

АППАРАТУРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСТИМУЛИРОВАННОГО ВОЛОЧЕНИЯ

Кузнецов В.А., Громов В.Е., Кузнецова Е.С., Косинов Д.А., Невский С.А.
Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия,
gromov@physics.sibsiu.ru

Внимание исследователей в областях физического материаловедения и обработки материалов в последние годы сосредоточено на использовании внешних энергетических воздействий для интенсификации технологических процессов [1]. Это относится к процессамковки и прокатки [2,3], волочения [4,5], металлообработки [6,7], соединения материалов [8,9], спекания [10,11], листовой штамповки [12,13]. Наиболее подробно использование электрических воздействий отражено в двух последних обзорах [14,15].

Несмотря на растущее использование токовых воздействий для целей интенсификации формоизменения надежные экспериментальные и теоретические представления о процессах пластической деформации весьма ограничены, а физическая природа эффекта пластификации металлов изучена явно недостаточно. Это сдерживает использование перспективного явления в технологии обработки металлов давлением.

Решение задач исследования механизмов развитой электростимулированной пластической деформации и ее практического применения в обработке металлов давлением возможно лишь с применением источников мощных коротких токовых импульсов. Для волочения проволоки из труднодеформируемых сталей и сплавов наиболее эффективно применение источников мощных однополярных токовых импульсов [16].

В настоящей работе приведена схема генератора мощных токовых импульсов и описание системы регулирования параметров электростимулированного волочения.

На рис. 1 приведена схема экономичного и быстродействующего генератора импульсов, выполненная с использованием тиристорных преобразователей. Генератор формирует однополярный токовый импульс синусоидальной формы длительностью ~ 120 мкс, частотой до 500 Гц и амплитудой 8 – 10 кА.

Принцип действия генератора основан на периодическом разряде предварительно заряженного конденсатора на низкоомную нагрузку. Для снижения мощности генератора, потребляемой из питающей сети 380 В, а также с целью регулирования в широких пределах напряжения заряда (амплитуды импульса) вместо нерегулируемого выпрямителя на диодах в схему введены управляемые тиристорные преобразователи.

Для регулирования величины амплитуды импульса реализована двухконтурная система подчиненного регулирования напряжения. Внутренний контур системы автоматического регулирования организован, как контур регулирования тока заряда, а внешний контур – регулирования напряжения заряда конденсаторов. Ограничение максимального тока заряда осуществляется блоком ограничения регулятора напряжения S2, блок ограничения регулятора тока S1 позволяет устанавливать минимальное и максимальное значение угла регулирования тиристорного преобразователя [17].

В процессе опытно-промышленных испытаний было установлено, что частота воспроизведения импульсов тока должна соответствовать скорости движения заготовки. Например, если в момент начала движения заготовки подать импульсы тока, то температура заготовки может увеличиться до 1000 градусов за доли секунды, что приведет к выходу из строя заготовки и волочильного инструмента еще до начала процесса разгона. Для решения этой проблемы были созданы автоматизированные быстродействующие системы управления параметрами волочения – температурой в зоне деформации и усилия волочения.

Для анализа режимов работы при электростимулированном волочении проволоки с использованием системы автоуправления (САУ) и ее совершенствования

выполнена модель САУ процессом электропластического волочения в среде Матлаб Симулинк.

Переходные процессы осциллографировались. При анализе процессов изменения параметров САУ при разгоне электропривода было показано, что импульсы нарастают в функции изменения скорости электропривода, при этом отсутствует недопустимое повышение усилия волочения и недопустимая температура в зоне деформации заготовки.

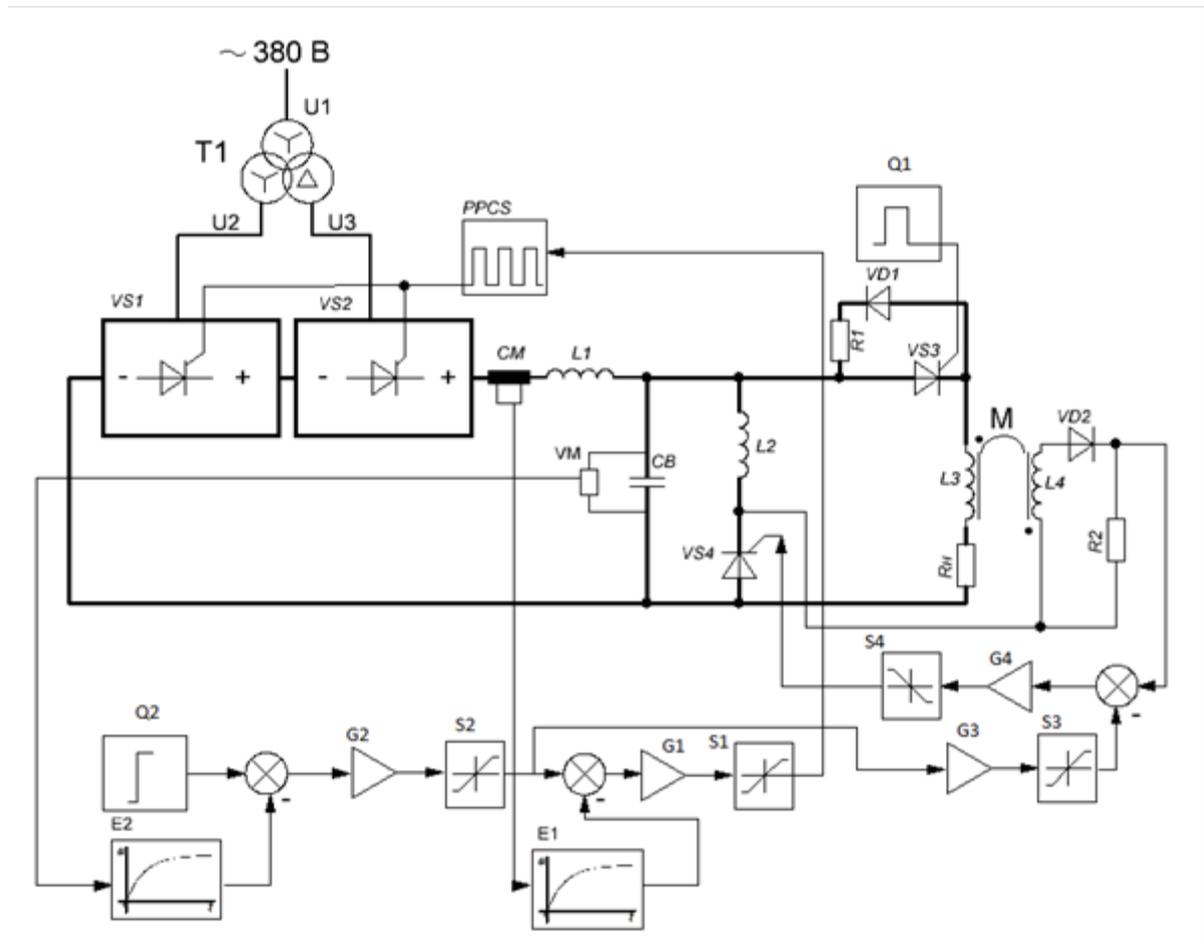


Рисунок 1 - Блок-схема генератора мощных токовых импульсов

Настоящая работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-32-60048 мол_а_дк.

Список литературы

1. A Review of Electrically-Assisted Manufacturing With Emphasis on Modeling and Understanding of the Electroplastic Effect / B.J. Ruszkiewicz, T. Grimm, I. Ragai, L. Mears, J.T. Roth // Journal of Manufacturing Science and Engineering. - 2017. -V. 139. - P. 110801 (1-15).
2. Metallic Forging Using Electrical Flow as an Alternative to Warm/Hot Working / T.A. Perkins, T.J. Kronenberger, J. T. Roth // ASME J. Manuf. Sci. Eng. - 2007. -V. 129(1). - P. 84–94.
3. Mg–3Al–1Zn Alloy Strips Processed by Electroplastic Differential Speed Rolling / X. Li, F. Wang, X. Li, J. Zhu, G. Tang, // Mater. Sci. Technol. - 2016. - V. 33(2). - P. 215–219.

4. Experimental Study of Electroplastic Effect on Stainless Steel Wire 304L / G. Tang, J. Zhang, M. Zheng, J. Zhang, W. Fang, Q. Li, // Mater. Sci. Eng. A. - 2000. -V. 281(1). - P. 263–267.
5. The Engineering Application of the Electroplastic Effect in the Cold-Drawing of Stainless Steel Wire / G. Tang, J. Zhang, Y. Yan, H. Zhou, W. Fang // J. Mater. Process. Technol. - 2003. - V. 137(1). - P. 96–99.
6. Electroplastic Cutting Influence on Power Consumption During Drilling Process / S. Hameed, H.A.G. Rojas, A.J.S. Egea, A.N. Alberro // Int. J. Adv. Manuf. Technol. - 2016. - V. 87(5–8). - P. 1835–1841.
7. Static Electropulsing-Induced Microstructural Changes and Their Effect on the Ultra-Precision Machining of Cold-Rolled AZ91 Alloy / D. Zhang, S. To, Y.H. Zhu, H. Wang, G.Y. Tang // Metall. Mater. Trans. A. - 2012. - V. 43(4). - P. 1341–1346.
8. Electrically Assisted Friction Stir Welding for Joining Al 6061 to TRIP 780 Steel / X. Liu, S. Lan, J. Ni // J. Mater. Process. Technol. - 2015. - V. 219. - P. 112–123.
9. Friction Stir Welding Assisted by Electrical Joule Effect / T.G. Santos, R. Miranda, P. Vilaca // J. Mater. Process. Technol. - 2014. - V. 214(10). - P. 2127–2133.
10. Direct Comparison Between Hot Pressing and Electric Field-Assisted Sintering of Submicron Alumina / J. Langer, M. J. Hoffmann, O. Guillon, // Acta Mater. - 2009. - V. 57(18). - P. 5454–5465.
11. Electric Current Activated/ Assisted Sintering (ECAS): A Review of Patents 1906–2008 / S. Grasso, Y. Sakka, G. Maizza // Sci. Technol. Adv. Mater. - 2009. - V. 10(5). - P. 053001.
12. Development of Novel Tools for Electricity-Assisted Incremental Sheet Forming of Titanium Alloy / R. Liu, B. Lu, D. Xu, J. Chen, F. Chen, H. Ou, H. Long, // Int. J. Adv. Manuf. Technol. - 2016. - V. 85(5). - P. 1137–1144.
13. Investigation on the Electrically-Assisted Stress Relaxation of AZ31B Magnesium Alloy Sheet / H. Xie, X. Dong, F. Peng, Q. Wang, K. Liu, X. Wang, F. Chen // J. Mater. Process. Technol. - 2016. - V. 227. - P. 88–95.
14. A Review of Electrically-Assisted Manufacturing / H. Nguyen-Tran, H. Oh, S. Hong, H. N. Han, J. Cao, S. Ahn, D. Chun // Int. J. Precis. Eng. Manuf. Green Technol. - 2015. - V. 2(4). - P. 365–376.
15. Recent Advances and Challenges in Electroplastic Manufacturing Processing of Metals / L. Guan, G. Tang, P.K. Chu // J. Mater. Res. - 2010. - V. 25(7). - P. 1215–1224.
16. Электростимулированная пластичность металлов и сплавов / В.Е. Громов, Л.Б. Зуев, Э.В. Козлов, В.Я. Целлермаер. М.: Наука, 1996.- 293 с.
17. Аппаратурное обеспечение электростимулированной обработки металлов / В.А. Кузнецов, В.Е. Громов, Е.С. Кузнецова, А.Ю. Гагарин // Изв. ВУЗов. Черная металлургия. – 2017. – Т. 60, № 2. – С. 157 – 162.