

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДВЕДЕННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ДО ЗОНИ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ

**Федотьев А. М., Миронов Я. В.**

Для повышения обрабатываемости высокопрочных сплавов, дающих стружку надлома необходимо повышать их пластичность и разупрочнять в зоне резания. При пластической деформации поверхность резания заготовки имеет некоторый барьерный эффект. Перспективным способом добиться увеличения (или уменьшения) подвижности дислокаций является использование гибридной магнитоимпульсно-лезвийной обработки конструкционных материалов. Итак, задачей, которую решали в этой работе, является моделирование распределения магнитного поля в зоне резания заготовки из немагнитного железоуглеродистого сплава на примере процесса точения. Лучший вариант заключается в следующем: замыкание магнитопровода через режущую пластину и заготовку при контакте заготовки и подвижной части магнитопровода через ролик или шарик. Для подтверждения выдвинутой гипотезы о применении МПЭ при лезвийной обработке необходимо дальнейшее проведение натуральных экспериментов.

Для підвищення оброблюваності високоміцних сплавів, що дають стружку надлому необхідно підвищувати їх пластичність і розміцнювати в зоні різання. При пластичній деформації поверхня різання заготовки має деякий бар'єрний ефект. Перспективним способом досягти збільшення (або зменшення) рухливості дислокацій є використання гібридної магнітоімпульсно-лезової обробки конструкційних матеріалів. Отже задачею, що розв'язували у цій роботі, є моделювання розподілення магнітного поля в зоні різання заготовки із немагнітного залізвуглецевого сплаву на прикладі процесу точіння. Найкращий варіант полягає у наступному: замикання магнітопроводу через різальну пластину і заготовку при контакті заготовки і рухомої частини магнітопроводу через ролик або кульку. Для підтвердження висунутої гіпотези про застосування МПЕ при лезовій обробці необхідне подальше проведення натурних експериментів.

To improve the processing capability of alloys great strength, giving the chip fracture is necessary to raise their flexibility and softening in the cutting zone. During plastic deformation of the surface of cutting a workpiece has some barrier effect. A promising way to accomplish increasing (or decrease) the dislocation mobility is the use of a hybrid magnetic pulse-blade processing of structural materials. Thus, the problems to be solved in this work is the simulation of the magnetic field distribution in the cutting zone harvesting of non-magnetic iron-carbon alloy as an example of the process of turning. Best variant is as follows: magnetic closure through the cutting insert and the workpiece when the workpiece and the movable contact part magnetic via a roller or bead. To confirm proposed hypothesis on the application of the MPE with the blade must be processed further carrying out of natural experiments.

Федотьев А. М.

Миронов Я. В.

канд. техн. наук, доц. КрНУ,  
[fan450@yandex.ru](mailto:fan450@yandex.ru)  
аспірант КрНУ

КрНУ – Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, м. Кременчук.

УДК 621.91.01: 537.636

**Федотьев А. М., Миронов Я. В.**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДВЕДЕННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ДО ЗОНИ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ**

Відомо, що в роботі [1] для підвищення оброблюваності високоміцних сплавів, що дають стружку надломом необхідно підвищувати їх пластичність і розміщувати в зоні різання.

При пластичній деформації [2] поверхня кристалів, а отже і поверхня різання заготовки має деякий бар'єрний ефект: поверхня, через різні фактори, перешкоджає виходу дислокацій. Скупчення дислокацій, що утворюються при поверхні, створюють обернене, протидіюче напруження на джерела дислокацій. У результаті для подальшого розвитку пластичної деформації необхідно збільшувати навантаження.

Сучасні методи інтенсифікації процесу різання засновані на збільшенні рухливості дислокацій і зменшенні активаційних бар'єрів руху дислокацій, зокрема викликаних фононними і електронними механізмами дисипації. Деякі з них, що знайшли деяке практичне застосування в обробці різанням, це електрофізичні, комбіновані із використанням ультразвуку та електрохімічні методи обробки, способи різання з додатковим пластичним деформуванням і тепловою дією [3].

Перспективним способом досягти збільшення (або зменшення) рухливості дислокацій за рахунок використання інерційного ефекту і зменшення дисипації енергії при електронних і магнетних взаємодіях є використання гібридної магнітоімпульсно-лезової обробки конструкційних матеріалів. Суть її полягає у введенні у зону різання імпульсного магнітного поля (ІМП), що є збуджувачем вимушених коливань рухомих дислокацій і перешкод цьому руху (точкових дефектів та інших структурних недосконалостей). При синхронізації коливального руху дислокацій під дією ІМП буде відбуватись резонансне відкріплення їх від перешкод руху і, таким чином, зменшення опору пластичній деформації. Іншою стороною використання цього способу впливу на рухливість дислокацій є збільшення супротиву рухливості дислокацій, що проявляється у збільшенні твердості оброблюваного матеріалу [4].

Для ефективного використання цього вкрай перспективного для процесів різання ефекту, що дозволить як керувати енергонасиченістю процесу і якістю обробки так і розширити межі раціонального використання інструментальних матеріалів необхідно встановити певні критерії вибору параметрів додаткового впливу ІМП. Основою такого вибору може стати імпульсне електромагнітне випромінювання при їх руйнуванні [5, 6], що характеризує синхронну частоту актів руйнування.

На сьогодні МПЕ експериментально використовується для обробки металів тиском [7]. При цьому знижується рівень залишкових напружень в металі, підвищується пластичність, корозійна стійкість, змінюється структура металу, його властивості тощо.

Раніше було запропоновано використати МПЕ для комбінованої лезової обробки [8]. При цьому прогнозувалося значне зменшення сил різання, підвищення якості оброблюваної поверхні та збільшення стійкості різального інструменту. Оскільки основними конструкційними матеріалами наразі є залізобуглецеві сплави (сталь та чавун), актуальним є дослідження можливості використання МПЕ для поліпшення оброблюваності таких матеріалів. Отже задачею на даному етапі є комп'ютерне моделювання розподілення магнітного поля в зоні різання заготовки із немагнітного залізобуглецевого сплаву на прикладі процесу точіння для визначення раціональної схеми створення магнітного поля у зоні різання і замикання магнітопроводу.

Для виконання моделювання розподілу магнітного поля в зоні різання використовували прикладне програмне забезпечення (ППЗ) SolidWorks 2013 із додатком EMS 2012. Для цього розробили розрахункову тривимірну модель, наведену на рис. 1. Розташування магнітопроводів

показано схематично. Матеріал сердечника магнітного генератора – пермалой 78, магнітопроводів – нікелевий порошок, обмотки – мідний дріт діаметром 2,5 мм (250 витків). Параметри котушки, що задавалися у ППЗ EMS 2012 наведено на рис. 2.

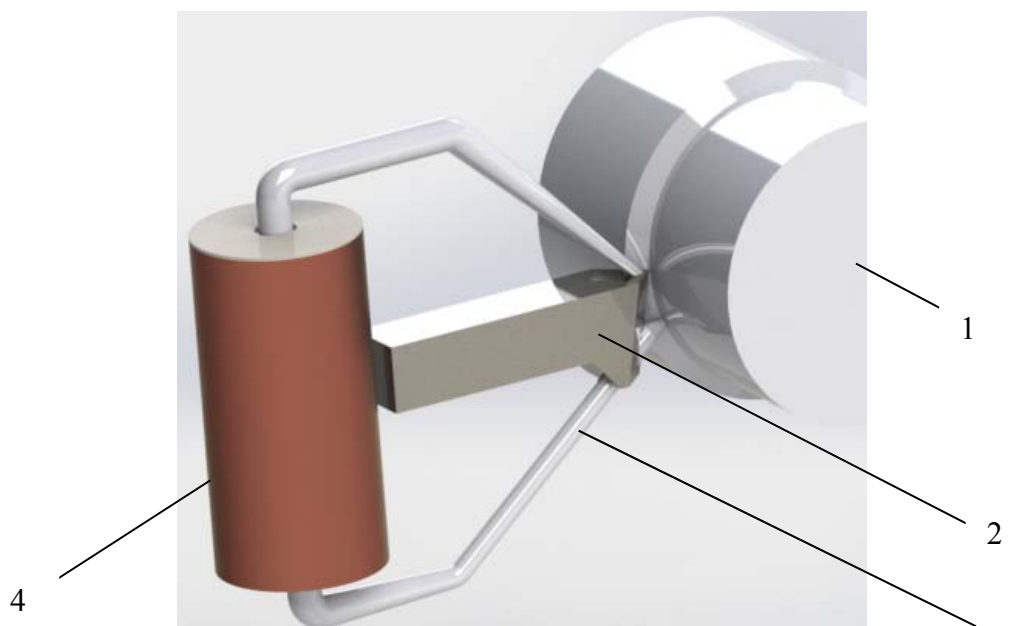


Рис. 1. Загальний вигляд розробленої розрахункової тривимірної моделі:  
1 – оброблювана заготовка; 2 – різець; 3 – магнітопровод; 4 – електромагніт

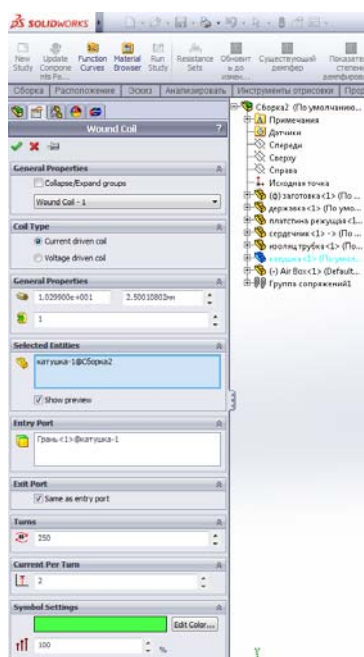


Рис. 2. Параметри котушки, що задавалися у ППЗ EMS 2012

На першому етапі проводили попереднє дослідження із замиканням магнітопроводу через різальну пластину (матеріал різальної частини – оксид алюмінію) магнітні властивості матеріалу якої встановлювали як «без постійного намагнічування» («non permanent magnetization»). Результати цього дослідження наведено на рис. 3. Аналіз цих даних свідчить про те, що навіть через матеріал різальної частини, що не має феромагнітних властивостей магнітний потік замикається доволі задовільно і максимум щільності магнітного потоку в магнітопроводі (0,12 Тл). Але при цьому магнітні лінії майже не спостерігаються в зоні різання.

Наступним етапом було створити такі умови замикання магнітного потоку, щоб максимум щільності магнітного потоку припадав на зону різання. Отже провели дослідження із замиканням магнітного потоку через заготовку. Для цього перебудували тривимірну модель, створили сітку скінчених елементів (рис. 4) і задали певні вхідні параметри (рис. 5).

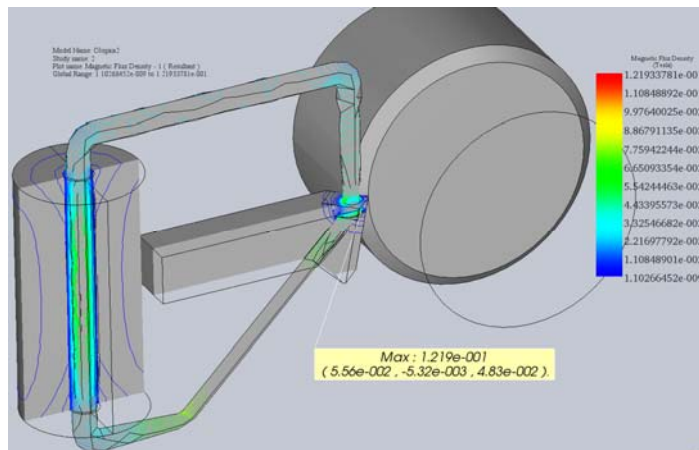


Рис. 3. Розподіл щільності магнітного потоку в магнітопроводі, що замикається через різальну пластину

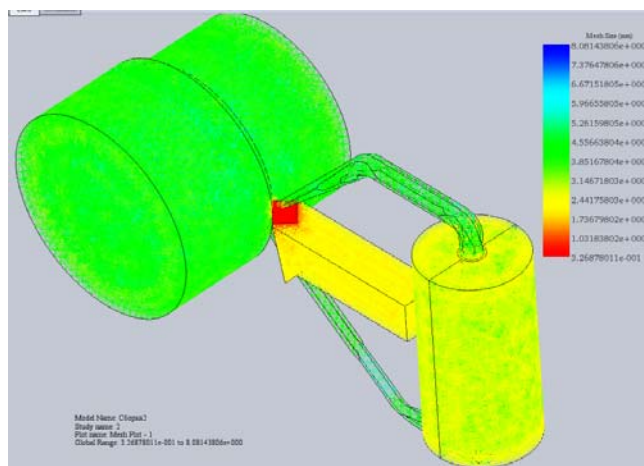


Рис. 4. Сітка скінчених елементів, побудована на розрахунковій тривимірній моделі при замиканні магнітного потоку через заготовку

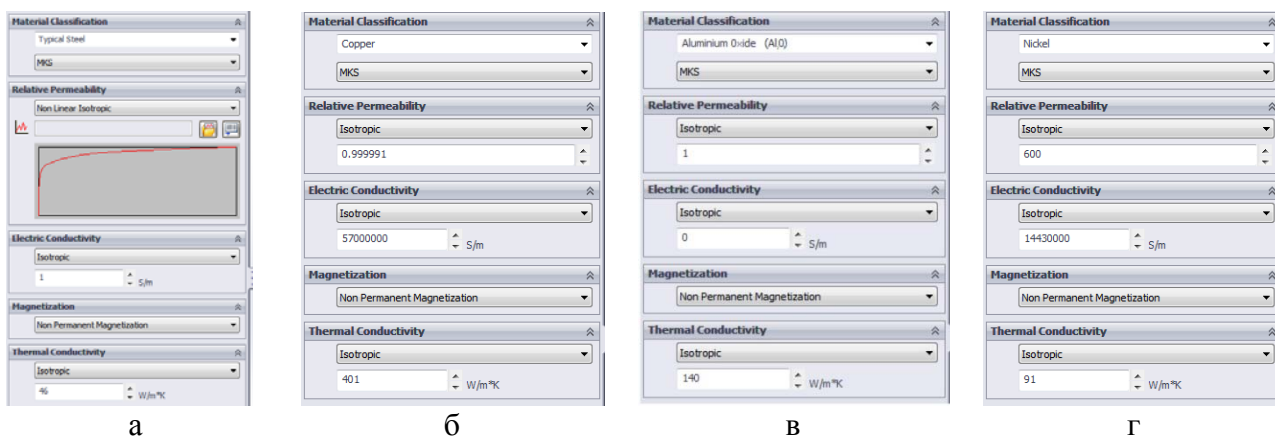


Рис. 5. Параметри матеріалів магнітного контуру:

а – заготовка; б – котушка; в – різальна пластина; г – магнітопровод

Результати цього дослідження наведені на рис. 6.

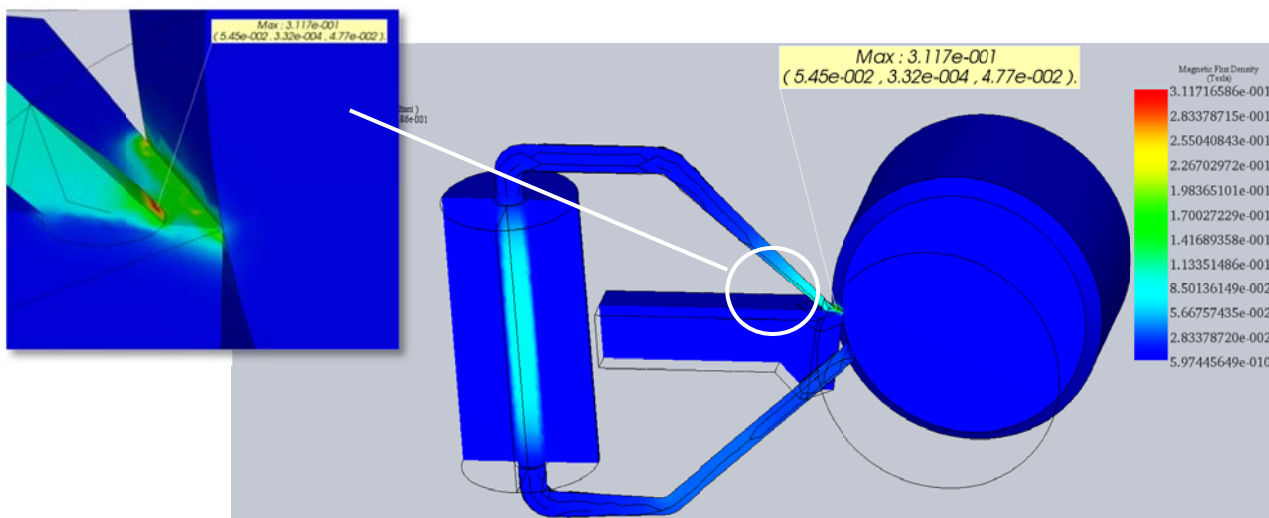


Рис. 6. Розподіл щільності магнітного потоку в магнітопроводі, що замикається через заготовку

Видно, що максимум щільності магнітного потоку (0,31 Тл) спостерігається в місті контакту різальної пластини і магнітопроводу. В зоні різання величина щільності магнітного потоку становить порядку 0,17 Тл, що є задовільним результатом.

На наступному етапі було необхідно замінити щільний по поверхні контакт магнітопроводу із заготовкою. Для цього створили дві моделі: одну із зазором між магнітопроводом і заготовкою, що дорівнював 0,1 мм і із замиканням на заготовку через точковий контакт, що моделює реалізацію такого способу замикання за допомогою кульки.

Перший варіант не дав позитивних результатів, тому ці результати в даній роботі не наводимо.

Результати моделювання другого варіанту наведено на рис. 7. Видно, що при зменшенні максимального значення щільності магнітного потоку (0,27 Тл) розподіл щільності магнітного потоку в зоні різання став рівномірнішим і максимальне значення в зоні різання досягає 0,25 Тл.

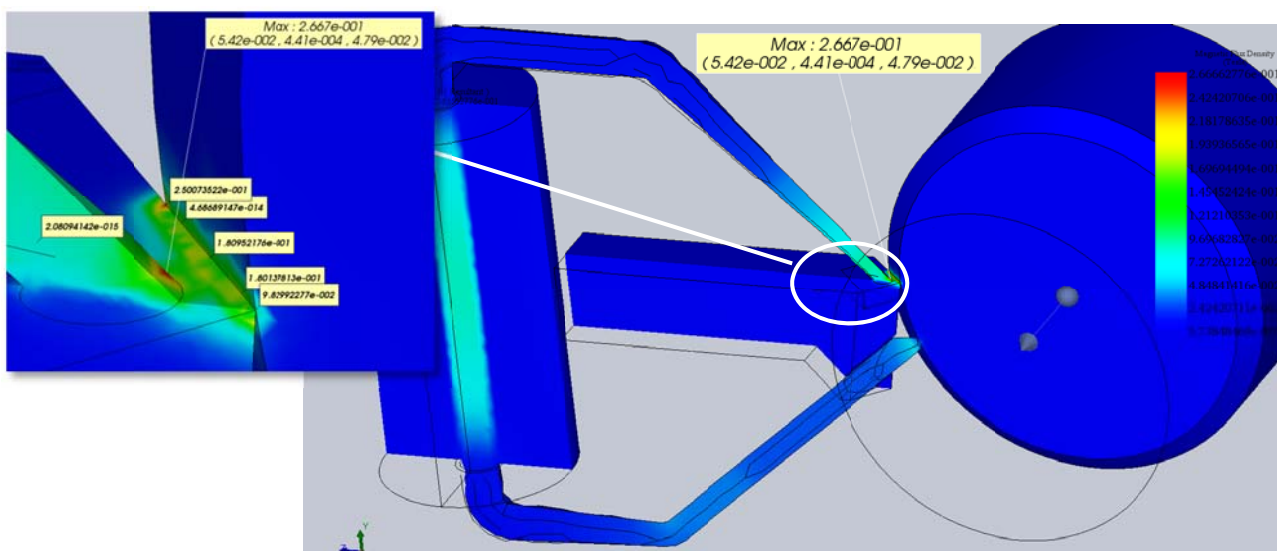


Рис. 7. Розподіл щільності магнітного потоку в магнітопроводі, що замикається через заготовку точковим контактом

## ВИСНОВКИ

Таким чином, у даній статті показана можливість підведення магнітного поля до зони різання. Найкращий варіант полягає у наступному: замикання магнітопроводу через різальну пластину і заготовку при контакті заготовки і рухомої частини магнітопроводу через ролик або кульку. Для підтвердження висунутої гіпотези про застосування МПЕ при лезовій обробці необхідне подальше проведення натурних експериментів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Старков В. К. *Физика и оптимизация резания материалов*. / В. К. Старков – М. : Машиностроение, 2009. – 640 с.
2. Алехин В. П. *Физика прочности и пластичности поверхностных слоев материалов* / В. П. Алехин – М., Наука, 1983. – 282 с.
3. Ермаков Ю. М. *Комплексные способы эффективной обработки резанием: Библиотека технолога* / Ю. М. Ермаков – М. : Машиностроение, 2005. – 272 с.
4. *Поверхностное упрочнение металлических материалов с помощью магнитно-импульсной установки. Новые металлические материалы и процессы* / В. В. Гайдук, В. Р. Роккель, Д. В. Гайдук, В. Л. Володин, Т. В. Володин // *Сталь: Международный научно-технический и производственный журнал* – 15/07/2004. – № 7. – С. 87–89.
5. *Определение кинетических констант и критического размера разрушения композиционных материалов на основе регистрации импульсного электромагнитного излучения при их разрушении* / В. В. Иванов, П. В. Егоров, В. И. Климов [и др.] – *Прикладная механика и техническая физика*. – 1994. – Т. 35. – № 4. – С. 153–159.
6. Srilakshmi B. 2005a. *Secondary electromagnetic radiation during plastic deformation and crack propagation in uncoated and tin-coated plain-carbon steel* / B. Srilakshmi, A. Misra // *Journal of Materials Science*, № 40 (23).–P. 6079–6086.
7. Делюсто Л. Г. *Основы прокатки металлов в постоянных магнитных полях*. / Л. Г. Делюсто – М. : Машиностроение, 2005. – 272 с.
8. Федотьев А. М. *Розробка пристрою для гібридної магнітоімпульсно-лезової обробки конструкційних матеріалів* / А. М. Федотьев, Л. П. Федотьєва // *Качество, стандартизация, контроль: теория и практика: Материалы 13-й Международной научно-практической конференции, 30 сентября – 04 октября 2013 г., г. Ялта*. – АТМ України, 2013. – С. 163–166.