

## Bogdan ANTOSZEWSKI<sup>1</sup>, Andrzej KAPŁON<sup>2</sup>, Jarosław ROLEK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>KIELCE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, CHAIR OF TEROTECHNOLOGY

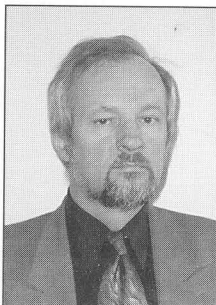
<sup>2</sup>KIELCE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, CHAIR OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

# Electrospark alloying process with respect to the measurement of electrical quantities

Dr hab. inż. Bogdan ANTOSZEWSKI  
prof. Politechniki Świętokrzyskiej

Absolwent Wydziału Mechaniczno Energetycznego Politechniki Wrocławskiej w roku 1974 r., dr nauk technicznych (Politechnika Świętokrzyska) od 1983r., dr hab.inż. od 2000 r. (Politechnika Poznańska), prof. Politechniki Świętokrzyskiej od 2001 r. Specjalizuje się w zakresie : tribologii, inżynierii powierzchni i techniki uszczelniania.

e-mail: ktrba@tu.kielce.pl



Dr hab. inż. Andrzej KAPŁON

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Odeńskiej w specjalności "automatyzacja procesów przemysłowych". Stopień doktora nauk technicznych oraz doktora habilitowanego w dziedzinie elektrotechniki otrzymał na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej odpowiednio w 1986 r. i w 2004 r. Od 1977 roku pracownik naukowo-dydaktyczny Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Świętokrzyskiej. Dyscypliny naukowe: maszyny i napęd elektryczny, a w szczególności: stany nieustalone maszyn elektrycznych, przekształtnikowe napędy elektryczne prądu stałego i przemiennego. Opublikował ponad trzydzieści prac naukowych. Autor kilkudziesięciu opracowań naukowo-technicznych wdrożonych w przemyśle. Członek PTETiS, SEP oraz Izby Rzeczoznawców NOT.

e-mail: a.kaplon@tu.kielce.pl

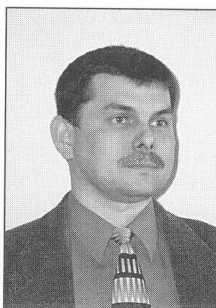


mgr inż. Jarosław ROLEK

Absolwent i pracownik Wydziału Elektrotechniki Automatyki i Informatyki Politechniki Świętokrzyskiej. Od 2004 roku zatrudniony w Katedrze Energoelektroniki Politechniki Świętokrzyskiej na stanowisku asystenta. Współautor publikacji na forum krajowym i międzynarodowym

Obecnie zajmuje się zagadnieniami wielopulsowych układów prostownikowych o niskim współczynniku THD. Dyscypliny naukowe: energoelektronika, dynamika napędu elektrycznego.

e-mail: jrolek@tu.kielce.pl



### Abstract

The work is concerned with a physical model of the electrospark alloying process. It discusses the complexity of measurement of electrical quantities describing an electrospark discharge. The aim of the investigation is to determine the relationship between pulse energy and the amount of a deposit constituting a coating.

### Streszczenie

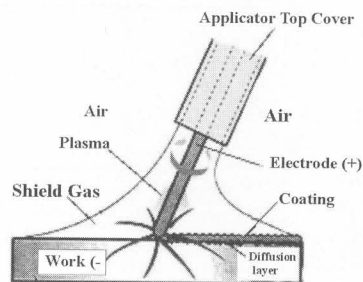
W opracowaniu na tle modelu fizycznego procesu stopowania elektroiskrowego przedstawiono złożoność problemów pomiarowych wielkości elektrycznych opisujących wyładowanie elektroiskrowe. Celem tych badań jest w dalszej perspektywie określenie relacji pomiędzy energią impulsu a masą materiału tworzącą powłokę.

## 1. Introduction

In electrospark alloying, energy released from a spark discharge is used to transport a certain amount of eroded material from one electrode acting as the source of the alloying material on to the other electrode acting as the substrate. The physical phenomena preceding the process, and the accompanying discharges are of a complex nature and still need to be investigated. The most important changes we can observe include an increase in electric field strength when the two electrodes are brought closer together, an electric breakdown, gas ionization in the gap, formation of a plasma channel, light and thermal radiation, vaporization, electrode short-circuit, mechanical interaction of the electrodes, cathode and anode erosion, material deposition, coating formation, diffusion, and solidification. [1], [3]

Studying the experimental data and the profile of a coated surface, one can conclude that the coating formation is accompanied by erosion of the substrate material. The final gain in the coating mass depends on the values of electrical quantities shaping the impulse of an electric discharge. Hence, their key role in the process control.

a)



b)

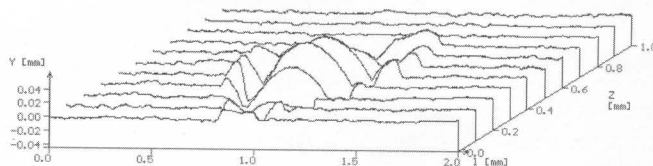


Fig. 1. a) Schematic diagram of the electrospark alloying process [3],  
b) profile of a surface section with a deposited coating (3D image)[2]

## 2. Basic parameters of electrospark alloying

The electrospark alloying was conducted using an ELFA 541 with the following units:

- I - supply-control unit comprising:
  - pulse generator,
  - electronic modules of a system responsible for monitoring and controlling the motion of the spray head working table,
- II - machine-tool unit comprising:
  - mechanical systems of the working table shift along the X and Y axes,
  - spray head mounted on an arm with a system of displacements in the Z-axis direction,
  - control desk.

The spray head is mounted on an extension arm, which enables its initial setting-up in relation to a workpiece. The support where the coating electrode is fitted is driven by a DC electric motor with a variable rotational speed set at the control desk (15 W, 6000 r.p.m.). The follow-up motion in the Z-axis direction is performed by a feedback control system with a DC electric motor (7.5 W, 3500 r.p.m.) and a worm gear. The generator voltage is supplied to the insulated support.

Ranges of parameter variations:

- striking voltage: 90 V,
- amplitude of output current: ten independent degrees, 1.6 A each,

- at the output in a short-circuit state. Total magnitude: max. 16 A,
- output pulse duration (3 , 20 ms), interpulse duration (12 , 180 ms) and pulse-duty factor (0,1, 0,2),
- power consumption: less than 1 kW.
- current , 16 A,
- speed of the table 0.1 , 1 mm/s,
- rotational speed of the spray head with the electrode 600 , 6000 r.p.m.,
- number of coating passes: arbitrary (recommended number of passes 1 , 3),
- capacity of the capacitor system 0.1 , 1 mF,
- discharge frequency 5 , 66.66 kHz.

### 3. Pulse generator

The quality of electrospray alloying depends mainly on the shape, duration, and average value of current or pulse power. An average value of current is directly proportional to the number of generators operating in parallel. Figure 2 shows a schematic diagram of a single pulse generator.

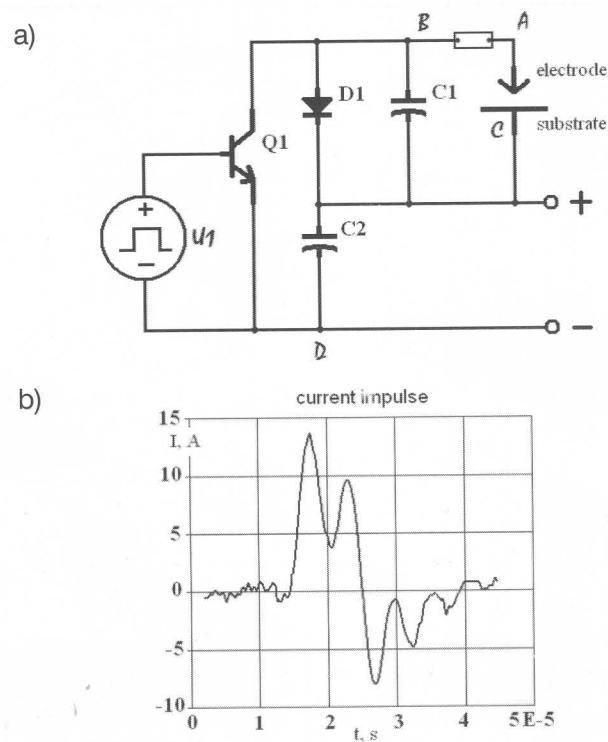


Fig. 2. a) Schematic diagram of a pulse generation system, b) shape of a current impulse.

Electrical energy stored in capacitor  $C_2$  is transmitted to the circuit: substrate - electrode in the form of a spark discharge and current flow. The process is initiated by switching on of a transistor  $Q_1$ . The switching frequency of the transistor is of the order of several to several dozen kHz. Capacitor  $C_1$  allows one to change the shape and duration of a impulse as well as affect the pulse-duty while setting pulse frequency of transistor  $Q_1$ .

To improve the speed and quality of the electrospray alloying process, it is essential to measure as well as record such quantities as current, voltage and power of the electric impulse.

### 4. Measurement of electrical quantities

The frequencies of electric discharges applied in the alloying process (5,66.66 kHz) make

it necessary to use current probes with a relatively wide frequency bandwidth (more than 500 kHz). The simplest and, at the same time, the cheapest method for measurement and registration of current variations is using a current shunt. The pulse voltage is measured directly between the electrode and the substrate. The measurement method is presented in Fig. 3.

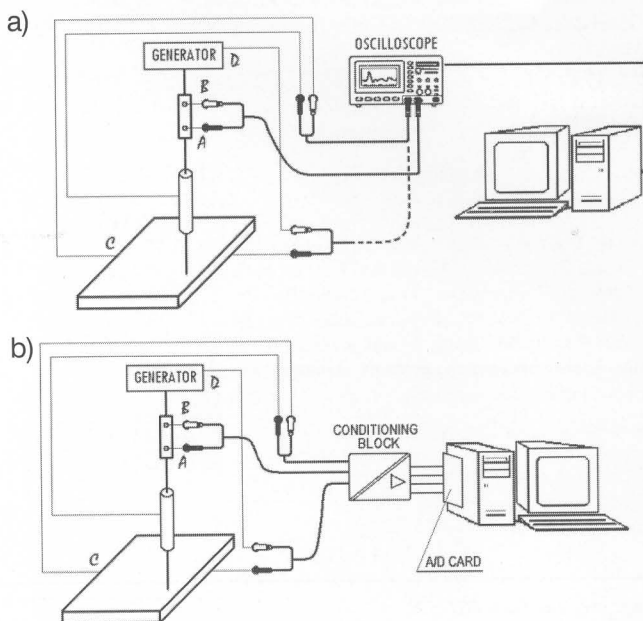


Figure 3. Measurement system for basic electrical quantities: a) using a digital oscilloscope, b) using an A/D converter card.

The values of basic electrical quantities were registered with the aid of an HP 54602A digital oscilloscope and an IBM PC computer (Fig. 3a). The digital oscilloscope allows measuring both voltage and current. The measuring data were sent to the computer via a communication module in the ASCII code format. They were used to determine the mean values of the electrical quantities and to conduct their frequency analysis. Moreover, it was possible to analyze some additional quantities such as instantaneous power of an electrical impulse  $p(t)=u(t) \cdot i(t)$ . Figure 4 illustrates the time plots of current and voltage of the impulse, and supply voltage recorded during the electrospray alloying process, for various pulse frequencies, a various number of operating generators, and various capacity of capacitor  $C_1$ .

Two-directional impulse current in the electrospray alloying process confirms the occurrence of erosion of both the substrate and the electrode acting as the coating material. The first (positive) current impulse is related to the substrate erosion. The pulse shape represents the consecutive processes of electric spark discharge and electric arc formation (plasma channel). An increase in the capacity of capacitor  $C_1$  causes an increase in arc duration. This leads to a rise in the value of a negative current pulse, which is due to the electrode erosion and the material deposition to form a coating. Selecting appropriate shape and duration of both pulses, one is able to modify the electrospray alloying process. The process quality can be assessed by means of a spectrometric examination and a microscopic analysis. The phenomena accompanying electrospray deposition can be described in detail using the electric and mechanical process parameters.

One of the disadvantages of the measurement system presented in Fig. 3a is the fact that only two quantities can be measured and saved at the same time and that the transmission of data from the oscilloscope to the computer is relatively slow. Furthermore, the digital oscilloscope used for measurements operates on 8-bit A/D converter, which reduces the measurement accuracy.

An alternative solution is to replace the oscilloscope with a multi-channel 14-bit control-measurement A/D card using a FIFO buffer and DMA channel (Fig. 3b), which assures high speed and high accuracy of processing. The additional system for data conditioning allows adjustment of input signals to the card measuring range, simultaneous sampling of all inputs and registration of discharge current and voltage, supply voltage, alloying temperature and head rotational speed. By measuring these quantities, one is able to select optimal parameters of electric pulses for a given electrospray alloying process.

## 5. Conclusions

The process of electrospark deposition is usually based on intuitive selection of parameters, which involves averaging the values of current and voltage. The multi-channel measurement of instantaneous values of basic electrical quantities with assessment of the coating structures will allow optimizing the process and making it repeatable.

## 6. References

- [1] Miernikiewicz A.: Doświadczalno teoretyczne podstawy obróbki elektroerozyjnej (EDM) Politechnika Krakowska Rozprawy - nr - 274 - Kraków 1999
- [2] Elektroiskrowe kształtowanie niejednorodnych powierzchni ślizgowych węzłów tarcia zwłaszcza powierzchni roboczych pierścieni uszczelnień czołowych - Sprawozdanie z projektu KBN Nr 8T07C02520 - Kielce 2003
- [3] F.Ghanem, C.Braham, H.Sidhom.: Influence of steel type on electrical discharge machined surface integrity Journal of Materials Processing Technology 142 (2003) 163-173

**Tytuł:** Proces stopowania elektroiskrowego w aspekcie pomiarów wielkości elektrycznych.

Artykuł recenzowany

## INFORMACJE

## National Instruments

National Instruments z przyjemnością informuje o obniżce cen na wszystkie produkty nawet do 20%. Promocja obejmuje między innymi graficzne środowisko programowania LabVIEW, sprzęt akwizycji danych (DAQ), PXI, jak również przyrządy modułowe.

Zapraszamy do odwiedzenia katalogu produktów National Instruments online gdzie znajdują Państwo więcej informacji na temat redukcji cen. Zapraszamy również do kontaktu z naszym biurem pod numerem (22) 33 90 150.

Chcielibyśmy również wspomnieć o poszerzonej ofercie na produkty akwizycji danych tj. USB DAQ (ni.com/daq/usb).

Dzięki obniżce cen oferowanych produktów mogą Państwo zredukować koszt tworzenia aplikacji kontrolno-pomiarowych wykorzystujących np. urządzenia USB plug-and-play, między innymi takie jak USB-6008 i USB-6009. Za 570 PLN w urządzeniach USB-6008 i USB-6009 mają Państwo osiem 12- lub 14-bitowych wejść analogowych, 2 wyjścia analogowe, 12 cyfrowych I/O i jeden licznik.

Przedstawiamy kilka nowych urządzeń USB:

- NI SCXI-1600: Moduł USB rejestracji danych dla SCXI
- NI DAQPad-6015: (for USB) Wielofunkcyjny moduł rejestracji danych dla USB, 200 kS/s, 16-Bit
- NI DAQPad-6016: (for USB) Wielofunkcyjny moduł rejestracji

danych dla USB, ze zwiększoną ilością linii cyfrowego we/wy 200 kS/s, 16-Bit

- NI USB-9211: Moduł wejść termoparowych, 24-bit, 12 S/s
- NI USB-9215: Moduł równoległego próbkowania sygnału, 16-bit, 20 kS/s
- Najnowsze produkty z serii USB DAQ już w cenie od 570 PLN:
- NI USB-6008: Wielofunkcyjny moduł rejestracji danych dla USB, 12-Bit, 10 kS/s
- NI USB-6009: Wielofunkcyjny moduł rejestracji danych dla USB, 14-bit, 48 kS/s
- NI USB-6008/6009 Student Kit: Zestawy rejestracji danych dla studentów

Zapraszamy do odwiedzenia poniższej strony w celu zapoznania się z USB Data Acquisition:

[http://zone.ni.com/devzone/conceptd.nsf/webmain/6108C9AC3C5644A986256F470079FA59?OpenDocument&node=13867\\_US](http://zone.ni.com/devzone/conceptd.nsf/webmain/6108C9AC3C5644A986256F470079FA59?OpenDocument&node=13867_US)

Zapraszamy również do obejrzenia prezentacji na stronie: [http://digital.ni.com/demo.nsf/websearch/2E5D6C2E5A92EC8686256F3B00770374?OpenDocument&node=1603\\_US](http://digital.ni.com/demo.nsf/websearch/2E5D6C2E5A92EC8686256F3B00770374?OpenDocument&node=1603_US)

W razie jakichkolwiek pytań prosimy o kontakt z naszym biurem pod numerem (22) 33 90 150.

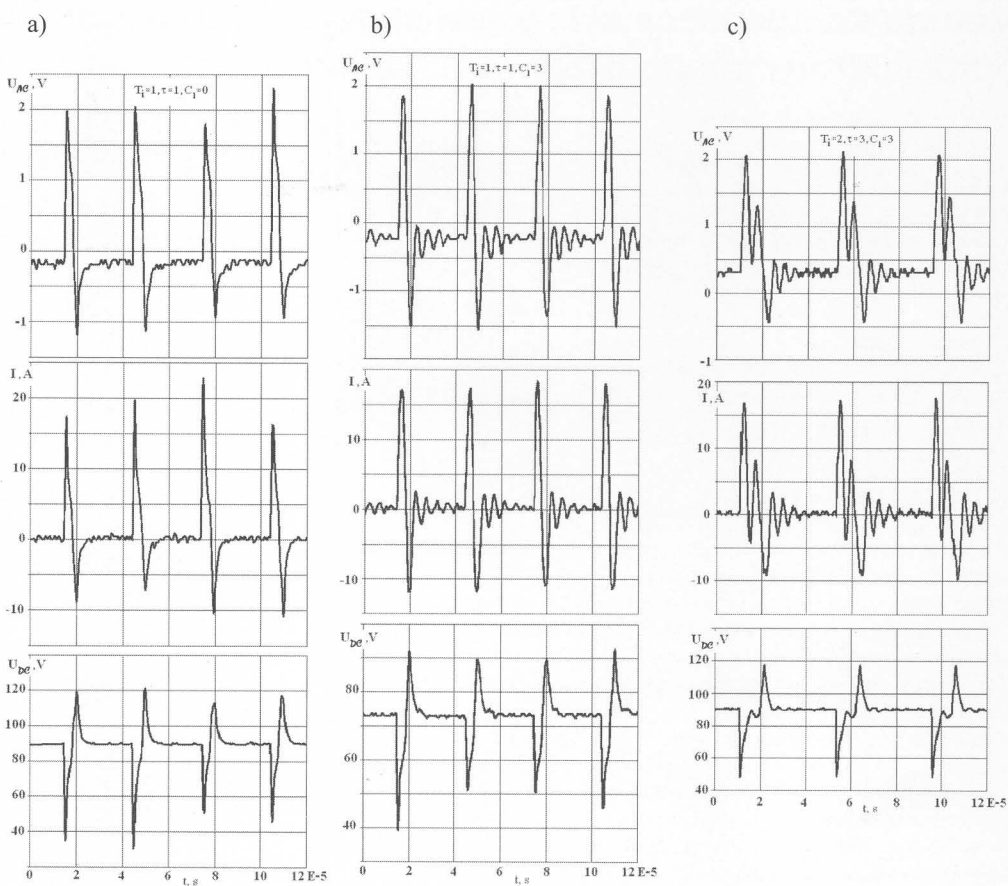


Fig. 4. Time plots of basic electrical quantities.