

STUDI ANALISIS PENGARUH VARIASI BEBAN DAN KECEPATAN TERHADAP LAJU KEAUSAN DIES PADA PROSES *COLD UPSET FORGING* ALUMINIUM DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE BERBASIS FEM

Norman Iskandar^{*)}, Rusnaldy, Ismoyo Haryanto
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl.Prof Sudarto S.H. Tembalang, Semarang 50275
^{*)}E-mail: norman.mesin@gmail.com

Abstrak

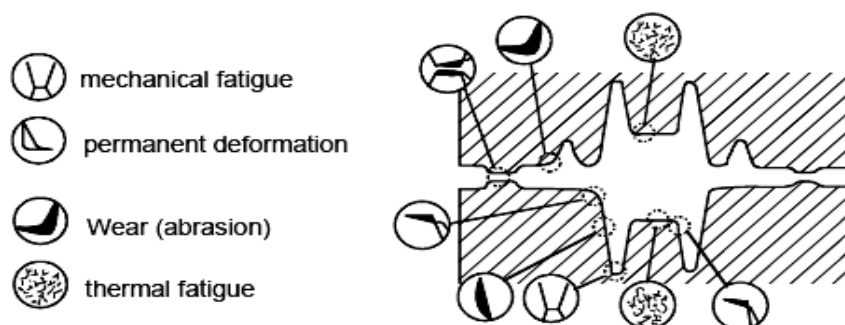
Dalam proses micro forming perambatan dan pertumbuhan panas di pandang sebagai sebuah fenomena yang signifikan karena panas ini akan mempengaruhi proses pelumasan, tool life, microstruktur serta tentunya adalah sifat akhir dari produk yang dihasilkan. Energi mekanis dalam proses forging sebagian akan dirubah menjadi panas dimana panas ini timbul akibat adanya deformasi plastis serta gesekan dengan diesnya. Dalam proses forging yang menggunakan sistem drop hammer, kombinasi dari variasi beban dan kecepatan tumbukan adalah variabel yang harus dikontrol untuk menciptakan energi yang optimum dan meminimalkan efek samping kerusakan pada die. Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh variasi beban dan kecepatan jatuh terhadap kualitas dimensi produk yang dihasilkan dan efek wear yang muncul pada dies. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan Software Deform untuk melakukan simulasi prosesnya. Kondisi yang dimasukan adalah set up temperatur 20°C, variasi beban 75N, 85N, 95N, 105N, 115N, 125N dengan ketinggian jatuh beban adalah 25, 50, dan 75 mm. Material yang digunakan adalah Aluminium murni dalam kategori jenis komersil berdimensi diameter 1,5mm dan panjang 5 mm.

Kata kunci: *upset forging, aluminium, FEM, dies, wear*

PENDAHULUAN

Dalam proses tempa (forging) ada dua tema utama yang harus di perhatikan untuk mencapai sebuah proses yang efisien yang mampu menghasilkan produk dengan kualitas yang baik, yaitu tentang bagaimana merancang sebuah proses produksi produk serta merancang tool yang akan digunakan dalam proses tersebut.

Die/cetakan adalah salah satu komponen terpenting dalam proses tempa. Cetakan berperan dalam menentukan bagaimana kualitas produk tempa akan memiliki kualitas yang baik apalagi jika di produksi dalam skala besar dia akan mampu menjawab tantangan kuantitatif jumlah produk yang dihasilkan dan kualitas setiap keluarannya. Dengan kata lain cetakan yang bisa berumur panjang menjadi sebuah tantangan yang harus diwujudkan dalam proses forging.



Source: A. Kannapan

Gambar 1 Jenis kerusakan / cacat pada cetakan untuk proses forging (A. Kannapan)

Bukan hal yang mudah dan murah merancang cetakan untuk proses forging. Cetakan harus bisa merespon dengan baik terhadap empat faktor utama dalam proses forging yaitu temperature, tekanan, kecepatan pemukulan dan pelumasan. Empat variable utama ini memberikan kontribusi yang besar terhadap tingkat kerusakan (*failure*), keausan (*wear*) atau cacat (*defect*) lainnya pada

proses forging. [Murjito, 2007]. Namun kendala tersebut saat ini bisa diminimalkan dengan adanya bantuan Software.

Pemakaian software bantu untuk membantu menganalisa dan mendesain proses dan cetakan sehingga resiko kerusakan seperti gambar 2 akan bisa tereduksi sudah menjadi hal jamak saat ini. *Vasquezh* mendiskripsikan tujuan utama penggunaan software bantu yang merupakan pengembangan solusi secara numerik dalam proses forging adalah untuk:

1. Mengembangkan desain dies yang memadai dan meningkatkan parameter proses yaitu :
 - a. Simulasi proses untuk memastikan dies akan penuh terisi
 - b. Mencegah cacat *flow-induced*
 - c. Memprediksikan batasan proses sehingga tak akan terlewati sehingga bisa mencegah cacat internal maupun permukaan.
 - d. Memprediksikan temperatur sehingga karakteristik part yang dibuat, kondisi gesekan, dan keausan die dapat terkontrol.
2. Meningkatkan kualitas part dan kompleksitas profilnya namun tetap dapat mengurangi biaya manufaktur, yaitu dengan:
 - a. Memprediksi dan meningkatkan aliran butir dan mikrostruktur
 - b. Mengurangi proses ujicoba cetakan dan waktu yang terbuang.
 - c. Mengurangi *reject* dan meningkatkan keluluhan material
3. Memperkirakan beban dan energi forging seperti tercermin pada tegangan pada tools dan temperatur sehingga :
 - a. Kegagalan *tool* secara prematur dapat dihindari.
 - b. Dapat memilih mesin *forging* yang tepat untuk aplikasi produk yang diinginkan.

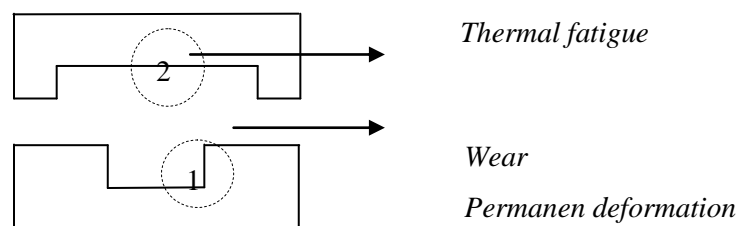
Usia pakai sebuah cetakan dibatasi oleh indikasi pemakaian saat menghasilkan cacat produk. Cacat produk terjadi yang disebabkan karena cetakan telah mengalami keretakan, pecah, juga mungkin keausan yang telah terjadi. Hal ini menjadi semakin penting ketika diterapkan dalam *proses micro forging*. Tingkat toleransi kerusakan tentu akan semakin ketat, sehingga pembuatan cetakan perlu direncanakan sebaik mungkin.

Untuk itulah penulis melakukan study analisis tentang cetakan untuk proses upset forging untuk pembuatan miniatur produk. Sehingga cetakan pada akhirnya nanti dapat dibuat dengan presisi serta memiliki umur pakai yang baik. Proses ini tentu saja juga dalam rangka meminimalkan biaya pembuatan cetakan dengan meminimalkan resiko kegagalan.

II. METODOLOGI

Proses *upset forging* disimulasikan dengan menggunakan software DEFORM-2D ver 8.1. penggunaan versi 2D dikarenakan produk yang dibuat berbentuk simetris sehingga akan meringankan dan menyingkat waktu untuk melakukan proses simulasi. Dari proses simulasi akan didapatkan data tentang mengetahui laju pembebanan, kecepatan, efektif *stress*, temperatur dalam setiap langkahnya. Disamping itu visualisasi dari 2D bisa langsung di ubah menjadi 3D dengan sangat mudah

Titik kritis pada cetakan untuk proses *upset forging* sesuai dengan peta potensi kerusakan cetakan yang digambarkan *A.Kannapan* bisa digambarkan seperti pada Gambar 2. Pada titik 1 merupakan daerah yang paling rawan aus, sehingga penelitian akan difokuskan untuk pengambilan data pada titik tersebut.

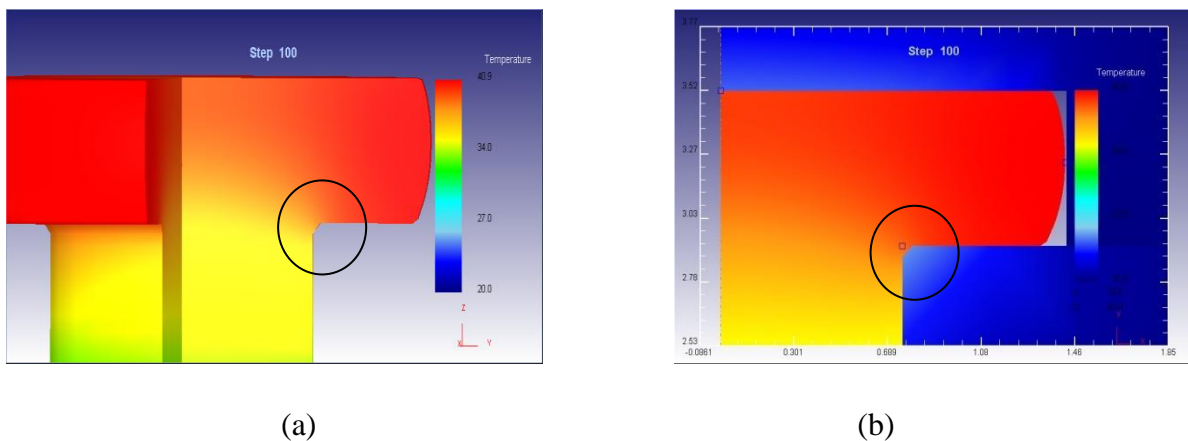


Gambar 2. Peta titik kritis pada cetakan *upset forging*

Data input yang diberikan untuk simulasi diantaranya adalah :

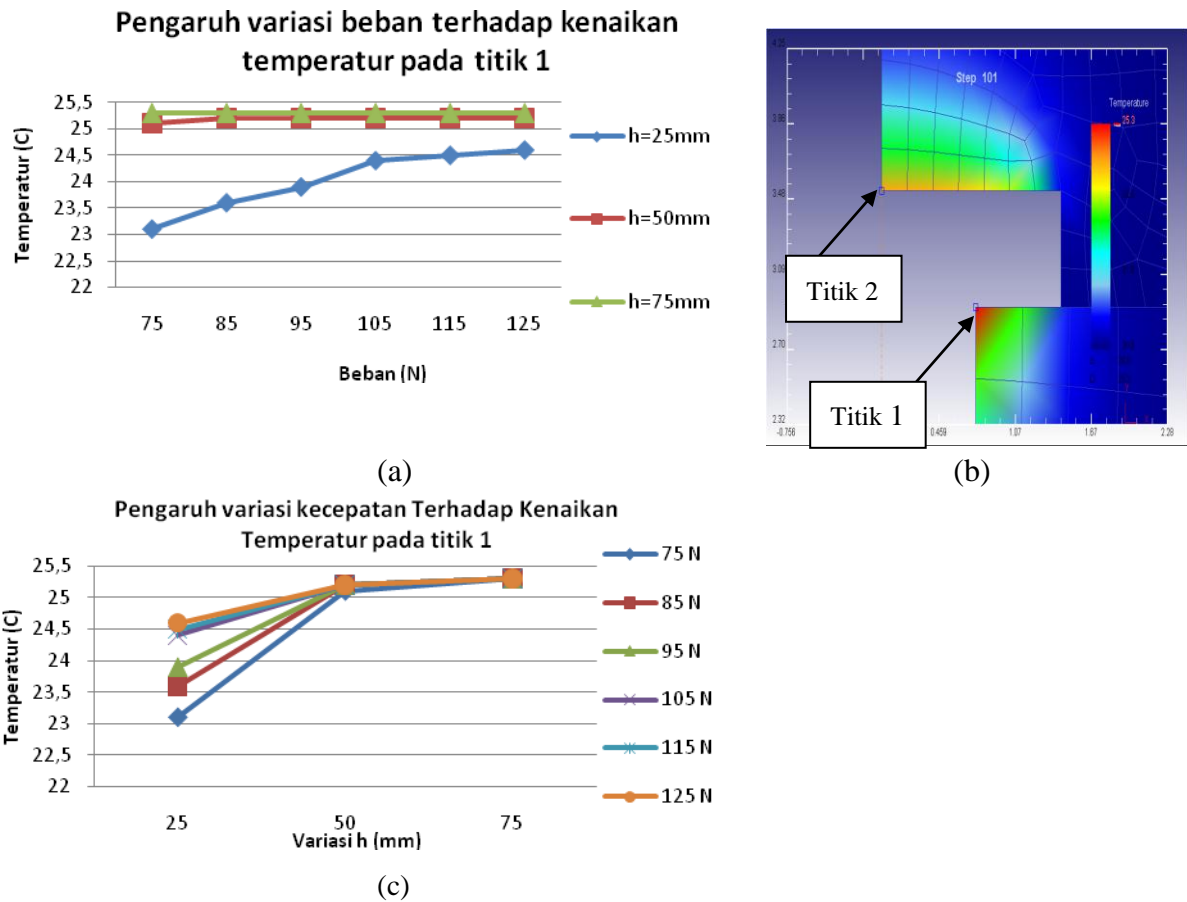
| | |
|--|-------------------------------------|
| <i>Material benda kerja</i> | : Al-1100 |
| <i>Young's modulus [Gpa]</i> | : 69 |
| <i>Poisson's ratio</i> | : 0,334 |
| <i>Thermal expansion [1/°C]</i> | : 23,6. 10 ⁻⁶ |
| <i>Thermal conductivity[W/m.K]</i> | : 180 |
| <i>Heat Capacity[N/mm² °C]</i> | : 2,433 |
| <i>Emissivity</i> | : 0,05 |
| <i>Diameter [mm]</i> | : 1,5 |
| <i>Tinggi [mm]</i> | : 5,06 |
| <i>Temperatur [°C]</i> | : 20 |
| | |
| <i>Material cetakan</i> | : JIS: SKD11, AISI: D2; DIN: 1.2379 |
| <i>Young's modulus [Gpa]</i> | : 210 |
| <i>Poisson's ratio</i> | : 0,30 |
| <i>Thermal expansion [1/°C]</i> | : 10,4. 10 ⁻⁶ |
| <i>Thermal conductivity[W/m.K]</i> | : 20 |
| <i>Heat Capacity [N/mm² °C]</i> | : 3,542 |
| <i>Emissivity</i> | : 0,7 |
| <i>Diameter [mm]</i> | : 2,86 (<i>top dies</i>) |
| | : 1,5 (<i>bottom dies</i>) |
| <i>Tinggi/kedalaman lubang [mm]</i> | : 0,6 (<i>top dies</i>) |
| | : 2,92 (<i>bottom dies</i>) |
| <i>Temperatur [°C]</i> | : 20 |
| | |
| Parameter proses | |
| <i>Temperatur lingkungan [°C]</i> | : 20 |
| <i>Beban [N]</i> | : 75, 85, 95, 105, 115, 125 |
| <i>Blow Efficiency</i> | : 0,2 |
| <i>Sistem Mesin forging</i> | : <i>Free Drop-Hammer</i> |
| <i>Ketinggian jatuh beban [mm]</i> | : 25, 50, 75 |

III. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3. Titik pada Profil produk yang juga berimplikasi pada titik keausan cetakan, View 3D (a) View 2D (b)

Pengaruh variasi beban dan kecepatan terhadap Temperatur cetakan.

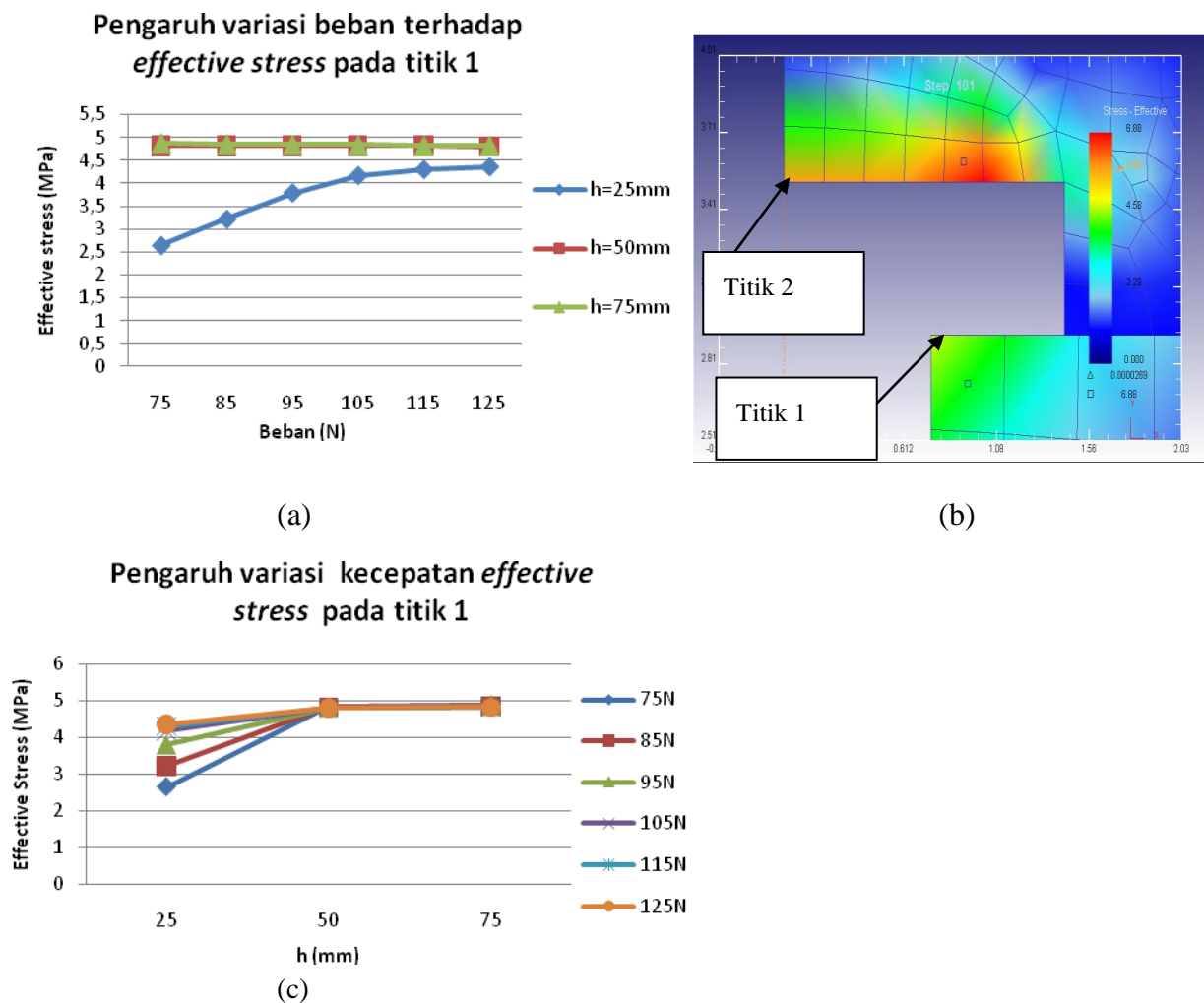


Gambar 4. Grafik Pengaruh variasi beban terhadap temperatur pada titik 1 (a) Pemodelan pengaruh variasi beban pada temperatur untuk beban 115N ketinggian 15 mm (b). Grafik Pengaruh variasi kecepatan terhadap temperatur pada titik 1.

Dari hasil simulasi dengan pemberian varian beban dan kecepatan yang berpengaruh terhadap kenaikan temperatur benda kerja yang selanjutnya akan terdistribusi ke cetakan, maka dari hasil pengamatan pada titik kritis 1, didapatkan bahwa variasi kecepatan lebih berpengaruh daripada variasi beban terhadap laju kenaikan temperatur pada titik kritis tersebut. Grafik beban 75N, 85N, 95N pada ketinggian jatuh 25mm memiliki kecenderungan berbeda dari yang lain karena energi pembentukannya tidak cukup untuk melakukan proses deformasi sampai selesai. Sehingga dengan menganalisa data yang tersisa terlihat kecepatan memiliki pengaruh lebih dalam meningkatkan temperatur cetakan. Hal ini akibat semakin cepat laju aliran material maka semakin besar gesekan yang terjadi antara cetakan dan material sehingga menimbulkan panas. Namun sejauh mana panas akan berpengaruh juga tergantung dari lamanya proses, karena dengan kecepatan yang tinggi, proses akan berlangsung cepat, gesekan yang besar terjadi dan menimbulkan panas namun tidak cukup waktu untuk terdistribusi lebih ke cetakan.

Adanya peningkatan temperatur berakibat pada menurunnya kekuatan cetakan, karena terjadi penurunan nilai kekerasan, apalagi hal ini terjadi pada bagian yang berdimensi kecil (cetakan untuk micro part). Maka resiko keausan semakin besar.

Pengaruh Variasi Kecepatan dan beban terhadap *Effective stress* pada cetakan.



Gambar 5. Grafik Pengaruh variasi beban terhadap *effective stress* pada titik 1 (a) Pemodelan pengaruh variasi beban pada *effective stress* untuk beban 115N ketinggian 15 mm (b). Grafik Pengaruh variasi kecepatan terhadap temperatur pada titik 1

Pengaruh kecepatan dan beban yang diberikan terhadap besarnya *effective stress* yang terjadi dari hasil simulasi menggambarkan bahwa kembali kecepatan yang memegang peranan dominan dalam menghasilkan nilai besarnya. Besaran nilai *stress* yang terjadi bisa berakibat timbulnya kegagalan pada cetakan. Dengan adanya arah pergerakan material secara sliding/memotong siku dari daerah titik 1, maka dengan adanya konsentrasi tegangan disana dan adanya peningkatan temperatur serta adanya proses secara berulang maka hal ini menjadi faktor domino penyebab kegagalan dititik ini.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian bisa disimpulkan :

1. Variabel kecepatan lebih *significant* untuk diatur agar produk yang dihasilkan sesuai kriteria namun tetap menjaga masa umur pakai cetakan lebih lama.
2. Variabel kecepatan lebih berpengaruh dalam hal peningkatan temperatur dan *effective stress* pada cetakan dibanding variabel beban.
3. Dari produk yang dihasilkan lebih baik jika pada area kritis titik satu diberikan profil radius yang tentu saja harus diteliti kembali besarnya untuk produk *upsetting* ini agar produk yang dihasilkan lebih baik dan cetakan juga tidak mengalami keausan yang cepat.

-
4. Perlunya penentuan titik optimum besaran beban dan kecepatan yang diberikan dalam desain proses upset forging ini, agar resiko cacat/gagal produk dan cetakan bisa diminimalkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah A B, Ling K S, Samad Z. (2008). *The Effect of Corner Radii and Part Orientation on Stress Distribution of Cold Forging Die*. American Journal of Applied Sciences 5 (4): 296-300, 2008, ISSN 1546-9239.
- American Society of Materials (ASM) Handbook. (1990). *Volume 2: Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special Purpose Materials*. USA: ASM International.
- Ab-Kadir A E, Othman, A R. (2009). *Effect of Corner Radius and Friction Parameters on the optimization of the Cold Forging Die Design*. CCSE: Modern Applied Science Vol 3 No 2
- Huda, Zainul. (2009). *Effects of Degrees of Cold Working and Recrystallization on the Microstructure and Hardness of Commercial-Purity Aluminum*. European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X Vol.26 No.4 : 549-550.
- Jolgaf M, Sulaiman S B, Ariffin M K A, Faieza A A. *Billet Shape Optimization for Minimum Forging Load*. European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X Vol.24 No.3 pp.420-427.
- Kada O, Toda M, Yanagi H. *Advanced Forming Analysis for Bar and Wire Rod with Finite Element Method*. Nippon Steel Technichal Report No. 96. UDC 621 . 73 : 669 . 14 – 422.
- Kalpakjian & Schmid. (2001). *Manufacturing Engineering and Technology*. Prentice Hall.
- Kang S G, et all. (2006). *A study on the micro-formability of Al 5083 superplastic alloy using micro-forging method*. Materials Science and Engineering A 449–451 338–342.
- Singh U K, Dwivedi M. (2009). *Manufacturing Process Second Edition*. New Delhi: New Age International (P) Limited.
- Taylan Altan, et all. (2005). *Cold and Hot Forging: Fundamental and Applications*. USA: ASM International.