

УДК 621.7.012

А.М. Шпилька, ст. викл.

М.М. Шпилька, к.т.н., доцент

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ НА ПРОЦЕС ШЛІФУВАННЯ

Проведено аналіз сучасного стану проблеми застосування ультразвукових коливань при шліфувальній обробці матеріалів та доведено його високу продуктивність.

Ключові слова: *ультразвукове шліфування, накладення ультразвуку, коливання, різальний інструмент, фактори процесу шліфування.*

А.Н. Шпилька, ст. преподаватель

Н.Н. Шпилька, к.т.н., доцент

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ПРОЦЕСС ШЛИФОВАНИЯ

Проведен анализ современного состояния проблемы применения ультразвуковых колебаний при шлифовальной обработке, и доказана его высокая продуктивность.

Ключевые слова: *ультразвуковое шлифование, наложение ультразвука, колебания, режущий инструмент, факторы процесса шлифования.*

A.N. Shpilka, senior lecturer

N.N. Shpilka, c.t.s., associate professor

Poltava national technical university named after Yuri Kondratyuk

INVESTIGATION THE INFLUENCE OF ULTRASONIC OSCILLATION ON GRINDING PROCESS

The existing problem of application of ultrasonic vibrations to grinding materials was analyzed and its high productivity was proved.

Keywords: *ultrasonic grinding, ultrasonic application, oscillation, cutting tool, factors of grinding process.*

Постановка проблеми. Незважаючи на значимість та поширеність шліфувальної обробки матеріалів, даному процесові притаманний ряд складностей. Висока вартість шліфування, зумовлена значними витратами матеріалів алмазних та абразивних кругів, сприймається на виробництві як «неминуче зло». Крім того, інтенсивні режими обробки призводять до виникнення дефектів оброблюваних поверхонь. Тому зараз інтенсивно впроваджуються новітні, більш технологічні способи виконання шліфувальних операцій. Серед них активно розвивається ультразвукове шліфування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Огляд дисертаційних робіт за останні десять років та технічних наукових видань [1, 2, 5 – 8] показав, що науковці досить рідко звертаються до тематики використання ультразвукової обробки в шліфувальних операціях і кількість кандидатських дисертацій, захищених у даній сфері, невелика [3, 4].

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Не всі сфери застосування ультразвуку в промисловості освоєні однаково. Вивчення його впливу на процес шліфування ще триває [2]. Ультразвукове шліфування досі не має ґрунтовної теоретичної бази і використовується лише на емпіричній основі.

Формування цілей статті. Дана стаття присвячена висвітленню переваг та особливостей технологій застосування ультразвукових коливань в обробці металів різанням на прикладі алмазного шліфування. Доведено більшу продуктивність ультразвукового шліфування.

Виклад основного матеріалу. У машинобудуванні все в більших обсягах використовуються жароміцні сплави та інші важкооброблювані матеріали. Тому інтенсивно впроваджуються нові, більш економічні й технічно більш досконалі виробничі процеси, засновані на використанні електрофізичних методів обробки, зокрема ультразвуку.

Процеси пластичної деформації шару, що зрізається, а також зношення інструменту значною мірою залежать від умов взаємодії робочих поверхонь інструменту з оброблюваною деталлю. Ці умови можна зробити більш сприятливими при збудженні ультразвукових коливань у системі «верстат – пристосування – інструмент – деталь», що призводить до значного зменшення опору утворення стружки та полегшення процесу стружкоутворення.

Результати досліджень дозволили пояснити механізм впливу ультразвукових коливань на обробку металів наявністю теплового ефекту [5], що за деяких умов може викликати пом'якшення та мікрооплавлення металу, який деформується в точках контакту, і, таким чином, значно змінити характер тертя на робочих поверхнях інструменту. Нагрівання під дією ультразвуку відбувається в результаті необоротних процесів мікропластичних деформацій окремих зерен полікристалічних матеріалів. Проникнення елементарних теплових потоків в інструмент та заготовку залежить від матеріалів, із яких вони складаються.

Головною особливістю шліфування з накладенням ультразвукових коливань є створення шляхів обробки, що перетинаються, котрі залишає після себе зерно, що коливається з ультразвуковою частотою. У результаті створюється попередньо фрагментована поверхня і стружка відділяється значно легше. Унаслідок цього спостерігається зниження сили різання.

Одним з критеріїв оцінювання ефективності впливу ультразвукових коливань при шліфуванні прийнята горизонтальна складова сили різання. Вимірювання даного параметра важливе при розробленні оптимальних режимів технологічних процесів абразивної обробки.

Ступінь впливу ультразвукових коливань на кінетику процесів різання залежить не тільки від частоти та амплітуди коливань, а й від їх напрямлення [6].

Найбільш важко керувати процесами формування експлуатаційних властивостей деталей машин, виготовлених зі схильних до фазових перетворень у процесі механічної обробки матеріалів. Як відомо, миттєві контактні температури в зоні шліфування досягають $800 - 1000^{\circ}\text{C}$, а тиск удвічі перевищує межу текучості матеріалу. Зниження сил різання при використанні ультразвукових коливань призводить до того, що шліфування відбувається при нижчих температурах, ніж за звичайних умов. Унаслідок цього знижується кількість таких дефектів обробленої поверхні, як пререпал та залишкові напруження.

Ефективність використання ультразвукових коливань визначалась шляхом порівняння способом шліфування деталей алмазним кругом із накладенням ультразвукових коливань і звичайним шліфуванням. У результаті досліджень встановлено, що в першому випадку отримано перевагу в подачах, співрозмірних з амплітудою ультразвукових коливань, – знижується постійна складова сили різання на 30 – 40 % при обробці кварцового скла і на 60 – 70 % при обробці нержавіючої сталі Х9Н18Т та підвищується якість оброблюваної поверхні на 1 – 2 розряди [2].

Стружка при звичайному шліфуванні приварюється до абразиву і засалює пори круга, важко зчищається щіткою. А при вібраційному шліфуванні утворюється дрібна стружка, більша частина якої легко розлітається. Хоча частина і залишається на поверхні інструменту, її легко змести щіткою. Стружка не приварюється до круга та не забиває пори [8].

За даними роботи [7], застосування ультразвуку дозволяє значно понизити рівень залишкових напруг у поверхневих шарах оброблених деталей, що призводить до ліквідації припалів. Із використанням ультразвуку розроблені нові методи правки кругів [4], однією з особливостей яких є те, що правку шліфувального інструменту можна виконувати безпосередньо під час обробки. Також експериментальними дослідженнями встановлено, що поєднання введення в зону шліфування додаткової енергії електричних розрядів та ультразвукових коливань забезпечує підвищення продуктивності на 10 – 15 %, зниження питомого зносу зерен алмазів і підвищення якості оброблюваної поверхні [3].

Для демонстрації продуктивності обробки з накладанням ультразвукових коливань проводилися дослідження на універсальному плоскошліфувальному верстаті високої точності моделі 3Г71, на якому було встановлено пристосування, схема котрого наведена на рисунку 1.

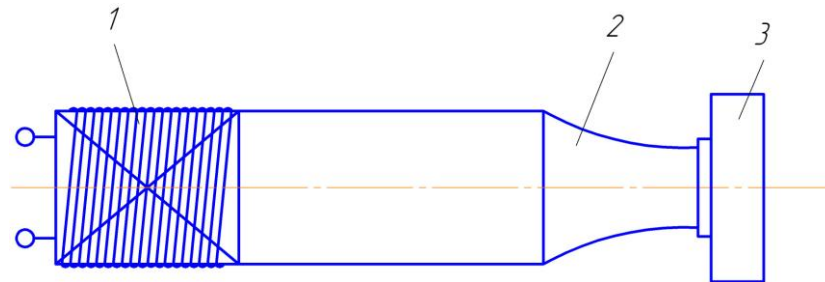


Рисунок 1 – Схема пристосування, що забезпечує коливання шліфувального круга в осьовому напрямку:

- 1 – вібратор поздовжніх коливань; 2 – концентратор коливань;
3 – шліфувальний круг

Для шліфування використовувався алмазний круг марки А1 200×10×2×32 АС4. Для спрощення вимірювання об'єму зішліфованого матеріалу як зразки для обробки використовувалися м'які матеріали – мідні, латунні та алюмінієві бруски. При накладенні ультразвукових коливань частотою 20 кГц і поступовою зміною амплітуди від нуля до 23 мкм було отримано результати, наведені на графіках рисунка 2.

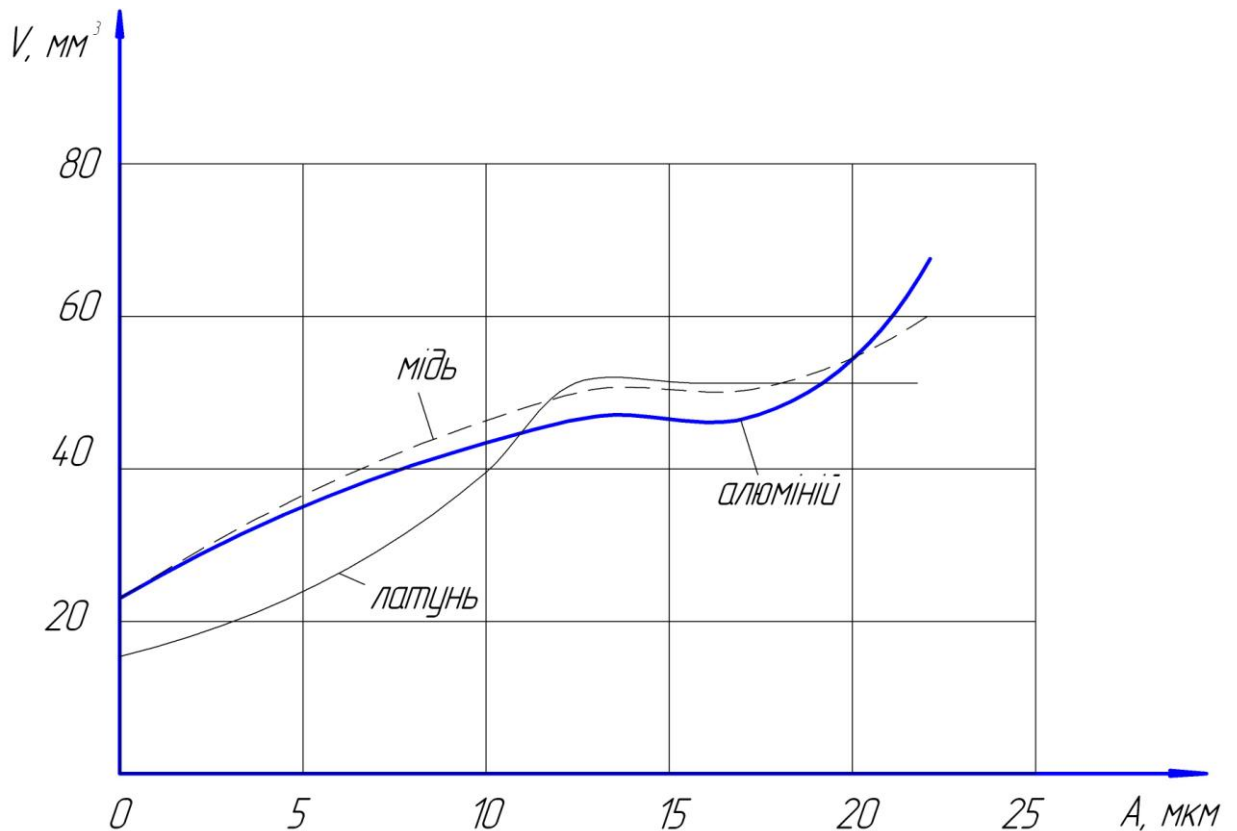


Рисунок 2 – Графіки залежності об'єму зшліфованого матеріалу V , мм³, від амплітуди коливань A , мкм

Обробка здійснювалася при сталих режимах різання протягом однакових проміжків часу для кожного матеріалу. З метою підтримання стабільності різальних характеристик круга інструмент правився після обробки кожного зразка, тож шліфування наведених матеріалів відбувалося в однакових умовах.

Отримані дані доводять, що при накладенні ультразвукових коливань відбувається зростання продуктивності шліфування. На даному етапі дослідження неможливо теоретично обґрунтувати перепади на графіках, що відбуваються в межах амплітуди 12 – 18 мкм.

Застосування ультразвуку має ряд недоліків і проблем, які потребують розв'язання. При високих частотах коливань в ультразвуковому діапазоні у шліфувальному крузі виникають напруги, що впливають на його міцність, яка значно нижча за міцність металів [8].

Висновки. Застосування ультразвуку в механічній обробці, зокрема в шліфуванні, є перспективним і прогресивним напрямом розвитку сучасних технологій. Удається підвищити продуктивність шляхом скорочення машинного часу обробки і підвищити точність, якість та надійність виробів. З'являється можливість здійснювати бездефектне шліфування заготовок, чутливих до структурно-фазових перетворень у поверхневих шарах. Але для поліпшення розуміння процесів, що протікають під час шліфування за наведеним методом, необхідно розробити докладні математичні моделі, які дозволять створити не емпіричні рекомендації щодо призначення режимів обробки, а теоретично обґрунтовані методики максимально ефективного застосування ультразвукових коливань при шліфуванні.

Література

- 1. Киселев, Е. С. Интенсификация процессов механической обработки использованием энергии ультразвукового поля: учебное пособие / Е.С. Киселев. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 186 с.*
- 2. Хорбенко, И.Г. Ультразвук в машиностроении / И.Г. Хорбенко. – М.: Машиностроение, 1974. – 280 с.*
- 3. Набока, Е.В. Повышение эффективности алмазного шлифования путем введения электрических разрядов и ультразвуковых колебаний в зону резания: автореф. дисс. на соискание науч. степени канд. тех. наук: спец. 05.03.01 «Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки» / Е.В. Набока. – Харьковский гос. политехнический ун-т. – Х., 1998. – 25 с.*
- 4. Мурашкин, С.В. Повышение эффективности процесса шлифования за счет правки шлифовальных кругов с применением ультразвуковых колебаний: автореф. дисс. на соискание науч. степени канд. тех. наук: спец. 05.03.01 «Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки» / С.В. Мурашкин. – Тольятти, 2006. – 20 с.*

5. Резников, А.Н. Теплофизика резания / А.Н. Резников. – М.: Машиностроение, 1969. – 288 с.

6. Лапаев, Ю.А. Исследование процесса шлифования при ультразвуковых колебаниях алмазного круга / Ю.А. Лапаев, М.В. Щичилин, К.В. Соколов // Физические основы промышленного применения ультразвука. – Л.: ЛДНТП, 1970. – 42 с.

7. Мышов, М.С. Влияние ультразвука на процесс шлифования / М.С. Мышов, А.Н. Михайлов. – Донецк: ДонНТУ, Инженер, 2007. – Вып 8. – С. 70 – 72.

8. Кумабэ Д. Вибрационное резание / Д. Кумабэ; пер. с япон. С.Л. Масленникова. – М.: Машиностроение, 1985. – 423 с.