

Manufaktur Ramah Lingkungan: Suatu Tinjauan Pemesinan Paduan Magnesium Menggunakan Termografi

Yanuar Burhanuddin

Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung

Email: yanuar@unila.ac.id

Abstract

Paduan magnesium dipilih untuk aplikasi otomotif menggantikan aluminium, seng, dan plastik untuk mengurangi bobot komponen dan biaya produksi. Kepadatan magnesium hanya 2/3 aluminium dan hanya sedikit tinggi dibanding plastik diperkuat. Dikombinasikan dengan sifat mekanik dan fisik yang bagus juga mempunyai kemampuan proses dan daur ulang yang baik membuat paduan magnesium merupakan bahan yang ramah lingkungan dan pilihan terbaik untuk desain bobot ringan. Magnesium adalah unsur yang berlimpah dan juga pembuat bahan magnesium banyak sehingga memberikan kepastian pasokan bahan baku dan stabilitas harga. Proses produksi sebagaimana produk harus sesuai dengan persyaratan teknologi, ekonomi dan ekonomi yang semakin meningkat. Selain proses pengecoran, pemesinan merupakan proses utama paduan magnesium. Pemesinan biasanya menggunakan cairan pendingin untuk menurunkan temperatur dan mengurangi keausan. Namun cairan pendingin merupakan polutan yang memberikan efek terhadap lingkungan. Untuk menghindari pemakaian cairan pendingin maka digunakan proses pemesinan kering atau hampir kering. Pemesinan magnesium ditandai dengan geram pendek, kualitas permukaan bagus, daya pemotongan rendah, beban mekanik dan termal rendah pada pahat memungkinkan dilakukan pemesinan kering yang ramah lingkungan. Namun di sisi lain pemesinan kering, pada kecepatan tinggi, menimbulkan efek lengket dan gesekan yang tinggi yang dapat memicu geram magnesium terbakar. Penelitian magnesium ini merupakan langkah awal melihat karakteristik pemesinan magnesium dengan pengukuran tanpa sentuh menggunakan termografi

Kata kunci: manufaktur ramah lingkungan, paduan magnesium, pemesinan kering, termograf

Pendahuluan

Dalam ekonomi yang sedang berkembang peningkatan produksi akan menghasilkan banyak kerusakan lingkungan bila kebijakan lingkungan tidak tepat. Seiring dengan peningkatan ekonomi, timbul pula gerakan manufaktur ramah lingkungan yang menyorotkan masalah perlunya mempertahankan kemajuan ekonomi tetapi tanpa merusak lingkungan.

Perusahaan manufaktur harus beroperasi membuat barang yang dikehendaki pengguna dengan cara yang hemat agar dapat mempertahankan pasar dan memperoleh keuntungan untuk pemegang saham namun juga memperhatikan keselamatan lingkungan.

Masalah dasar dalam manufaktur ramah lingkungan adalah menyesuaikan tuntutan bisnis dengan tuntutan lingkungan. Ini adalah tantangan bagi perusahaan manufaktur untuk memikirkan faktor-faktor ekonomi dan lingkungan ke dalam

rencana usaha.

Manufaktur Ramah Lingkungan

Proses manufaktur merupakan tahapan yang paling penting pada rantai produk dalam hal dampak lingkungan. Oleh karena itu pembahasan mengenai produksi bersih atau manufaktur ramah lingkungan adalah tidak lain membahas proses produksi.

Manufaktur ramah lingkungan adalah produksi barang-barang menggunakan proses dan teknik terpilih yang layak secara ekonomi namun kurang dampaknya pada lingkungan. Ada tiga kriteria dalam pemilihan proses yaitu:

- Minim limbah
- Minim penggunaan bahan berbahaya
- Minim penggunaan energi

Limbah adalah sumber daya yang dikeluarkan namun tidak menjadi produk. Limbah antara lain

emisi, geram pemesinan, cairan pendingin, jam-jam yang dihabiskan untuk menunggu. Barang-barang yang menunggu proses berikut di daerah sangga, waktu yang terbuang ketika mesin rusak dan lain-lain. Memang terjadi timbal balik antara proses yang ekonomis dengan jumlah limbah yang dihasilkan.

Pemesinan Sadar Lingkungan

Sejak permulaan abad ke-20 ketika F.W. Taylor pertama kali menggunakan air untuk mendinginkan proses pemesinan dan memperpanjang umur pahat, berbagai cairan pendingin telah digunakan untuk tujuan tersebut. Akan tetapi dalam sepuluh tahun terakhir banyak usaha yang dilakukan untuk membatasi penggunaan cairan pendingin dalam produksi karena biaya, masalah lingkungan dan kesehatan manusia (Klocke dkk, 1997).

Pada tahun 1992, volume minyak yang dapat larut yang dibuang dari Industri Jerman sekitar 60% dari keseluruhan volume pelumas yang digunakan pada proses manufaktur. Ini merepresentasikan sekitar 7,5% sampai 17% dari biaya manufaktur per komponen, yang lebih tinggi dari biaya perkakas dikeluarkan (Klocke dkk, 1997).

Untuk meminimalkan penggunaan cairan pemotongan, dua teknik telah dikaji dengan intensif yaitu pemotongan tanpa cairan pendingin (pemotongan kering) dan pemotongan dengan cairan kuantitas minim (MQL/Minimum Quantity of Lubricant) dimana sejumlah cairan yang sangat sedikit dikabutkan dalam aliran udara bertekanan.

Pemesinan Kering

Pemesinan Kering adalah proses pemesinan dengan menghindari pemakaian pelumas atau memilih pelumas dengan volume yang minim. Sekarang ini minat dalam pengurangan atau menghilangkan penggunaan cairan pendingin dalam pemesinan semakin meningkat. Pemesinan kering diinginkan secara ekologi dan akan menjadi keharusan bagi perusahaan manufaktur di tahun-tahun mendatang (Sreejith dan Ngoi, 2000).

Ada dua alasan mengapa minat tersebut meningkat:

- Mengurangi atau menghilangkan terbukanya operator terhadap resiko-resiko kesehatan seperti keracunan, sakit kulit, gangguan pernafasan dan infeksi mikroba.
- Mengurangi biaya pemesinan. Sebuah kajian yang dilakukan sebuah perusahaan otomotif

menunjukkan bahwa 16% biaya komponen yang dimesin secara langsung disebabkan oleh cairan pendingin (Graham, 2000).

Beberapa bahan sudah dikerjakan tanpa cairan pendingin seperti besi cor dan aluminium. Namun hal tersebut bisa dikerjakan bila menggunakan pahat yang tepat ataupun pahat yang sangat keras seperti intan. Pemesinan kering akan bertambah sukar pada pemesinan kecepatan tinggi. Pemesinan kecepatan tinggi dilakukan untuk menaikkan produktifitas melalui kenaikan kecepatan pembuangan geram. Tanpa cairan pendingin sukar untuk membersihkan geram, mengendalikan dimensi oleh karena pemanasan dan pencegahan BUE (Stephenson dan Agapiou, 2006).

Pada pemesinan kering fungsi pendingin-pelumas harus disubstitusikan. Misalnya dengan memilih pahat yang mempunyai lapisan (*coating*) berasal dari bahan yang mampu melumas sendiri (*self-lubricating*) (Straffellini dan Gariboldi, 2007). Atau dengan mengalirkan udara dingin bertekanan pada daerah pemotongan. (*cold air-cooling*).

Penggunaan pemesinan kering memerlukan pemakaian bahan pahat keramik dan bahan ultra-keras. Sifat-sifat bahan-bahan tersebut mempunyai tingkat kualitas yang sesuai untuk kondisi pemesinan kering. Keuntungan menggunakan pemesinan kering adalah geram tetap bersih sehingga mudah untuk dibersihkan dan diproses kembali. (K. Weinert dkk, 2004)

Pemesinan Hampir Kering (MQL)

Pemesinan Hampir Kering didefinisikan sebagai pemberian cairan pendingin pada kecepatan aliran yang optimal, kuantitas yang cairan sangat sedikit disemprotkan ke daerah pemotongan secara langsung.

Beberapa kelebihan Pemesinan Hampir Kering adalah:

- Mengurangi pemakaian cairan pendingin
- Mengurangi biaya bila dibandingkan dengan pemakaian cairan pendingin genang
- Mengurangi resiko kesehatan
- Peluang untuk memakai cairan yang lebih ramah lingkungan

Bila MQF digunakan, uap, kabut dan asap oli dipandang sebagai produk sampingan yang tidak dikehendaki karena menyebabkan peningkatan polusi udara. Ini menuntut adanya sistem pengeluaran uadra yang efisien yang menjamin pengendalian polusi udara.

Pemesinan Magnesium

Ada dua perhatian utama dalam pemesinan magnesium yaitu resiko kebakaran dan pembentukan Built-up Edge (BUE). Magnesium terbakar jika dipanaskan sampai suhu lelehnya. Dalam pemesinan magnesium, api sangat mungkin terjadi jika geram tipis atau halus dengan perbandingan luas permukaan-terhadap-volume yang tinggi dihasilkan dan dibiarkan menumpuk. Sumber penyalaan mungkin juga pemanasan gesekan disebabkan pahat tumpul, rusak, diasah secara salah atau dibiarkan berhenti sebentar pada akhir pemotongan.

Untuk meminimumkan resiko kebakaran, praktek-praktek berikut harus diperhatikan:

- Pahat yang tajam dengan sudut relief sebesar mungkin.
- Kecepatan makan yang besar harus digunakan.
- Secepatnya pahat dijauhkan dari benda kerja jika pemotongan berakhir
- Geram-geram harus sering dikumpulkan dan dibuang.
- Menggunakan pendingin yang tepat pada pemesinan kecepatan makan dan kedalaman potong sangat kecil.

Karena geram magnesium bereaksi dengan air dan membentuk magnesium hidroksida dan gas hidrogen bebas, pendingin berbasis air harus dihindarkan. Praktek yang diterima adalah pemotongan kering bila mungkin dan menggunakan pendingin minyak mineral bila perlu. Pemesinan kering komponen magnesium dalam volume besar menimbulkan masalah pemeliharaan kebersihan terutama untuk proses gurdi dan pengetapan yang menghasilkan geram halus.

Sekarang ini pendingin berbasis air yang menghasilkan sedikit hidrogen ketika bereaksi dengan magnesium telah digunakan dalam produksi. Dilaporkan juga pendingin ini dapat meningkatkan umur pahat dan mengurangi resiko kebakaran dibandingkan pemesinan kering. Namun masalah pembuangan limbah cairan pendingin tetap menjadi masalah. Bila dibuang begitu saja jelas dapat mencemari lingkungan. Sebaliknya bila limbah diolah sebelum dibuang jelas akan memerlukan biaya yang cukup besar (Dow Chemical, 1982).

Pembentukan BUE diamati ketika pemesinan kering paduan magnesium-aluminium cor dengan pahat Baja Kecepatan Tinggi (HSS) atau Karbida. Pembentukan BUE dapat dikurangi atau dihilangkan dengan pemakaian pendingin minyak mineral atau penggantian dengan pahat intan. Jelas pemakaian

pendingin minyak mineral akan mencemari lingkungan sedangkan pemakaian pahat intan akan menaikkan biaya produksi (Tonnessen dkk, 1992).

Pemesinan Paduan Magnesium Menggunakan Termografi

Kajian ini adalah untuk mengetahui karakteristik suhu pengapian magnesium pada pemesinan kecepatan tinggi dalam keadaan kering.

Peralatan

Percobaan pemotongan dilakukan pada mesin bubut Pinachio dengan menggunakan pahat khusus. Untuk pengakuisisian data suhu pemotongan dan citra geram pada pemesinan magnesium menggunakan teknik termograf maka digunakan peralatan sebagai berikut kamera infrared SECAM dengan filter cahaya infra merah, USB TV, termometer digital, termokopel tipe-K dan laptop

Kondisi Pemotongan

Untuk mendapatkan data yang baik maka sebelum melakukan pengambilan data suhu pemotongan maka terlebih dahulu dilakukan penentuan kondisi pemotongan. Penentuan kondisi pemotongan dilakukan dengan mengacu pada penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan oleh Denkena dan Lukas (2007), Ozsváth et al. (2008), de Pipaón et al. (2006). Memang pada penelitian-penelitian tersebut kecepatan potong masih tergolong rendah (low-speed). Agar mudah membuat perbandingan dengan penelitian sebelumnya (baseline) maka beberapa nilai kondisi pemotongan digunakan pada penelitian ini. Kondisi pemotongan untuk penelitian ini ditetapkan sebagai berikut:

- Kecepatan potong (m/min): 75, 100, 150, 250 dan 400.
- Gerak makan (mm/rev): 0,05; 0,10 dan 0,15.
- Kedalaman potong (mm): 0,25 (konstan)

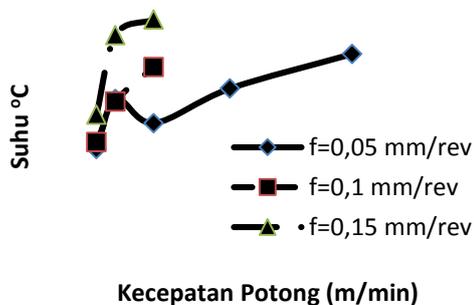


Gambar 1 Set-up peralatan eksperimen pemesinan magnesium (1) mesin bubut, (2) magnesium, (3) kamera CCD-IR, (4) termometer dijital, (5) termometer dijital, (6) video adapter, (7) notebook

Suhu Pemotongan Magnesium

Pengukuran suhu dilakukan menggunakan termokopel yang dipasang pada ujung pahat. Hasil pengukuran suhu Gambar 1. Gambar 1 memperlihatkan bahwa kenaikan suhu pemotongan berbanding lurus dengan kenaikan kecepatan potong dan gerak makan. Namun kecepatan potong lebih signifikan terhadap kenaikan suhu pemesinan dibandingkan gerak makan.

Pada gerak makan 0,05 mm/rev dan kecepatan makan 410 m/min suhu pemotongan maksimum yang dihasilkan adalah 376°C. Pada gerak makan 0,1 mm/rev dan kecepatan potong 150 m/min suhu pemotongan yang terjadi adalah 353°C. Sedangkan pada gerak makan 0,15 mm/rev dan kecepatan potong 150 m/min suhu pemotongan maksimum adalah 430 °C. Berarti suhu pemotongan yang dihasilkan masih di bawah suhu yang menyebabkan geram magnesium terbakar (sekitar 520 430 °C). dePipaon dkk (2006) menyebutkan bahwa kecepatan pemotongan sekitar 200-300 m/min dapat membuat geram magnesium menyala dan terbakar namun dengan tebal geram yang sangat tipis..



Gambar 2 Plot Kecepatan Potong terhadap suhu geram/pemotongan

Pemetaan Warna Suhu Pahat dan Geram

Pengukuran secara tidak langsung adalah dengan mengambil citra inframerah melalui kamera. Penelitian sudah mendapatkan citra-citra inframerah yang disimpan dalam bentuk JPG Citra ini kemudian diolah dengan menggunakan perangkat lunak yang dapat mengkonversikan dan memetakan distribusi suhu pada pahat maupun geram. Kemudian hasilnya dikalibrasikan dan dibandingkan dengan suhu terukur termokopel.

Visualisasi suhu dalam bentuk warna menunjukkan distribusi suhu sesuai dengan tinggi-rendah suhu. Pada penelitian ini proses pengkonversian beberapa kondisi pemotongan berhasil dilakukan. Untuk indikasi suhu terhadap warna dilakukan pengukuran suhu pada beberapa titik.

Visualisasi suhu dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Visualisasi suhu diambil menggunakan kamera yang memakai filter dan yang tidak memakai filter. Tabel 1 memperlihatkan pemetaan citra suhu pada pahat potong dan geram dengan kamera tanpa filter. Sedangkan Tabel 2 memperlihatkan citra suhu pada pahat dan benda kerja dengan kamera berfilter.

Secara umum citra-citra dalam tabel-tabel tersebut memperlihatkan warna benda kerja dan pahat menjadi kemerahan disebabkan suhu bertambah naik. Dari segi visualisasi warna terhadap suhu, tidak ada perbedaan yang terlihat menyolok pada kedua cara tersebut. Namun dengan menggunakan kamera berfilter, akan lebih mudah membedakan objek yang sedang bergerak (berputar) dengan yang diam. Objek yang sedang berputar/bergerak warna menjadi lebih samar.

Kemudian yang dapat kita lihat dari citra-citra suhu tersebut adalah pada daerah pahat-geram-benda kerja warna menjadi lebih memerah seperti yang ditunjukkan dengan lingkaran garis putus-putus pada Tabel 1. Berarti pada kawasan tersebut merupakan konsentrasi peningkatan suhu.

KESIMPULAN

1. Tuntutan terhadap manufaktur bersih semakin meningkat, memaksa perusahaan manufaktur untuk memikirkan faktor-faktor ekonomi dan lingkungan ke dalam rencana produksinya.
2. Salah satu tindakan untuk membuat manufaktur lebih bersih adalah dengan menghindari pemakaian pelumas dan cairan pendingin pada proses pemesinan (pemesinan kering)
3. Pemesinan kering sangat tepat dilakukan pada pemesinan magnesium karena cairan akan membuat geram magnesium lebih mudah

- terbakar dan uap hidrogen akan menyebabkan gangguan kesehatan.
4. Sistem akuisisi data suhu pemesinan telah dirancang untuk menangkap citra suhu dan menampilkan distribusi suhu pada pahat, geram dan benda kerja.
 5. Pemakaian termograf inframerah dapat menangkap citra suhu geram magnesium. Namun suhu pada citra inframerah harus dikonversikan dengan suhu termokopel yang terkalibrasi. Suhu geram berkisar antara 211 – 430 °C.
 6. Kenaikan kecepatan potong, gerak makan dan kedalaman potong akan menaikkan suhu pemesinan. Ini terlihat dari warna merah yang ditunjukkan oleh citra suhu. Suhu maksimum yang ditunjukkan *colorbar* pada citra suhu Sedangkan biru merupakan warna bagi suhu minimum.
- G. Straffelini, E. Gariboldi. Sliding behaviour of hard and self-lubricating PVD coatings against a Mg-alloy. *Wear* 263 (2007) 1341–1346.

DAFTAR PUSTAKA

- D.A. Stephenson, J.S. Agapiou. *Metal Cutting Theory and Practice*, 2ed. Taylor & Francis, Boca Raton, 2006.
- E.M. Trent P.K. Wright, *Metal Cutting*, fourth ed., Butterworth-Heinemann, London, 2000
- P.S. Sreejith, B.K.A. Ngoi. Dry machining: machining of the future. *J. Mater. Processing Technology* 101 (2000) 287-291.
- F. Klocke, G. Eisenblatter. Dry Cutting. *Annals of the CIRP Vol.46/2/1997*
- K. Weinert, I. Inasaki, J. W. Sutherland & T. Wakabayashi. Dry Machining and Minimum Quantity Lubrication. *Annals CIRP Vol. 53/2*, 2004, 511-537.
- D. Dudzinski, A. Devillez, A. Moufki, D. Larrouque`re, V. Zerrouki and J. Vigneau, A review of developments towards dry and high speed machining of Inconel 718 alloy, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 44 (2004) 439–456.
- A. Spicer, J. Kasi, C. Billups dan J. Pajec. Machining magnesium with water-based coolants. *SAE Technical Papers* (1991)
- K. Tonnesen, N. Tomac dan F.O. Rasch. Machining magnesium alloys with use of oil-water emulsions. *8th Int. Colloquium, Tribology 2000* (1992).

Tabel 1 Citra temperatur pemotongan dan geram dengan kamera tanpa filter pada berbagai kondisi pemotongan

Kondisi Pemotongan	Pra pemotongan	Awal Pemesinan	Pertengahan Pemesinan	Akhir Pemesinan
v=1 50 m/ min, f=0 ,05 m m/r ev, d=0,2 5 m m				
v=2 70 m/ min, f=0 ,05 m m/r ev, d=0,2 5 m m				
v=4 10 m/ min, f=0 ,05 m m/r ev, d=0,2 5 m m				

Tabel 2 Citra temperatur pemotongan dan geram dengan kamera berfilter pada berbagai kondisi pemotongan

Kondisi Pemotongan	Pra pemotongan	Awal Pemesinan	Pertengahan Pemesinan	Akhir Pemesinan
v=1 50 m/ min, f=0 ,05 m m/r ev, d=0,25 m m				
v=2 70 m/ min, f=0 ,05 m m/r ev, d=0,25 m m				
v=4 10 m/ min, f=0 ,05 m m/r ev, d=0,25 m m				