

PERANCANGAN MESIN PEMOTONG PIPA

Ahmad Badru Jaman¹, Adies Rahman Hakim²

(1) Mahasiswa D4 Polman Jur. Teknik Rekayasa dan Pengembangan Produk
email: bdrujaman@gmail.com

(2) Dosen Jur. Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur
Negeri Bandung, Jl. Kanayakan 21 Bandung 40135,
email: adies@polman-bandung.ac.id

Abstrak

PT. Stalion adalah suatu perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur khususnya di bidang pembuatan komponen-komponen otomotif. Dalam menjalankan perannya sebagai perusahaan yang memproduksi produk-produk otomotif, perusahaan ini membutuhkan peralatan mesin khusus untuk membantu produksi. Seperti contoh, pada saat ini PT. Stalion membutuhkan sebuah mesin khusus untuk memotong pipa (raw material) dengan hasil potong halus, dan memenuhi toleransi ketegak lurus penampang. Artinya, dalam memotong pipa tidak bisa dilakukan dengan gerinda potong biasa (karena hasil potong dari gerinda silinder kurang baik). Mesin pemotong pipa adalah sebuah mesin khusus yang di proyeksikan dapat membantu proses produksi yang dilakukan di PT. Stalion dalam melakukan proses pemotongan dengan lebih efektif dan efisien (dibandingkan dengan menggunakan mesin konvensional untuk proses pemotongan). Mesin pemotong pipa yang penulis rancang, dapat memotong pipa dengan diameter 1½" panjang awal 6 meter menjadi panjang 200 mm - 250 mm. Hasil potong mesin tersebut memiliki ketegaklurusan dan kesatusumbuan terhadap sumbu pipa. Mesin-pun tetap menyala pada saat pemotongan terjadi (akibatnya penggunaan daya relatif stabil / tidak terjadi daya harmonik), selain itu mesin ini juga dapat melakukan proses chamfer sesaat setelah pemotongan selesai. Dari segi cycle time proses produksi, dengan mesin baru mampu menurunkan cycle time proses hampir 4 kali-nya (25 detik) dibandingkan dengan menggunakan mesin konvensional (90 detik). Dengan demikian dengan menggunakan mesin baru yang penulis rancang, perusahaan dapat meningkatkan produktivitasnya dalam memproduksi produknya (Pipe Frame Head). Artinya, perusahaan dapat menekan biaya produksi dan mendapatkan keuntungan yang meningkat. Perancangan mesin ini akan dibuat sebagai sarana yang berguna untuk keperluan pemotongan pipa pada proses pembuatan pipe frame head ataupun produk lain yang memiliki kemiripan geometri dengan produk yang menjadi sumber acuan sekaligus dimaksudkan untuk prasyarat tugas akhir program pendidikan diploma 4.

Kata kunci : *Mesin Khusus, Mesin Pemotong Pipa, Cycle time.*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

PT. Stalion adalah suatu perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur khususnya di bidang pembuatan komponen-komponen otomotif. Dalam menjalankan perannya sebagai perusahaan yang memproduksi produk-produk otomotif, perusahaan ini membutuhkan peralatan mesin khusus untuk membantu produksi. Seperti contoh, pada saat ini PT. Stalion membutuhkan sebuah mesin khusus untuk memotong pipa (raw material) dengan hasil potong halus, dan memenuhi toleransi ketegak lurus penampang. Artinya, dalam memotong pipa tidak bisa dilakukan dengan gerinda potong biasa (karena hasil potong dari gerinda silinder kurang baik).

Produk bernama PFRHP (nama produk berupa inisial demi menjamin ke rahasiaan dokumen perusahaan) berfungsi sebagai leher/housing bearing pada stang sepeda motor. Material pipa adalah STKM 11A (setara dengan

ST50 dengan $R_m=510 \text{ N/mm}^2$) dengan dimensi produk jadi setelah pemotongan (data produk) dengan panjang raw material 6 meter adalah sebagai berikut:

Diameter Luar	: 1 ½" $\approx 48,3 \text{ mm}$
Tebal	: 3 mm
Panjang	: 200 mm – 250 mm
Chamfer	: 1 mm x 45°



Gambar 1 Gambar produk hasil pemotongan

Proses saat ini pemotongan pipa dilakukan dengan proses bubut (material berputar dan

pahat/cutter diam), namun dalam proses tersebut cycle time yang di butuhkan cukup lama dan memakan energi yang cukup besar dikarenakan ada proses lepas pasang material dan ON/OFF mesin yang mengakibatkan pemakaian energi listrik yang besar (pada saat dihidupkan/ON energi yang di pakai besar, sebelum pada akhirnya stabil kembali). Pada saat ini untuk menghasilkan satu produk, sebuah mesin membutuhkan waktu ± 90 detik. Dapat di bayangkan biaya produksi akan semakin tinggi apabila proses pemotongan pipa tersebut menggunakan mesin bubut.

Dari uraian diatas penulis diminta merancang sebuah mesin khusus berupa Mesin Pemotong Pipa yang dapat mengakomodir semua permasalahan yang terjadi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah penulis paparkan, maka rumusan masalah yang ditekankan dalam pembuatan dan penulisan karya tulis ini adalah melakukan perancangan Mesin Pemotong Pipa dengan berbagai alternatif fungsi.

Adapun uraian permasalahan tersebut yang harus diselesaikan yaitu:

1. Bagaimana konstruksi *Mesin Pemotong Pipa* untuk memotong pipa dengan panjang awal 6 meter dan mampu me-*reduce cycle time* proses dari proses pemotongan sebelumnya (memakai mesin konvensional)?
2. Bagaimana perhitungan beban potongnya?
3. Bagaimana mekanisme pemotongan dan *chamfer* pipa?

1.3 Ruang Lingkup Kajian

Kajian yang akan dilakukan meliputi:

1. Merancang konstruksi Mesin Pemotong Pipa dengan berbagai alternatif fungsi.
2. Merancang mekanisme pemotongan pipa dengan menggunakan pahat HSS tebal 3 mm juga merancang mekanisme chamfer pipa pada waktu sesaat setelah proses pemotongan.
3. Menghitung pembebanan dan menentukan dimensi pada setiap komponen Pipe Cutting Machine tanpa menghitung dimensi sambungan pengelasan dan menghitung dimensi rangkar/frame mesin.
4. Menghitung gaya potong yang harus diberikan untuk memotong pipa diameter 1 1/2 " dengan tebal 3 mm dan menghitung putaran yang di ijinakan pada spindel utama.

5. Hasil akhir berupa dokumentasi teknik berupa gambar draft.

1.4 Tujuan Penulisan

Berdasarkan latar belakang serta perumusan masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, maka penulis memiliki tujuan dari penulisan karya tulis ini adalah sebagai berikut:

2. Proses Perancangan

Metoda perancangan merupakan langkah-langkah pendekatan yang sistematis dalam proses berfikir untuk mencapai sasaran yang diinginkan yaitu mewujudkan ide atau gagasan dan menjembatani antara ide atau gagasan dengan produk.

Berdasarkan VDI 2222 bahwa metode perancangan dilakukan dengan urutan kegiatan sebagai berikut:



Gb. 2. 1 Metode perancangan VDI 2222

2.1 Merencana

Merupakan tahapan awal atau pendahuluan pada perancangan, VDI 2222. Pada tahap ini, merupakan tahapan pengumpulan data; identifikasi

2.1 Konsep mesin yang ada

Mesin yang ada dan digunakan pada saat ini di perusahaan tersebut adalah sebagai berikut:

a. Gergaji pita

Gergaji pita adalah sebuah mesin/alat potong yang sangat umum digunakan di industri manufaktur dalam proses pemotongan material. permukaan hasil potong tidak rata, miring, dan harus dilakukan proses pembubutan untuk menyelesaikan permasalahannya.



Gambar 2. 1 Gergaji Pita

- b. Gerinda potong silinder : permukaan hasil potong tidak rata, miring, harus dilakukan proses pembubutan untuk menyelesaikannya, tapi cepat dalam proses pemotongannya, namun resiko alat potongnya pecah sangat besar dan berbahaya.



Gambar 2. 2 Gerinda Potong Silinder

- c. Mesin bubut : permukaan hasil potong halus dan rata, namun *cycle time* lebih lama karena proses setting mesin setiap kali pemotongan juga material pipa dengan panjang 6 meter tidak bisa langsung di pasang pada mesin bubut (bed mesin bubut terbatas, material pipa yang panjang tidak mungkin untuk di cekam dan diputar pada mesin bubut karena akan terjadi kebisingan akibat dari pipa yang terdefleksi)



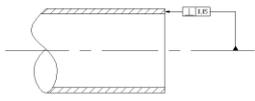
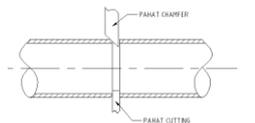
Gambar 2. 3 Mesin Bubut Konvensional

Dari penjelasan cara-cara pemotongan pipa diatas, semua proses pemotongan tidak optimal dikarenakan ada proses lanjutan (*secondary process*) yang relatif memakan waktu yang amat banyak. Oleh karena itu, penulis akan merancang sebuah konstruksi mesin dengan mempertimbangkan/mengurangi proses lanjutan setelah proses pemotongan. Tentunya dengan hasil potong yang halus, rata, memiliki ketagaklurusan penampang potong terhadap subu dari pipa, serta selain melakukan proses pemotongan konstruksi mesin yang akan penulis rancang adalah dengan penambahan proses *chamfer* pada saat yang relatif bersamaan.

2.2 Kebutuhan pelanggan

Dalam wawancara dengan wakil direktur di perusahaan yang mempunyai masalah dalam proses produksinya (pemotongan pipa), didapatkan beberapa kebutuhan untuk mesin yang baru.

Tabel 2. 1 Kebutuhan Pelanggan

No	Kebutuhan Pelanggan	Penjelasan
1	Proses pemotongan memiliki hasil permukaan yang bagus	Kekasaran permukaan yang dihasilkan rata pada permukaan potong memiliki nilai kekasaran antara 3,2 – 12,5 µm (N8 - N10).
2	Proses pemotongan pipa bisa langsung dari material pipa 1 ½” dengan tebal 3 mm sepanjang 6 meter	Pemotongan pipa dilakukan langsung dari material pipa 1 ½” dengan panjang 6 meter kemudian di potong sesuai dengan kebutuhan
3	Proses pemotongan memiliki hasil ketegak lurusan permukaan yang standar	Ketegak lurusan permukaan yang dihasilkan dengan sumbu pipa memiliki toleransi 0,5mm. 
4	Selain bisa memotong, bisa melakukan proses <i>chamfer</i> sekaligus	Pada waktu yang relatif bersamaan dapat dilakukan proses <i>chamfer</i> pada mesin yang sama 

2.2 Mengkonsep

Pada tahapan ini dilakukan penentuan prinsip solusi (konsep) dari mesin yang akan dirancang. Prinsip solusi ini didapat dari penentuan fungsi utama mesin, penentuan sub-fungsi dan konstruksinya, serta penggabungan konstruksi sub-fungsi yang ada pada mesin. Hasil dari perancangan konsep ini adalah spesifikasi prinsip solusi (konsep) yang berupa konstruksi fungsi bagian dan struktur fungsi utama mesin.

2.2.1 Membuat Daftar Tuntutan

Dari hasil survei diatas dapat disimpulkan tuntutan pelanggan sebagai berikut:

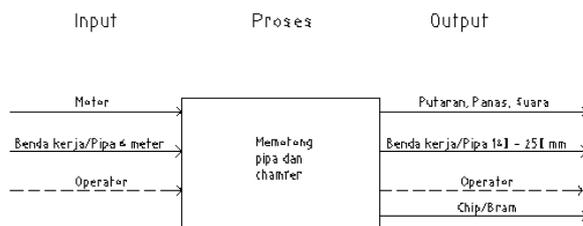
Tabel 2. 2 Daftar tuntutan

No.	Kebutuhan Pelanggan	Justifikasi Proses	Kebutuhan
1	Dapat memotong pipa dengan panjang 6 meter	Pipa 1 ½” dengan panjang 6 meter	Kebutuhan pelanggan ke-1
2	Kekasaran permukaan	3,2 – 12,5 µm (N8 - N10) yang merata pada seluruh permukaan	Kebutuhan pelanggan ke-3
3	Ketegak lurusan permukaan kontak	0,5 mm	Kebutuhan pelanggan ke-2
4	Penambahan proses <i>chamfer</i>	Cutter <i>chamfer</i>	Kebutuhan pelanggan ke-6
5	Mesin ON terus	Mesin tidak perlu dimatikan pada saat penggantian material	Kebutuhan pelanggan ke-4

6	Stoper panjangnya pemotongan	200 – 250 mm	Kebutuhan pelanggan ke-5
---	------------------------------	--------------	--------------------------

2.2.2 Penguraian fungsi

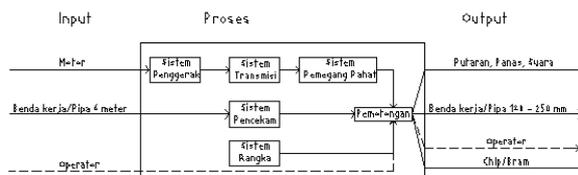
Pada tahapan ini dilakukan pembagian fungsi keseluruhan menjadi fungsi bagian dengan menggunakan black box. Pada tahap ini digambarkan aliran masukan atau input suatu proses dan keluaran atau output. Berikut ini merupakan bagan penjelasannya. Gambar 2.5 adalah gambar fungsi utama mesin pipe cutting machine yang tertuang pada bagan.



Gb. 2. 2 Gambar Fungsi Utama

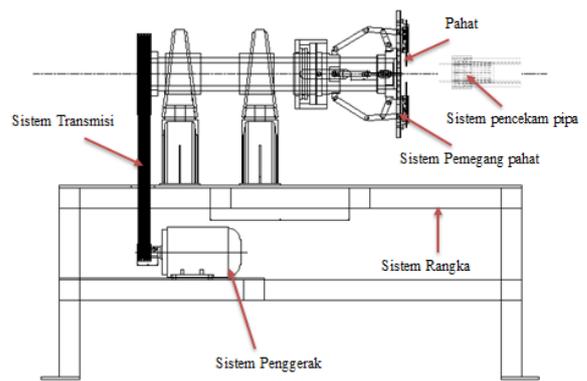
Pada bagan tersebut, menunjukkan fungsi utama mesin ialah memotong pipa panjang 6 meter dengan input energi yang berbentuk motor dan pipa itu sendiri. Kemudian dilakukan proses pemotongan dan chamfer sehingga output yang dihasilkan ialah putaran, panas, suara, benda kerja yang telah terpotong dan chip/bram hasil pemotongan.

Sub-fungsi mesin ini dapat dilihat pada gambar 2.6



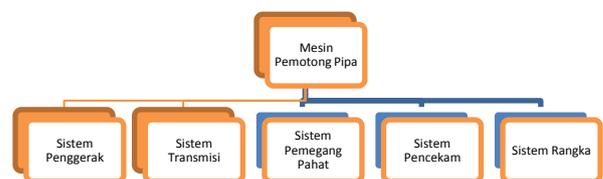
Gb. 2. 3 Sub Fungsi Mesin

Gambar 2.6, menunjukkan sub-fungsi mesin yang tersusun untuk mendukung tercapainya fungsi utama mesin. Sub-fungsi mesin ini terdiri dari sistem penggerak yang akan mengolah input energi udara, kemudian sistem transmisi untuk penerus putaran dari motor ke spindel, dan sistem pemegang pahat. Selain itu terdapat sistem pencekam yang berhubungan dengan input benda kerja dan sistem rangka yang menopang seluruh sistem yang ada. Sehingga bagan konsep mesin yang akan dibuat ditunjukkan gambar 2.7



Gambar 2.7 Konsep Mesin

Adapun daftar bagian mesin ini seperti ditunjukkan gambar 2.8



Gambar 2.8 Daftar Bagian Mesin

- Sistem penggerak**
Bagian yang berfungsi sebagai sumber putaran pada spindel utama.
- Sistem transmisi**
Sistem transmisi merupakan sistem yang berfungsi untuk meneruskan putaran yang dihasilkan sistem penggerak menuju sistem pemegang pahat yang didalamnya ada gerakan rotasi dan gerak translasi untuk feeding pahat.
- Sistem pemegang pahat**
Bagian ini merupakan bagian yang memastikan pahat berotasi untuk proses pemotongan pipa dan pahat bergerak translasi untuk feeding pemotongan pipa. Sehingga sistem ini terbagi menjadi dua sub-sistem lagi, yaitu sistem eretan untuk pergerakan translasi pahat dan sistem pemegang pahat yang berfungsi sebagai dukungan pahat ketika bergerak.
- Sistem pencekam**
Sistem pencekam merupakan sistem yang berfungsi sebagai penapat raw material pipa yang akan dipotong. Sistem ini mencekam bagian luar pipa dan berfungsi juga sebagai *loading unloading* produk.
- Sistem rangka**
Rangka merupakan bagian penghubung semua fungsi bagian. Rangka pada alat ini

dapat didefinisikan sebagai frame, yang berfungsi menompang semua sistem bagian.

2.2.3 Alternatif konsep konstruksi mesin

Tabel 2.3 Tabel Kombinasi Fungsi Bagian

Fungsi Bagian	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Sistem Penggerak	Motor AC	Motor DC	Motor Servo
Sistem Transmisi	Pulley V	Pulley V	Sproket
Sistem Eretan	Konstruksi Dovetail	Konstruksi Guideway	Slider Pin
Sistem Pencekam	Collet	Collet	Collet
Sistem Rangka	Baja Cor	Baja Pejal	Baja profil

Dari pengkombinasian alternatif fungsi bagian, maka diperoleh tiga alternatif konsep, yang ditunjukkan pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Alternatif Terpilih

Fungsi Bagian	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Sistem Penggerak	Motor AC	Motor DC	Motor Servo
Sistem Transmisi	Pulley V	Pulley V	Rantai Sproket
Sistem Eretan	Slider Pin	Konstruksi Dovetail	Konstruksi Guideway
Sistem Pencekam	Collet	Collet	Collet
Sistem Rangka	Baja Profil	Baja cor	Baja Pejal

Berdasarkan penilaian dari aspek teknis dan ekonomis, maka variasi konsep yang dipilih ialah variasi ke-1, dengan konstruksi fungsi bagian sebagai berikut :

1. Sistem Penggerak : Motor AC
2. Sistem Transmisi : Pulley
3. Sistem Eretan : Konstruksi Slider Pin
4. Sistem Pencekam : Konstruksi Collet
5. Sistem Rangka : Baja Profil

♦ Keuntungan

- Konstruksi mudah di rakit;
- Konstruksi rangka cukup ringan dan kokoh;
- Pemasangan dengan komponen lain cukup mudah;
- Terjadi slip apabila terjadi hentakan;
- Harga keseluruhan komponen relatif murah;
- Gaya gesek pada eretan melintang relatif kecil.

♦ Kerugian

- Perlu menggunakan High Anchor untuk mengunci rangka pada lantai agar dapat meredam getaran;
- Pada slider pin, rawan aus dikarenakan hanya terjadi kontak garis;
- Harga produksi menjadi mahal apabila di produksi dalam jumlah banyak.

2.3 Merancang

Merancang merupakan tahap ketiga dari metoda perancangan sistematis. Setelah konsep pemecahan selesai, maka bagian-bagian dari pemecahan konsep tersebut dijadikan acuan atau dasar dalam merancang.

2.3.1 Draft rancangan

Pada tahapan ini hasil kombinasi yang telah didapat dibuatkan *draft* rancangan dan spesifikasi beberapa *part* kemudian diberikan optimasi rancangan jika memang diperlukan. Gambar *draft* disajikan pada lampiran.

2.4 Penyelesaian

Tahapan penyelesaian akhir yang harus dilakukan adalah melakukan penggambaran gambar kerja dan gambar susunan, yang nantinya akan digunakan sebagai informasi pada proses manufaktur. Tahapan ini tidak dilakukan oleh penulis.

3. Perhitungan Rancangan

3.1 Perhitungan Daya

❖ Menentukan daya potong

$$P_c = F_c \cdot V_c$$

dimana,

- P_c = daya potong [kW]
- F_c = gaya potong [N]
- V_c = kecepatan potong [m/min]

❖ Menentukan gaya potong

$$F_c = a_p \cdot f \cdot K_c$$

Dimana,

- F_c = gaya potong [N]
- f = kedalaman potong [mm]
- a_p = tebal pemotongan [mm/putaran]
- K_c = specific cutting force [N/mm²]

❖ Menentukan Besar Gaya Pemakanan (gaya radial)

$$F_f = \frac{1}{5} \times F_c$$

Dimana,

- F_f = gaya makan (gaya radial) [N]
- F_c = gaya potong [N]

❖ Menentukan Besar Gaya Sentrifugal

$$F_s = \frac{m \times v^2}{r}$$

Dimana,

F_s = gaya sentrifugal [N]
 m = masa eretan [Kg]
 v = kecepatan tangensial (Vc) [m/min]
 r = jari-jari benda terhadap sumbu putar [mm]

❖ Menentukan daya motor

$$P_{motor} = \frac{P_c}{\text{efisiensi}}$$

Dimana,

P_c = daya potong [kW]
efisiensi = efisiensi transmisi [%]

3.2 Perhitungan Waktu Proses (Facing)

$$t_h = \frac{\pi \cdot d_e \cdot L \cdot i}{v_c \cdot f}$$

t_h = Waktu Proses permesinan [s]
 d_e = Diameter Pengganti [mm]
 L = Panjang langkah [mm]
 i = Jumlah pemotongan
 f = Besar pemakanan [mm]

$$L = \frac{d - d_1}{2} + l_a \quad d_e = \frac{d + d_1}{2} + l_a$$

d = Diameter Luar [mm]
 d_1 = Diameter dalam [mm]
 l_a = langkah sebelum memotong [mm]

4. Kesimpulan

Secara teknis terdapat banyak hal yang harus diperhatikan dalam perancangan mesin pemotong pipa, namun yang menjadi acuan keberhasilan adalah tuntutan *costumer*. Berdasarkan hal tersebut, perancangan mesin pemotong pipa ini dapat memenuhi tuntutan yang diharapkan dari segi teknis dan ekonomis.

Berdasarkan hasil perancangan yang telah dilakukan pada kajian karya tulis ini, dapat disimpulkan bahwa rancangan mesin pemotong pipa layak untuk dikonstruksikan. Mesin dapat memotong pipa dengan diameter 1½" panjang awal 6 meter menjadi panjang 200 mm - 250 mm. Hasil potong mesin tersebut memiliki ketegaklurusan dan kesatusumbuan terhadap sumbu pipa. Mesin-pun tetap menyala pada saat pemotongan terjadi (akibatnya penggunaan daya relatif stabil / tidak terjadi daya harmonik), selain itu mesin ini juga dapat melakukan proses *chamfer* sesaat setelah pemotongan selesai. Dari segi *cycle time* proses produksi, dengan mesin

baru mampu menurunkan *cycle time* proses hampir 4 kali-nya (25 detik).

Mesin memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Ukuran = 2558 mm (panjang) x 1140 mm (lebar) x 1523 mm (tinggi)
2. Diameter pipa yang dapat di proses = 1½" (48mm)
3. Panjang pipa = 6 meter
4. Penggerak = Motor AC (MEZ = 2 kW)
5. Speed (spindel) = 290 rpm
6. Waktu proses/produk = 25 detik
7. Jenis Pahat = HSS
8. Maks. Kedalaman pemakanan = 0,2 mm

Daftar Pustaka

- (1) Gerling, Heinrich.1974. *All about Machine Tools*. New Delhi : Wiley Eastern Private Limited
- (2) Holowenko, A.R.1955. *Dynamics of Machinery*. New york :John Wiley and Sons, Inc.
- (3) Rochim, Taufiq. 2007. *Klasifikasi Proses, Gaya, dan Daya Permesinan*. Bandung : ITB.
- (4) Muhs, Dieter, dkk. *Roloff/Matek Maschinen Elemente*.
- (5) Muhs, Dieter, dkk. *Roloff/Matek Maschinen Elemente Tabellen*.
- (6) P.H. Joshi, 2007. *Machine Tool Handbook Design and Operation*. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi
- (7) Fischer, Ulrich.2006. *Verlag Europa-Lehrmittel*.
- (8) Tschatsch, Heinz. 2009. *Applied Machining Technology*. Germany : Dresden