

Pengaruh Arc On dan Arc Off Time Terhadap Kekasaran Permukaan dan Laju Pembuangan Geram Hasil Pemesinan Sinking EDM

Suhardjono

Dosen Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin - Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya
Kampus ITS Surabaya 60111, Tel.& Fax : 031 5931278

Abstrak

Electrical Discharge Machine (EDM) sinking merupakan salah satu proses permesinan non konvensional yang berbasis komputer sebagai pengendali utamanya. Dimana EDM sinking digunakan untuk membuat rongga cetakan yang memiliki kontur yang kompleks dan kepresisian yang tinggi. Salah satu produk yang sering dikerjakan oleh mesin EDM adalah dies dan mould yang memiliki kekerasan yang tinggi. Peranan dies dan mould pada proses manufaktur seperti deep drawing, forging, pengecoran dan lain-lain sangatlah berpengaruh terutama pada kualitas ketepatan dimensi, kepresisian dan kekasaran permukaan dies. Untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil produk sesuai dengan yang diharapkan maka pengetahuan parameter selama proses permesinan EDM haruslah baik.

Suatu eksperimen yang bertujuan untuk mempelajari pengaruh *arc on time* dan *arc off time* terhadap kekasaran permukaan produk dilakukan untuk mengetahui karakteristik mesin EDM sinking. Ekperimen akan dilakukan pada mesin EDM sinking jenis Charme Pulse CD-50M dan benda kerja plat baja SKD 11 dengan kekerasan 55 s/d 61 HRC yang sering digunakan sebagai bahan dies, electrode yang digunakan tembaga dan fluida dielectric adalah esso lector 40 dengan density 6,8 gr/cm³ pada temperature burning 132°C.

Dalam pengujian ini analisa statistiknya untuk variable bebas adalah *arc on time*, *arc off time* Adapun variable terikat (repon) adalah kekasaran permukaan dan MRR (metal removal rate). Parameter pengujian yang konstan adalah arus listrik 8 ampere, voltase 40 volt, kedalaman pemotongan 0.5 mm, metode jet/side flushing dan untuk parameter pengujian yang tidak konstan adalah pulse on time, pulse off time dan waktu eksekusi tiap titik. Data yang diperoleh dianalisa statistik dengan software Minitab untuk mendapatkan persamaan empiris hubungan antara *arc on time* dan *arc off time* terhadap kekasaran permukaan.

Hasil dari pengujian ini didapatkan bahwa untuk off time konstan dan on time yang semakin naik didapatkan nilai kekasaran permukaan semakin besar dan nilai MRR semakin naik, untuk on time yang konstan serta off time yang semakin naik didapatkan nilai kekasaran permukaan yang relatif konstan dan harga MRR semakin turun. Adapun persamaan empiris yang didapatkan pada software minitab adalah

- Kekasaran Permukaan (Ra) = 0.624. A^{0.4}. B^{-0.01}
 - Metal Removal Rate (MRR) = 0.2. A^{0.25}. B^{-0.53}
- dimana A (*arc on time*), B (*arc off time*).

Kata kunci: *arc on time*, *arc off time*, kekasaran permukaan, metal removal rate (MRR), EDM Sinking.

Abstract

Sinking type electro discharge machine (EDM) is the most popular non conventional machining method in the current decade based on modern CNC controlled. Although the EDM process has been used for decades, it is still widely misunderstood by many in manufacturing. The EDM is used when the work piece material is too hard, or the shape or location of the detail cannot easily be conventionally machined e.g. high precision mold and die with high surface quality. The performance of this process can be indicated by productivity and quality of product to be machined.

An experiment to study the effect of machining parameter on productivity and surface quality has been done by varying the most important parameter *arc on* and *arc off time*. For this experiment a Charme Pulse CD-50M type sinking EDM machine is used to perform the machining process of tool steel SKD 11 material (55 – 65 HRC) with an copper electrode and esso lector 40 of dielectric fluid that having a density of 6.8 gr/cm³ and 132°C burning temperature for jet side flushing. The constant parameters are current 8 Ampere, voltage 40 volt and depth of machining 0.5 mm.

The experimental data is analyzed by statistically program and the result are empirical formulas of the average roughness Ra = 0.624. A^{0.4}. B^{-0.01} and the metal removal rate MRR = 0.2. A^{0.25}. B^{-0.53}, where A is *arc on time* and B is *arc off time*.

Keywords: *arc on time*, *arc off time*, metal removal rate, average roughness, Sinking EDM.

1. Latar Belakang

Penggunaan proses pemessinan non konvensional sekarang ini banyak digunakan di lingkungan Industri untuk proses pengerjaan produk-produk dengan spesifikasi dimensi, geometri dan kualitas permukaan yang lebih baik, akurat dan teliti dibandingkan dengan proses pemessinan konvensional. Mesin EDM yang digunakan adalah mesin EDM *sinking* untuk menangani pemotongan dan pembuatan kontur benda kerja yang memiliki kekerasan tinggi menjadi produk dengan ketelitian dan kepresisian yang tinggi.

Tetapi dalam kenyataan yang terjadi pada penggunaan mesin EDM *sinking* seringkali operator mesin hanya mengandalkan pengalaman dan berdasarkan buku manual saja dalam mengatur parameter mesin, sehingga sering kali hasil produk tidak sesuai dengan yang diharapkan khususnya kualitas permukaan dan kepresisian produk dan operator mesin sering kali harus mengulangi *set-up* mesin dengan cara *'try and error'* sehingga dapat mengurangi efisiensi penggunaan mesin EDM *sinking* serta pemborosan material benda kerja.

Hasil penelitian-penelitian terdahulu dapat diringkas sebagai berikut :

- Huang et al, 2003 [2] meneliti tentang penggunaan getaran ultrasonik pada proses EDM untuk meningkatkan laju pembuangan geram hingga 60 kali lipat dengan tanpa mengakibatkan keausan elektroda yang signifikan.
- Obara et al, 2002 [5] meneliti tentang pengaruh kondisi parameter EDM dan pemakanan (*servo feed*) terhadap ketelitian dan kekasaran permukaan hasil pemotongan proses *wirecut* EDM.
- UNO et al, 2002 [7] mempelajari unjuk kerja proses EDM dari material *aluminium alloy* untuk cetakan plastik (*plastic injection molding*)

2. Tujuan

Salah satu tujuan utama dalam penelitian ini adalah melakukan percobaan eksperimental untuk mendapatkan persamaan empiris yang menjelaskan pengaruh *arc on time* dan *arc off time* terhadap kekasaran permukaan dan laju pengerjaan material produk. Dari persamaan empiris tersebut diharapkan dapat menjadi referensi/pedoman baik bagi perancang proses maupun operator mesin EDM *sinking* untuk mengetahui secara pasti *setting* parameter *arc on time* dan *arc off time* dalam mendapatkan

hasil kekasaran permukaan dan laju pengerjaan material produk sesuai dengan spesifikasi yang dikehendaki.

3. Metodologi

Untuk memudahkan pelaksanaan penelitian ini, maka metode penelitian yang digunakan adalah:

a. Pengujian eksperimen/Percobaan

Mempersiapkan material benda kerja untuk percobaan proses pemessinan pada mesin EDM *sinking*, percobaan dilakukan dengan parameter konstan adalah kedalaman pemotongan, arus listrik, voltage, *flushing* dan parameter yang divariasikan adalah *arc on time*, *arc off time* dan waktu pemessinan, kemudian hasil percobaan diukur nilai kekasarannya. Pemessinan dilakukan di PT. INDOPRIMA GEMILANG, dan pengukuran kekasaran permukaan dilakukan di BLKIP (Balai Latihan Kerja Instruktur dan Pengembangan) Surabaya.

b. Pengumpulan data hasil pengukuran

Setelah percobaan dan pengujian selesai dilakukan maka selanjutnya dilakukan pengumpulan data-data terutama nilai kekasaran permukaan masing-masing penampang dengan alat ukur *Surface Roughness Tester* merk Mitutoyo type MST 301 dengan ketelitian 0,01 μm .

c. Analisa Data

Data-data yang telah terkumpul selanjutnya dianalisa dengan menggunakan *software* Minitab serta didasari dengan teori yang mendukung sehingga memenuhi tujuan penelitian/percobaan.

d. Kesimpulan

Menyimpulkan berbagai hipotesa dan pembahasannya serta menyusun perumusan secara empiris hubungan antara *arc on time*, *arc off time* terhadap kekasaran permukaan dan laju pengerjaan material.

4. Dasar Teori

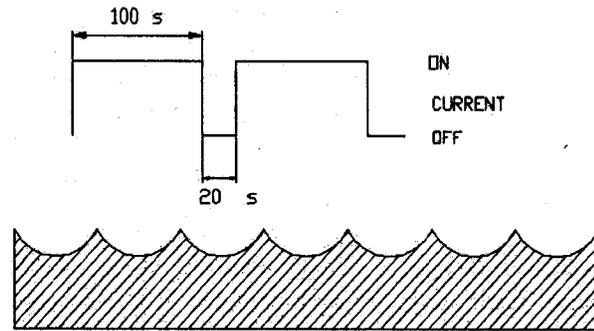
Dalam proses EDM polaritas menggambarkan dimana sisi pada *spark gap* ini memakai polaritas positif (+) atau negatif (-). Polaritas dapat mempengaruhi kecepatan pemotongan, kualitas, keausan elektrode serta stabilitas dari mesin itu sendiri. Mesin EDM dapat menggunakan polaritas positif (+) atau negatif (-) tergantung pada aplikasinya, tetapi hampir

semua operasi EDM menggunakan elektrode sebagai polaritas positif (+), dimana dengan polaritas positif (+) akan menjadikan mesin lebih stabil dan *smooth* dibandingkan dengan polaritas negatif (-). Adapun polaritas negatif (-) digunakan untuk kecepatan potong yang tinggi yaitu ketika memakai elektroda *graphite* dan seharusnya polaritas ini dipakai ketika *machining* dengan *carbide* dan *titanium*. Dengan elektroda sebagai polaritas negatif (-) yang digunakan pada bahan metalic ini akan berjalan lamban, tetapi penggunaan polaritas tersebut akan dapat berjalan baik/sukses dan tidak ada metode lain yang dapat membuat kesuksesan yang serupa. Dimana dengan menggunakan elektroda *graphite* sebagai polaritas negatif (-) akan lebih banyak sekitar 50% dalam hal laju pengerjaan material dibandingkan dengan polaritas positif (+), akan tetapi berakibat keausan elektroda sekitar 30% sampai dengan 40% jika menggunakan polaritas negatif (-). Dan polaritas negatif (-) ini akan menjadi pilihan yang baik jika diinginkan hasil kawah yang besar pada benda kerja dan tentunya kekasaran permukaan juga lebih besar.

Frekuensi

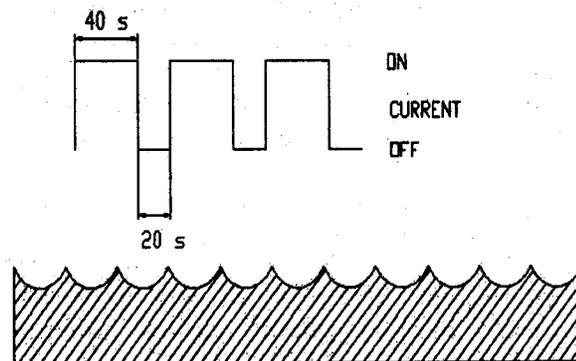
Pengukuran frekuensi ini digunakan untuk mengukur banyaknya jumlah arus saat pemilihan *on* dan *off time*. Selama proses pengasaran ini *on time* biasanya ditambahkan untuk rata-rata pemindahan geram (*metal removal*) yang tinggi. Dan mulai saat awal pelaksanaan pemotongan pada benda kerja sering digunakan frekuensi rendah untuk mendapatkan pemindahan geram yang tinggi. Untuk operasi *finishing* dengan cara memperpendek *on* dan *off time* akan didapatkan siklus *on time* dan *off time* per detik yang memberikan frekuensi tinggi. Seringkali secara aktual dapat diketahui perubahan frekuensi dengan merubah parameter *on* dan *off time* pada saat pengapian (*spark*) sedang berjalan.

Adapun bentuk gelombang pengaturan *on*, *off time* dengan *spark* yang terjadi dapat dilihat pada gambar di bawah ini. Dari gambar 1 sampai dengan gambar 3 ditampilkan bentuk gelombang frekuensi EDM yang lebih sederhana untuk tiap frekuensi yang berbeda dan mempresentasikan efeknya terhadap hasil akhir pada permukaan benda kerja.



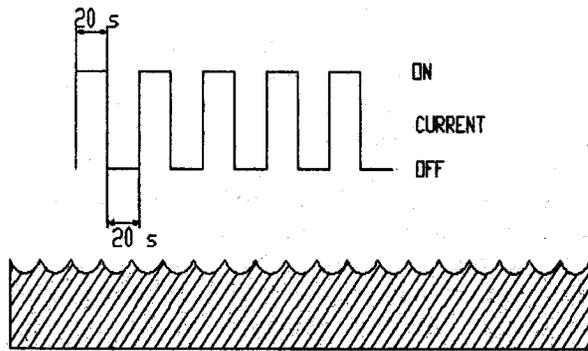
Gambar 1. Frekuensi rendah (*roughing process*)

Pada frekuensi rendah, hasil akhir dengan *on time* yang lama akan didapatkan hasil akhir permukaan yang kasar, ini dikarenakan durasi pengapian yang lama dimana cukup untuk memenuhi untuk memotong benda kerja, frekuensi rendah ini cocok untuk pembuatan cetakan kawah yang besar. Sebagai tambahan pada frekuensi rendah ini sering digunakan untuk awal pengerjaan mesin EDM terhadap suatu produk untuk mendapatkan laju pembuangan geram yang tinggi namun didapatkan hasil permukaan yang kasar. Hasil yang kasar ini nantinya dapat dihaluskan dengan proses finishing kedua, yang dapat dilakukan dengan mesin EDM, mesin ECM (*electrical chemical machining*), AFM (*abrasive flow machining*) atau manual *finishing* lainnya.



Gambar 2. Frekuensi sedang (*semi finishing*)

Pada frekuensi sedang (*semi finishing*), durasi pengapian (*arc on time*) dikurangi sehingga akan menghasilkan kawah yang lebih kecil. Proses *finishing* ini lebih disempurnakan tetapi kecepatan mesin akan menurun tiba-tiba, dimana dalam kasus EDM vertikal keausan elektroda juga akan meningkat.

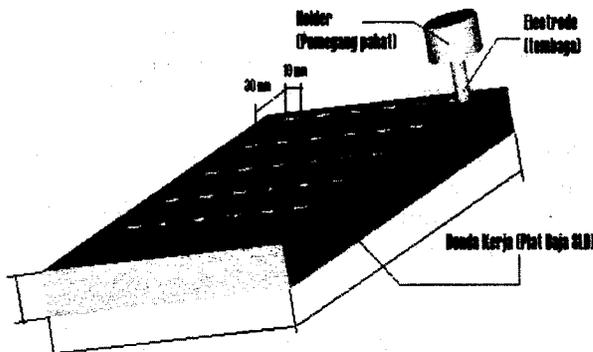


Gambar 3. Frekuensi tinggi (*finishing*)

Pada frekuensi tinggi (*finishing*), penggambaran bentuk gelombang dalam operasi *finishing*, seperti yang terlihat tanda pengapian/*spark* akan lebih kecil. Dengan frekuensi pengapian lebih banyak dalam waktu yang sama. Dengan durasi *spark* yang pendek ini akan dihasilkan pengeluaran geram (*metal removal*) yang sangat sedikit seperti terlihat pada kawah yang lebih kecil. Metode ini digunakan dalam *finishing* EDM dengan penurunan daya dan *on time* sampai didapatkan ukuran dan hasil akhir yang diinginkan. Dan ada banyak kerugian panas yang dialami benda kerja jika dilakukan pada frekuensi tinggi. Hal ini menjelaskan mengapa karbida sangat berpengaruh terhadap keretakan permukaan yang dikerjakan dengan frekuensi tinggi.

5. Pelaksanaan Percobaan

Secara skematis pelaksanaan proses sinking EDM dapat ditunjukkan pada gambar 4.

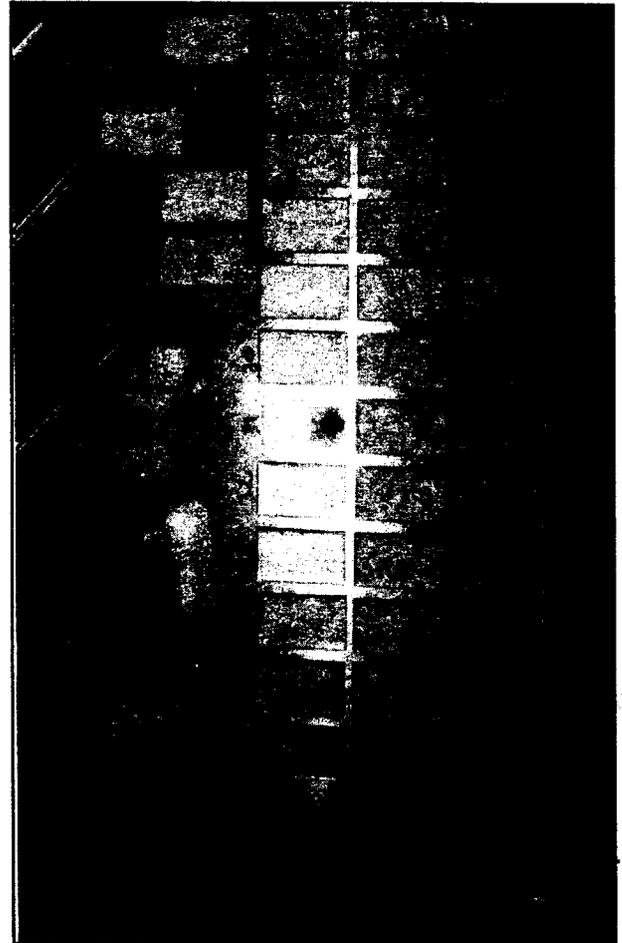


Gambar 4. Skema proses percobaan pemesinan EDM

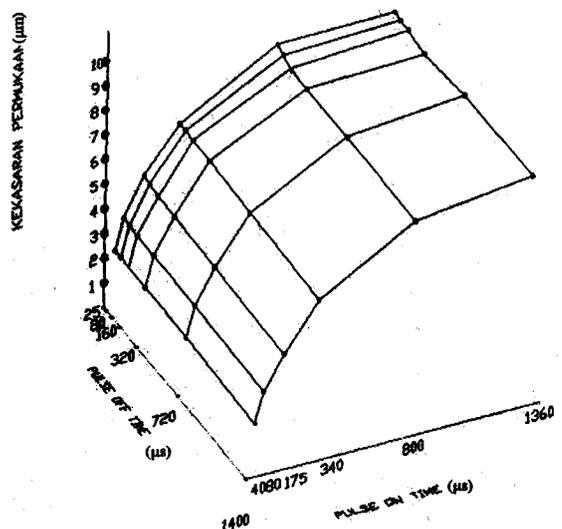
6. Hasil Percobaan

Hasil percobaannya pengaruh *arc on time* terhadap kekasaran permukaan hasil proses sinking EDM untuk beberapa variasi *arc off time* dapat dilihat pada grafik gambar 5.

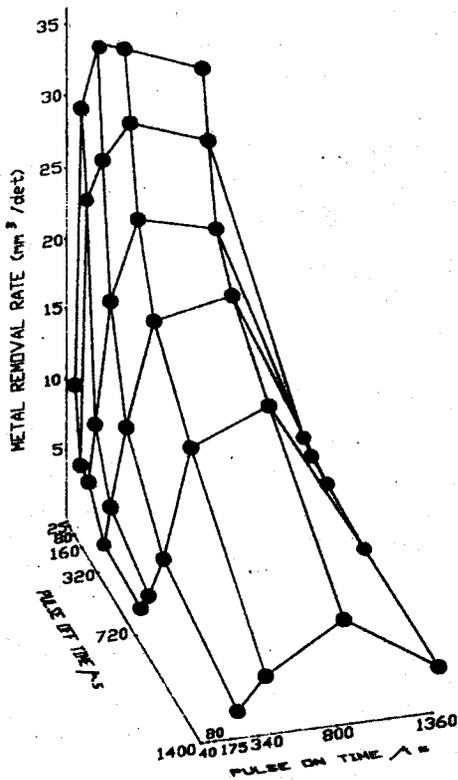
Sedangkan parameter diatas terhadap MRR (*Metal Removal Rate* = laju pembuangan geram) ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 5. Foto hasil percobaan proses sinking EDM



Gambar 6. Pengaruh *arc on* dan *arc off time* terhadap kekasaran permukaan hasil proses sinking EDM.



Gambar 7. Hubungan arc on dan arc off time terhadap laju pembuangan geram (metal removal rate) hasil proses sinking EDM

7. Analisis Data

Analisis data dengan menggunakan regresi didapatkan persamaan empiris sebagai berikut:

$$Ra = 0,624 \cdot A^{0,4} \cdot B^{-0,01}$$

$$MRR = 0,2 \cdot A^{0,25} \cdot B^{-0,53}$$

Dimana :

Ra : Kekasaran rata-rata *Roughness average*, µm.

MRR : *Metal Removal Rate*, mm³/menit.

A : *Arc On Time*, µs.

B : *Arc Off Time*, µs.

Pada gambar 6 terlihat bahwa semakin besar arc on time semakin besar pula angka kekasaran permukaannya, hal ini disebabkan oleh semakin lama bunga api listrik berpijar sehingga semakin besar pula energi panas untuk pelelehan hingga penguapan material benda kerja, dengan demikian kawah-kawah yang timbul juga menjadi besar dan lebih dalam, sehingga pada akhirnya permukaan benda kerja menjadi kasar. Sedangkan arc off time hampir tidak berpengaruh sama sekali terhadap kekasaran permukaan, karena arc off time ini merupakan durasi waktu pengisian muatan pada kapasitor sebelum terjadi proses pengapian (*arcing*). Jadi parameter ini tidak

berpengaruh pada proses pelelehan hingga proses penguapan material benda kerja.

Pengaruh arc on time terhadap laju pembuangan geram (*rate of metal removal*) seperti yang ditunjukkan pada gambar 7 terlihat bahwa semakin besar arc on time semakin besar pula laju pembuangan geramnya, namun pada arc on time yang terlalu besar justru menurun kembali, hal ini disebabkan oleh terbatasnya kapasitas dari kapasitor dalam menyimpan muatan sebagai tandon energi listrik. Untuk arc on time yang terlalu kecil bahkan tidak terjadi proses pemotongan, karena percikan bunga api yang terlalu singkat sehingga panas yang ditimbulkan tidak sampai mampu untuk melelehkan dan menguapkan material benda kerja. Untuk arc off time yang semakin besar laju pembuangan geram semakin kecil, hal ini disebabkan waktu pengisian muatan kapasitor yang semakin lama (waktu non produktif). Oleh karena itu untuk mendapatkan laju pembuangan geram yang maksimum perlu dicari kombinasi parameter arc on dan arc off time yang optimal, namun secara umum arc off time yang minimal akan menghasilkan laju pembuangan geram yang maksimal.

8. Kesimpulan

Dari hasil percobaan dan analisis data dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Kekasaran permukaan hanya dipengaruhi oleh arc on time saja, sedang arc off time hampir tidak berpengaruh pada kekasaran permukaan
- Laju pembuangan geram (MRR) dipengaruhi oleh baik arc on time maupun arc off time. Secara umum arc off time rendah memberikan MRR yang tinggi. Sedangkan arc on time medium (800 µs) memperlihatkan harga yang optimal.
- Rumus empiris untuk kekasaran permukaan adalah $Ra = 0,624 \cdot A^{0,4} \cdot B^{-0,01}$
- Rumus empiris untuk laju pembuangan geram adalah $MRR = 0,2 \cdot A^{0,25} \cdot B^{-0,53}$

Daftar Pustaka

- E. Bud Guitrau, *The EDM Handbook*, Hanser Gardner Publications, 1997.
- Huang, et al, *Ultrasonic Vibration Assisted Electrodischarge Machining of Microholes in Nitinol*, Journal of Micromechanics and Microengineering, Vol.13, p. 693-700.

3. *Manual EDM Sinking Machine Model charme pulse CD-50M*, 2001.
4. Niebel Beny W Dropper Alan B, *Modern Manufacturing Process Engineering*, Mc. Graw Hill, Singapore, 1989.
5. Obara H, et al, *Fundamental Study of Accuracy of Wire EDM - Study of EDM Conditions and Servo Feed Function of Finish Cut*, Journal of the Japan Society of Electrical-Machining Engineers (JSEME), Vol. 36, No. 81, 2002, p. 21-29.
6. Pandey, P.C. and Shan, H.S.1982, *Modern Machining Processes*, Tata Mc-Graw Hill, New Delhi, 1982.
7. Uno, Y. et al, *Electrical Discharge Machining Performance of Aluminium Alloy for Plastic Injection Molding*, Journal of the Japan Society of Electrical-Machining Engineers (JSEME), Vol. 30, No. 64, 2002, p. 55-63.