

УДК 621.9

І.В. Слободянюк, К.О. Заставський, В.С. Майборода
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Визначення динамічних навантажень при МАО в робочій зоні кільцевого типу в умовах великих магнітних зазорів

Магнітно-абразивне оброблення це один з методів фінішного оброблення деталей складної форми. У сучасному виробництві дуже важливо максимально ефективно використовувати наявні ресурси, зокрема електроенергію та час. Знання процесів і зусиль, що виникають при магнітно-абразивному обробленні дозволяє керувати продуктивністю. Даний метод можливо широко застосовувати у різних галузях промисловості, для оброблення різнопрофільних деталей виготовлених з різних матеріалів. Аналіз науково-технічної літератури показав, що для оброблення магнітно-абразивним методом деталей складної геометричної форми, до яких відноситься осьовий та кінцевий різальний інструмент, багатогранні твердосплавні пластини, лопатки газотурбінних двигунів та ін., доцільно виконувати на установках з кільцевим розташуванням робочої зони [1-6]. Дослідження [4-6] впливу магнітно-абразивного оброблення (МАО) в умовах великих магнітних зон на показники якості різального інструменту показують, що за рахунок формування магнітно-абразивного інструменту (МАІ) зі стабільними властивостями можливо досягнути зниження шорсткості робочих поверхонь в 1,5-2 рази, підвищення поверхневої твердості на 10-15%, формувати радіуси округлення в діапазоні 10-25 мкм з повним видаленням з поверхонь мікрозадирок, заусенок та розполіруванням мікрОВиривів. Проте для контрольованого впливу на деталь недостатньо інформації про фізичні процеси, які відбуваються в робочій зоні при контакті МАІ з оброблюваними поверхнями, що являється важливою особливістю даного методу [1-3].

При МАО в умовах великих магнітних зазорів з кільцевим розташуванням робочої зони ефективність процесу різання визначається притисканням абразивних зерен до оброблюваної поверхні, рівномірним розподілом відносних рухів елементів МАІ та оброблюваних поверхонь деталей, а також здатністю МАІ до відновлення форми в процесі роботи [4]. Одним з найважливіших параметрів, від якого залежить ефективність

оброблення є динамічний чинник. Тому, актуальним є дослідження нормальних сил, що виникають в процесі MAO і створюються за рахунок «динамічного» навантаження без врахування сил, що виникають при додатковому обертанні зразків навколо власної осі.

Сила, з якою МАІ діє на оброблювану поверхню деталі, є результуючою силою комплексу сил магнітного, електромагнітного і механічного походження, які діють на кожне окреме абразивне зерно, що знаходиться в робочій зоні верстату. Сили взаємодії фєроабразивного середовища з оброблюваною поверхнею визначаються характером зовнішнього магнітного поля, електропровідними і магнітними властивостями матеріалу порошку та оброблюваної деталі, величиною робочої зони, схемою оброблення, фізико-механічними характеристиками порошкового середовища, формою і розмірами зерен, властивостями вживаних МОТС, швидкістю переміщення оброблюваного виробу навколо осі кільцевої ванни, траєкторією руху в робочій зоні [1, 4, 5].

З огляду на складність визначення кожної складової сили окремо, в дослідженні було знайдено результуючу силу опору МАІ на оброблювану поверхню деталі. На схемі (рис. 1) зображено узагальнені складові сил, що діють на оброблювану деталь в робочій зоні кільцевого типу.

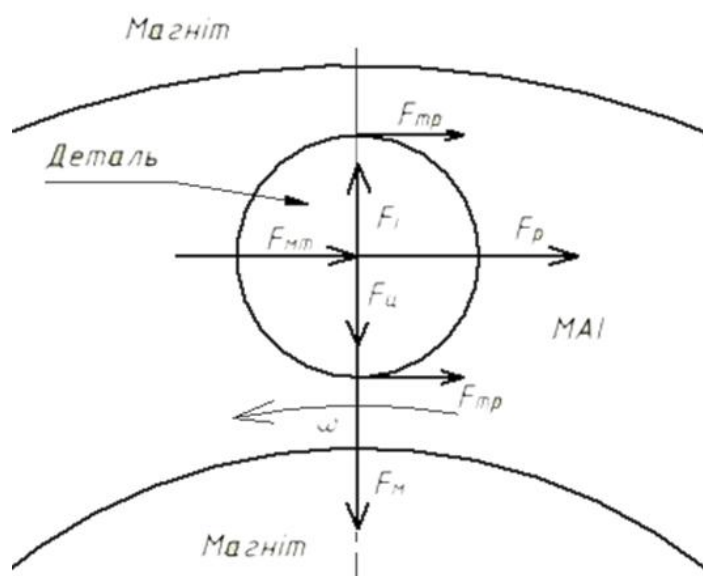


Рис. 1. Розподіл сил при МАО деталей в робочій зоні кільцевого типу

Результуюча сила F_p – це сума векторів сил, які діють на деталь, а саме: магнітної сили F_m , сили інерції F_i , центробіжної сили $F_{\text{ц}}$, сили механічного

тиску F_{MT} та сили тертя F_{TP} . Розроблену методику, яка дозволяє визначити зусилля, що виникають при МАО в робочій зоні кільцевого типу модельних зразків виготовлених з феромагнітних та парамагнітних матеріалів. Для безпосереднього контролю силових характеристик, які виникають між поверхнею оброблюваних зразків та МАІ в робочій зоні кільцевого типу розроблено спеціальне пристосування з тензодатчиком, який працює на згин. Дане пристосування складається з верхнього перехідника, що закріплюється у шпинделі верстату та базується по чотирьох отворах, тензодатчика, на якому наклеєні тензорезистори, верхнього перехідника та оправки для закріплення дослідних зразків. Отриманий з тензодатчика сигнал зчитується за допомогою АЦП та передається на ЕОМ [8].

Модельні зразки циліндричної форми діаметром 16 мм та довжиною 30 мм закріплювались на оправці в пристосуванні з тензодатчиком в перпендикулярному положенні до площини робочої зони верстату (ширина – 35 мм, висота – 30 мм), таким чином щоб відстань між полюсними наконечниками та оброблюваною поверхнею була однаковою. Зразки виготовляли з бронзи БрАЖ та титанового сплаву ВТ-8, які відносяться до парамагнітних матеріалів та феромагнітної сталі 40Х13.

Для формування МАІ використовували порошки осколкової форми Феромап з зернистістю 200/100 мкм та 400/315 мкм, оскільки даний тип порошку отримано методом розпилення з розплавів і є універсальним [5, 7]. Для забезпечення рівномірного, контрольованого і продуктивного оброблення по висоті робочої зони використовували відновлювальний стержневий елемент (ВСЕ) у вигляді контртіла для формуванню заданих стабільних властивостей МАІ, за рахунок примусового переміщення витісненого порошку в зони активного оброблення – в міжполюсний простір [4, 5].

При дослідженні змінювали значення швидкості переміщення зразків вздовж кільцевої робочої зони 1, 2 та 3 м/с та величину магнітної індукції в діапазоні 0,17 - 0,24 Тл.

Величина результуючої сили опору МАІ на оброблювану поверхню F_p з урахуванням швидкості руху модельних зразків та величини магнітної індукції, отримана зі спеціального пристосування та опрацьована в середовищі Excel представлена у вигляді гістограм на рис. 2 – 4.

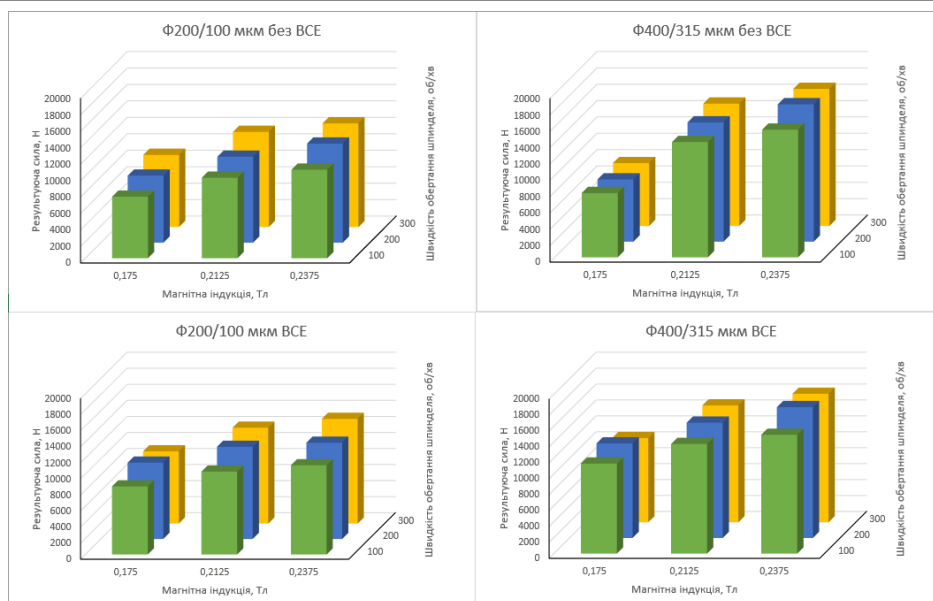


Рис. 2 Зміна результуючої сили F_p при обробленні сплаву ВТ-8 в залежності від зміни швидкості обертання шпинделя та магнітної індукції

На рис. 2 показано, що при обробленні титанового сплаву ВТ-8, результуюча сила зростає при зростанні величини магнітної індукції та збільшенні швидкості переміщення зразків вздовж робочої зони. Збільшення фракції абразивного порошку приводить до незначного збільшення сил опору МАІ руху зразка в зоні оброблення. Використання ВСЕ приводить до рівномірного розподілу F_p по висоті робочої зони.

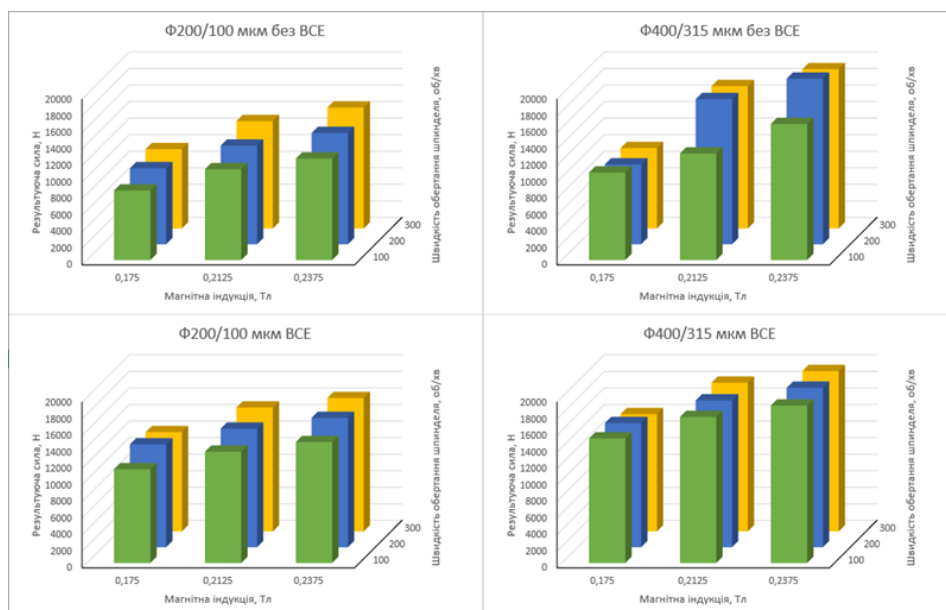


Рис. 3 Зміна результуючої сили F_p при обробленні бронзи БрАЖ в залежності від зміни швидкості обертання шпинделя та магнітної індукції

При обробленні зразків з БрАЖ (рис. 3) мають місце аналогічні закономірності, як і при обробленні сплаву ВТ-8, оскільки дані матеріали мають подібні магнітні властивості. Використання ВСЕ збільшує величину результуючої сили опору оскільки збільшується щільність МАІ в робочій зоні. Зменшення сили F_p при MAO зразків без ВСЕ, пов'язано з частковим витісненням МАІ за межі робочої зони [4, 5].

Аналіз результатів (рис. 4), отриманих при обробленні зразків зі сталі 40X13 з використанням ВСЕ показав, що результуюча сила зменшилась, це може бути пов'язано з феромагнітними властивостями сталі, а саме з перерозподілом порошкового МАІ в зоні оброблення та його розрідженням при використанні ВСЕ.

Варто зазначити, що для всіх виконаних досліджень встановлено, що зміна величини магнітного поля забезпечує більший вплив на результуючу силу опору МАІ на оброблювану поверхню зразків ніж зміна швидкості переміщення деталей в здовж кільцевої робочої зони.

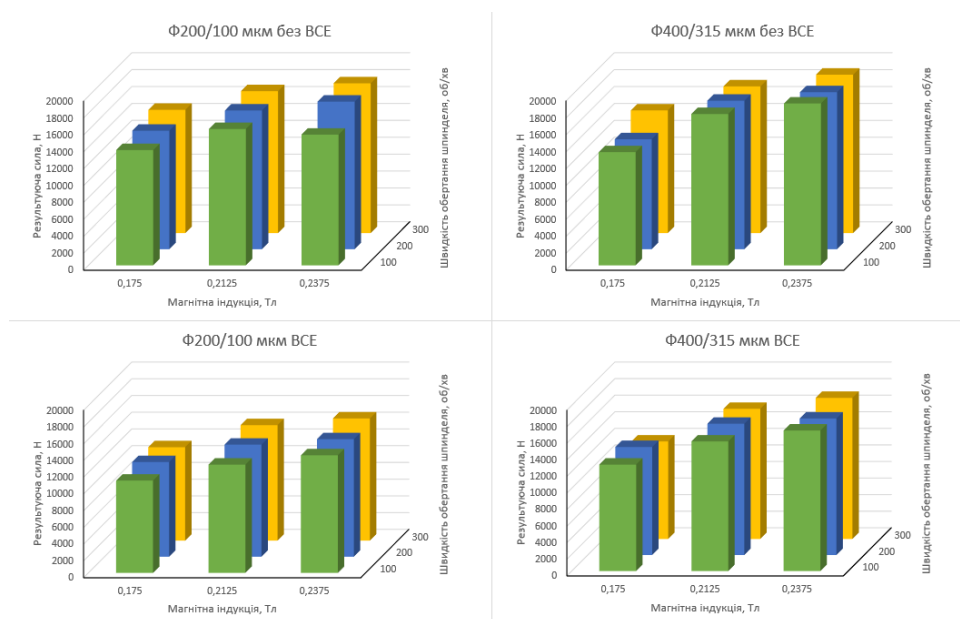


Рис. 4 Зміна результуючої сили F_p при обробленні сталі 40X13 в залежності від зміни швидкості обертання шпинделя та магнітної індукції

Висновки:

1. Зростання результуючої сили опору МАІ на рух модельних зразків під час MAO прямо пропорційне зростанню швидкості переміщення вздовж кільцевої робочої зони та величині магнітної індукції. При чому зміна величин магнітної індукції забезпечує більший вплив ніж швидкість.

2. Використання ВСЕ для формування рівномірного МАІ по висоті робочої зони при MAO зразків з парамагнітних матеріалів збільшує навантаження на оброблювальну поверхню, а для феромагнітних навпаки зменшує.

3. Збільшення розміру абразивних зерен при формуванні МАІ збільшує величину сили результуюча сила F_p .

Отримані дані потребують подальшого опрацювання і можуть бути використанні при конструюванні обладнання для MAO в робочій зоні кільцевого типу деталей різної геометричної форми з різних матеріалів

Список використаних джерел:

1. Барон Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов / Ю.М. Барон. – Л.: Машиностроение, 1986. – 176 с.

2. Акулович Л. М. Технология и оборудование магнитно-абразивной обработки металлических поверхностей различного профиля / Л. М. Акулович, Л. Е. Сергеев. – Минск: БГАТУ, 2013. – 372 с.

3. Investigations on the finishing forces in magnetic field assisted abrasive finishing of SS316L / T. C.Kanish, S. Narayanan, P. Kuppan, S. Denis Ashok. // Procedia Engineering. – 2017. – №174. – pp. 611–620 (doi: 10.1016/j.proeng.2017.01.196)

4. Майборода В. С. Магнитно-абразивная обработка деталей сложной формы / В. С. Майборода, И. В. Слободянюк, Д. Ю. Джулий. – Житомир: ПП «Рута», 2017. – 272 с. – (<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27484>).

5. Ткачук І. В. Формування магнітно-абразивного інструменту зі стабільними властивостями в робочих зазорах кільцевого типу : дис. канд. техн. наук : 05.03.01 / Ткачук І. В. – Київ, 2015. – 164 с.

6. Джулій Д.Ю. Підвищення якості багатогранних непереточуваних твердосплавних пластин при магнітно-абразивному обробленні в кільцевій ванні : дис. канд. техн. наук: 05.03.01 / Джулій Д.Ю. – Київ, 2014. – 175 с.

7. Оликер В.Е. Порошки для магнитно-абразивной обработки и износостойких покрытий / В.Е. Оликер. – М.: Metallurgia, 1990. – 176 с.

8. Давидюк, А. І. Силові характеристики в магнітно-абразивному інструменті в робочій зоні кільцевого типу : магістерська дис. : 133 Галузеве машинобудування / Давидюк А. І. – Київ, 2018. – 104 с.