаву 81НМТ*

№ з/п	Метод обробки	Час доводки, хв.	Параметр шорсткості Ra, мкм	Відхилення від площинності, мкм
1	Чавунний диск, мікропорошок 63СМ10	3	0,132	1,2–1,4
2	Мідний диск, мікропорошок 63СМ14	3	0,128	1,2–1,3
3	Чавунний диск, мікропорошок 23АМ7	5	0,110	1,2–1,3
4	Мідний диск, мікропорошок 23АМ7	5	0,105	1,2–1,25
5	Чавунний диск, мікропорошок 23АМ3	9	0,098	1,15–1,2
6	Мідний диск, мікропорошок 23АМ3	9	0,09	1,13–1,18
7	Олов'яний диск, паста „діамантін”	12	0,07	1,4–1,6
8	Комбінована доводка: а) чавунний диск, мікропорошок 63СМ10 б) олов'яний диск, мікропорошок 23АМ3	15	0,05	0,9–0,11
		12		
9	Комбінована доводка: а) чавунний диск, мікропорошок 23АМ5 б) мідний диск, мікропорошок 23АМ3 в) олов'яний диск, паста „діамантін”	16	0,04	0,06–0,07
		3		
		5		
10	Комбінована доводка: а) чавунний диск, мікропорошок 23АМ3 б) скло „Пірекс”, паста „діамантін”	18	0,03	0,5–0,06
		10		
		8		

Суперфінішування робочих поверхонь магнітних головок виконувалось в технологічних оправках на прецизійному суперфінішному верстаті „Foster-15” (США). Режими суперфінішу змінювались в діапазоні: частота коливання абразивних брусків 700–2000 дв.х/хв, амплітуда коливань брусків 2–5 мм, питомий тиск 0,5–0,7 кг/см<sup>2</sup>, повздовжня подача 0,25–0,40 м/хв, окружна швидкість деталей 20–50 м/хв.

Для експериментів використовувались бруски карбіду кремнію зеленого (63С) зернистістю М5, М7 і електрокорунду хромистого (23АХ) зернистістю М1.

У всіх випадках суперфінішування використовувалась рідина зі складом: гас – 82–87 %, машинне масло – 10–15 %, олейнова кислота – 3 %.

Основні результати експериментальних досліджень наведені в табл. 1–6.

Аналіз наведених даних показує, що при обробці на твердих дисках (чавун, мідь) вдається отримати площинність вищу ніж при доводці на олов'яному притирі. Однак чистота поверхні, обробленої на олов'яних притирах, вища. Намагання отримати високу точність при обробці на притирах тільки одного матеріалу з поступовим зменшенням зернистості використовуваних мікропорошків позитивного результату не дали.

З іншого боку, в результаті комбінованої обробки зі зменшенням зернистості мікропорошків на останніх переходах вдається отримати необхідні площинність і шорсткість поверхонь, які відповідають високим вимогам до параметрів поверхонь, які висуває технологічний процес виготовлення блоків магнітних головок.

Значний інтерес для інженерної практики має вивчення впливу режимних факторів доводки на шорсткість поверхні (табл. 2).

Таблиця 2

*Вплив питомого тиску на параметр шорсткості поверхонь Ra при машинній доводці.  
Абразив – порошки 23АХ, зернистість – М5, М3, М1; матеріал диску – чавун; швидкість  
різання – 7 м/хв, сплав 81НМТ*

№ з/п	Питомий тиск, кг/см <sup>2</sup>	Параметр шорсткості Ra, мкм
1	0,565	0,112
2	0,627	0,118
3	0,706	0,140
4	0,753	0,175
5	0,807	0,181
6	1,1	0,185
7	1,2	0,191
8	1,4	0,196
9	1,6	0,201

Що стосується обробки робочих поверхонь головок методом суперфінішування, то високі вимоги до якості поверхонь і розкриття робочого зазору (без затягувань і скривлень) виконуються в повному обсязі (табл. 3).

Зовнішній вигляд робочих зазорів при збільшенні у 450 разів показано на рис. 1, 2.



*Рис. 1. Робочий зазор головки шириною 5мкм після шліфування на круглошліфувальному верстаті кругом 63СМ14СМ2 Гл (збільшення – у 450 разів).*



*Рис. 2. Робочий зазор головки шириною 5мкм після обробки поверхні методом суперфінішування брусками 23АХМ3СТ (збільшення – у 450 разів).*

Таблиця 3

## Обробка робочої поверхні головок методом суперфінішування для сердечників із сплаву 81НМТ

Номер головки	Час обробки, хв	Параметр шорсткості Ra, мкм	Якість розкриття робочого зазору
2	10	0,050	відмінне
6	11	0,040	відмінне
10	11	0,040	відмінне

Значний науковий інтерес має вивчення наклепу при різних методах доводки.

Згідно з методикою [4] вивчення наклепу виконувалась рентгеноструктурним і металографічним аналізом (вимірювались ширина лінії рентгенограми В(311), пацрути II роду  $\Delta a/a \cdot 10^{-4}$  і мікротвердість НД).

Результати експериментів наведені в табл. 4-5.

Таблиця 4

## Параметри наклепу при ручній доводці сплавів 81НМТ

№ з/п	Метод обробки і абразивний інструмент	Параметри наклепу			Охолодження при обробці
		В(311), мм	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	НД, кг/мм <sup>2</sup>	
1	Ручна доводка на абразивні „Індій” (США) зернистістю 20-25 мкм	47,0	17,3	356	Без охолодження
2	Ручна доводка на абразиві 63СМ20СТ1К (мікроліт)	52,0	21,1	284	Без охолодження
3	Ручна доводка на чавунному диску, шаржованному мікропорошком 2ЗАМ1-М3	38,6	11,9	171	Гас з стеоріном

Аналіз наведених даних показує, що має місце тенденція до зменшення параметрів наклепу з використанням більш мілких зерен і зменшенням питомого тиску. Це може бути пояснено меншими площинами зрізу поодинокими зернами, відповідним зниженням складових сил різання і зменшенням дії пластичних деформацій при обробці в'язких магнітом'яких сплавів.

Таблиця 5

## Залежність наклепу від характеристики абразивного інструменту при машинній доводці різних магнітом'яких сплавів

Матеріал доводного диску	Характеристика мікропорошку	Питомий тиск, кг/см	Матеріал зразків					
			81НМТ		Mu-metal		79 НМА	
			В(311) мм	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	В(311) мм	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	В(311) мм	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$
Чавун	23АХ 1М1	0,56	----	----	48,5	16,1	40,2	12,1
Чавун	23АХ 1М1	0,70	45,4	17,6	43,5	13,4	45,1	17,3
Чавун	2ЗАМ1	0,70	44,7	14,3	43,9	12,1	40,5	15,4
Чавун	МоМ1	0,70	45,0	11,8	44,7	12,3	42,1	11,7
Олово	23АХ 1М1	0,56	40,2	12,1	42,1	13,7	39,7	12,5
Олово	МоМ1	0,70	40,5	13,6	43,0	14,7	41,4	12,1
Олово	МоМ1	0,75	40,9	12,7	43,1	13,5	42,1	12,4

В табл. 6 наведені деякі результати експериментів з вивчення параметрів наклепу при суперфінішуванні.

Таблиця 6

Залежність наклепу зразків із сплаву 81НМТ і Mu-metal від типу абразиву при суперфінішуванні

Характеристика абразивного інструмента	Параметри наклепу			
	81НМТ		Mu-metal	
	V(311) мм	$\Delta a / a \cdot 10^{-4}$	V(311) мм	$\Delta a / a \cdot 10^{-4}$
63СМ7СТ1	48,6	18,5	47,9	17,6
23АХМ7СТ1	48,4	18,5	47,6	17,3
23АХМ3СТ2	47,4	13,1	45,2	12,8
23АХМ1СТ2	45,7	12,2	44,1	11,6

Проведені вимірювання параметрів наклепу на різних рівнях після травлення зразків з кроком  $\sim 1$  мкм показало, що глибина наклепу при машинній доводці не перевищує позначки  $\sim 5$  мкм, а при суперфінішуванні – 1–1,5 мкм.

### Висновки

1. Для безумовного виконання високих технічних вимог, які висувають технологічні параметри, обробку магнітних головок рекомендується виконувати за такого технологічним циклом: тонке плоске шліфування з наступною машинною доводкою поверхонь розблокування магнітних головок і тонке зовнішнє кругле шліфування з фінішною доводкою суперфінішуванням (для робочих поверхонь магнітних головок).

2. Обробка магнітоточних сплавів з наведеними технологічними рекомендаціями і режимами різання забезпечує покращення електроакустичних параметрів блоків магнітних головок.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Гавриш А.П., Солдатенко Л.А. Высокие технологии при шлифовании магнитомягких сплавов // Резание и инструмент. – № 51, – ХГТУ, 1997. – С.24–28
2. Гавриш А.П., Солдатенко Л.А. Особенности процесса тонкого шлифования магнитомягких материалов алмазными и эльборовыми кругами. „Mechanics 98” Prazy Naukovi Conferencija. – Vol.1. – Warshawa–Rzeszow. – Poland, 1998. – P. 227–232.
3. Гавриш А.П., Солдатенко Л.А., Мохан Сранивасан, Роик Т.А. Влияние технологических факторов шлифования на поле рабочего зазора магнитных головок. Вісті Академії інженерних наук України / Спеціальний тематичний випуск відділення важкого і транспортного машинобудування. – 1999. – С. 75–86.
4. Гавриш А.П., Солдатенко Л.А. Пути уменьшения наклепа при шлифовании магнитомягких сплавов. В кн. Прогрессивна техніка і технологія машинобудування і зварювального виробництва. – Том II. – НТУУ “КПІ”. – Київ, 1998. – С. 37–40.

ГАВРИШ Анатолій Павлович – доктор технічних наук, професор кафедри технології машинобудування Національного технічного університету України „КПІ”.

Наукові інтереси:

– фінішні процеси обробки деталей у машинобудуванні.

Україна, Київ-056, прос. Перемоги, 37.

Тел. (сл.): 241-96-57.

Подано 12.08.2003