Тому для стружкодробарок даної конструкції оптимальною частотою обертання ножів є 18...25 хв$^{-1}$. Така частота обертів визначає ефективний процес подрібнення стружки будь-яких марок сталі при мінімальних крутних моментах, тобто з мінімальною потужністю привода.

Отримані результати досліджень можуть застосовані на машинобудівних заводах при експлуатації обладнання з переробки і дроблення металевої стружки, а також при розробці нових або удосконаленні існуючих конструкцій машин для подрібнення стружки.

УДК 621.30

Колочко О.М., головний інженер
Товариство з обмеженою відповідальність «ДАК», 4459114@gmail.com
Сюе Сяньдін, аспірант
Саленко О.Ф., докт. техн. наук, професор
Гаврушкевич А.Ю., к.т.н., доцент
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», salenko2006@ukr.net
Габузян Г.В., викладач-методист
Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського», galina.gabuzyan@gmail.com

АДАПТИВНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ СТРУМИННО-АБРАЗИВНОГО РІЗАННЯ РІЗНОТОВЩИННИХ ЗАГОТОВОК

При гідро-абразивному розкроюванні [1] на верстатах з метою отримання максимальної продуктивності використовуються різні підходи. Переважно це робота із підвищеним (понад 300 МПа) рівнем тиску. Однак для тонколистових заготовок це веде до енергетичних перевитрат. Найбільш складна ситуація для заготовок, що мають різну товщину, коли спроможність струменя обтікати перешкоди та змінювати напрям стікання (і, відповідно, якість крайки і точність відтворення контуру) веде до значного підвищення ймовірності виникнення браку. Саме тому задача адаптивної системи керування процесом постає нагальною та актуальною.

Запропонована система стабілізації процесу гідрорізання побудована на принципі підтримки заданої швидкості у функції товщини оброблюваної заготовки за умови, що зростання товщини листа вимагає зменшення швидкості контурної подачі [3]. Така система включає засоби контролю товщини листа, пристрою порівняння, пристрою завдання номінальної швидкості залежно від опору руйнування заготовки, пропорціонального або пропорційно-інтегрального регулятора, електронного аналогового елемента з керованою постійною часу, обмежуючого пристрою. Вихід останнього елемента є керуючим сигналом для приводу поздовжньої подачі. Гідро-абразивне різання постає високоефективним [4,5], достатньо надійним та продуктивним способом розкроювання листових заготовок з різних матеріалів, який нині активно використовується при профільному формоутворенні пласких виробів. Забезпечуючи достатньо високу якість сформованої крайки, спосіб додатково потребує вивчення особливості різання товстих (понад 10 мм) листів, особливо у випадку, коли опір руйнування таких матеріалів є достатньо високим.

З точки зору теорії автоматичного управління, привод подачі за параметром швидкості представляє собою типовий інерційний елемент, а процес швидкості подачі може бути представлено більш складною структурою, яка містить, крім іншого, елемент чистої затримки сигналу у часі. Послідовне поєднання розглянутих елементів робить систему нестійкою та призводить до виникнення автоколивань швидкості подачі (рис.1).

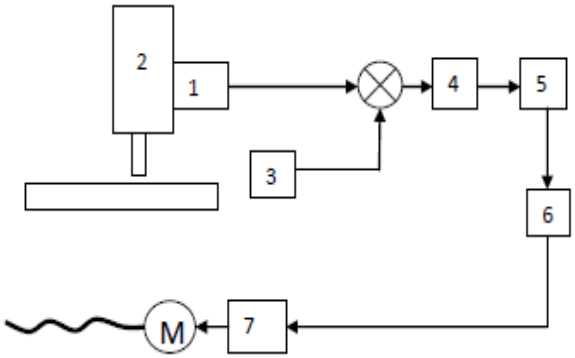
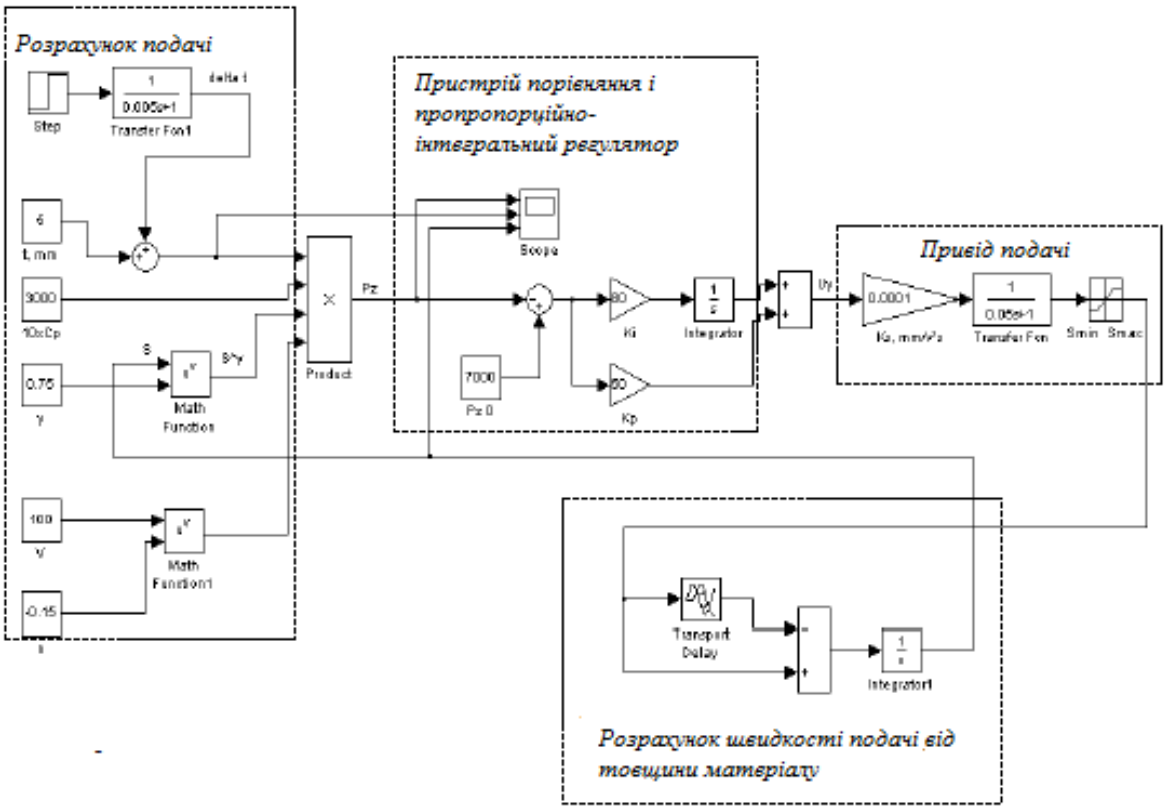
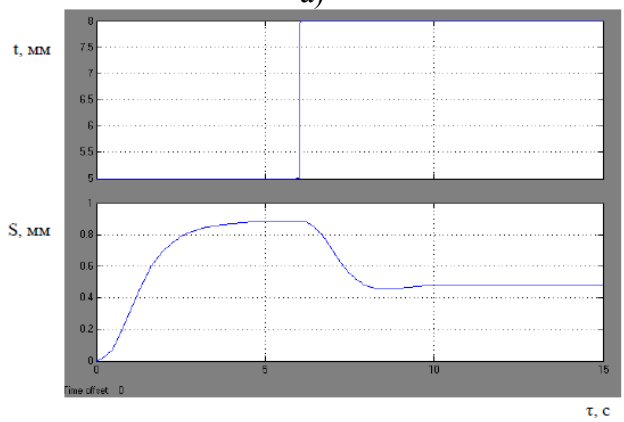


Рис. 1 – Структурна схема системи оптимального керування швидкістю подачі з урахуванням товщини оброблюваної заготовки: 1- засіб контролю товщини листа; 2 – засіб порівняння; 3 – засіб ідентифікації та початкового введення даних; 4 – регулятор; 5 – аналоговий перетворювач; 6 - обмежувач; 7 – драйвер приводу



а)



б)

Рис. 2 – Динамічна модель системи (а) та змодельований перехідний процес її реакції (б)

На рис. 2,б наведені графіки перехідного процесу, які описують реакцію системи на зміну контрольованого параметру (товщини заготовки). При цьому для забезпечення максимальної продуктивності алгоритм керування наступний. Врізання виконується перпендикулярно до площини контуру та з деякою мінімальною швидкістю подачі V_{min}, яка встановлюється на основі виконання тестового різу так, щоб рівень тиску був достатній для отримання якісного різа для даної товщин заготовки (контролюються параметри шорсткості, хвилястості, деструкції – для композиційних матеріалів). Під час обходу контуру встановлюються макрогеометричні параметри торцевої поверхні та обчислюється необхідна швидкість подачі за наступною формулою:

$$V = V_{min} \cdot ([P]/P)^{1/y},$$

де $[P]$ – максимально доступний до регулювання тиск різання, обмежений джерелом живлення (гідросистемою); P - тиск, при якому якість обробки задовольняє вимогам; y - показник ступеня, який характеризує вплив подачі на тиск для даних умов обробки**.**

При цьому швидкість подачі на наступному кроці контроля коригують за рівнянням

$$V_{i+1} = V_i \cdot ([P]/P)^{1/y},$$

де V_i - швидкість подачі на поточному одиничному різі за умови забезпечення якості обробки для даної товщини h_i заготовки.

На відміну від системи [6], пропонована система стабілізації не охоплює усіх контурів керування і потребує початкової ініціалізації (тобто визначення для матеріалу товщиною h_1 значень потрібної подачі V) при заданому рівні тиску P, однак зміна товщини до h_i за умови знаходження тиску на рівні, чим $[P]$ дозволяє за рахунок зменшення величини подачі усунути погіршення якості різу. Зокрема, за рахунок більшого відхилення струменя рідини, що стікає. Зазвичай така ситуація погіршує як шорсткість поверхні, так і глибину її деструкції (для випадку, коли мова йде про оброблення композиційних матеріалів, оскільки функціональна обумовленість $Ra=f(V_i, P, \ldots)$ залишається сталою для достатньо широкого діапазону товщин матеріалів). Тож замість контролю кута стікання струменя за [6] пропонується у якості опорного використовувати сигнал виміру товщини заготовки, що конструктивно є більш доцільним і простим рішенням.

Список посилань

1. Tolga Mert. Water jet cutting technology and its comparison with other cutting methods in some aspects. Academic Journal of Science. 2012.

2. Aydin, G., Karakurt, I. & Aydiner, K. An investigation on surface roughness of granite machined by abrasive waterjet. Bull Mater Sci 34, 985 (2011). https://doi.org/10.1007/s12034-011-0226-x.

3. Akkurt A. Effect of cutting speed on surface roughness in AWJ cutting applications of commercial pure aluminium and Al-6061 aluminium alloy. Journal of Polytechnic. 2005. Vol. 8, no. 1. P. 69–79. https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2004.01.013.

4. Salenko A., Docenko V., Mana A. Some aspects of composite materials hydro jetting from the point of view of linear mechanics destruction // Journal of the Technical University of Gabrovo, №36, 2008. – p.45-55.

5. Саленко, О. (2001). Наукові основи високоефективного гідро різання : дис. … д-ра техн. наук . Київ, 2001. 240 с.

6. Саленко О.Ф., Приходько В.І. Адаптивна система для регулювання процесу гідрорізання // Резание и инструмент в технологических системах, № 60. – Харьков: НТУ “ХПИ”, 2001. – С. 205-212.