

Kesan Parameter Pemesinan ke atas Pembentukan Serpihan Semasa Mengisar Hujung Keluli Terkeras AISI H13 Menggunakan Mata Alat Sermet

Jaharah A. Ghani & M.Z. Hanif

ABSTRAK

Kesan parameter pemesinan ke atas pembentukan serpihan semasa mengisar hujung keluli terkeras AISI H13 menggunakan mata alat sermet telah dikaji. Pemotongan dilakukan dalam julat halaju 224 – 355 m min⁻¹, suapan 0.1-0.25 mm gigi⁻¹ dan dalam pemotongan jejari 0.3 – 0.8 mm. Analisis SEM menunjukkan pembentukan serpihan sangat bergantung kepada dalam pemotongan jejari dan suapan yang digunakan dan tidak kepada halaju pemotongan. Pada parameter pemotongan yang rendah, halaju 224 m min⁻¹, suapan 0.1 mm gigi⁻¹, dan dalam pemotongan 0.3 mm, serpihan terputus-putus dengan hujungnya yang licin diperolehi, manakala pada parameter pemotongan tinggi, suapan 0.25 mm gigi⁻¹ dan dalam pemotongan 0.8 mm, serpihan berbentuk gergaji dihasilkan.

Kata kunci: pembentukan serpihan, perkakas keluli AISI H13, mata alat sermet, serpihan terputus-putus, serpihan berbentuk gergaji

ABSTRACT

The effect of machining parameters on chip formation during end milling AISI H13 tool steels using cermet inserts was investigated. The machining range were set at speed of 224- 355 m min⁻¹, feed rate of 0.1-0.25 mm tooth⁻¹, and radial depth of cut of 0.3 –0.8 mm. The SEM analysis shows that chip formation strongly depends on the depth of cut and feed rate rather than on the cutting speed. At low machining conditions at speed of 224 m min⁻¹, feed rate of 0.1 mm tooth⁻¹, and radial depth of cut of 0.3 mm, discontinuous chip with smooth edges was produced, whereas at high feed rate of 0.25 mm tooth⁻¹ and radial depth of cut of 0.8 mm, saw tooth chips was formed.

Key words: chip formation, AISI H13 tool steels, cermets tools, discontinuous chips, saw tooth chips

PENGENALAN

Proses pemotongan logam atau penyingkiran serpihan dilakukan untuk mendapatkan saiz, bentuk, dimensi, toleran, dan permukaan siap yang dikehendaki. Prinsip mekanisma dalam proses pembentukan serpihan dikelaskan sebagai proses ricihan yang berlaku di sepanjang permukaan ricih benda kerja (Trent 1991). Perubahan plastik pada benda kerja akan berlaku di permukaan ini dan mengakibatkan penyingkiran serpihan. Sidjanin dan Kovac (1997) telah mengklasifikasikan jenis-jenis serpihan yang terhasil

berdasarkan kepada pembentukan retak. Jawahir dan Luttervelt (1993), telah mengkaji proses pembentukan serpihan serta mengawalinya, dan ini dapat membantu seseorang untuk meramal daya pemotongan semasa proses pemesinan tersebut. Daya yang diperlukan untuk membentuk serpihan bergantung kepada kekuatan alah ricih benda kerja dan luas satah ricih (Trent 1991). Tegasan ricih dan tekanan ricih adalah dua parameter penting untuk menghuraikan perubahan bentuk plastik dalam proses pemotongan logam kerana tegasan ricih memberi kesan kepada aliran tegasan, suhu dan bentuk struktur serpihan. Serpihan terhasil dikaitkan dengan suhu and terikan yang tinggi. Keadaan ini menyebabkannya lebih mulur atau rapuh daripada bahan asal. Menurut Strenkowski dan Athavale (1997), tegasan tegangan berlaku untuk membengkok dan memutarakan serpihan.

Komanduri dan Brown (1981) telah mengkaji mekanik segmentasi pembentukan serpihan dan mendapati kejadian berlaku disebabkan oleh ketidakstabilan proses pemotongan dan ditambah dengan tindakan dinamik sebahagian daripada struktur perkakas mesin. Fallbohmer et al. (2000) mendapati serpihan berbentuk gergaji akan dihasilkan apabila bahan keras dimesin pada suapan yang tinggi. Serpihan berbentuk ini boleh menyebabkan variasi kitaran kedua-dua daya pemotongan dan tunjang yang mempengaruhi hayat dan kegagalan mata alat.

Makalah ini akan membentangkan kajian yang dijalankan untuk melihat kesan parameter mengisar hujung mata alat sermet tak bersalut gred P20 ke atas pembentukan serpihan keluli terkeras AISI H13 secara uji kaji bagi mendapatkan julat parameter pemesinan yang optimum dengan menganalisis bentuk serpihan yang dihasilkan.

KAEDAH UJI KAJI

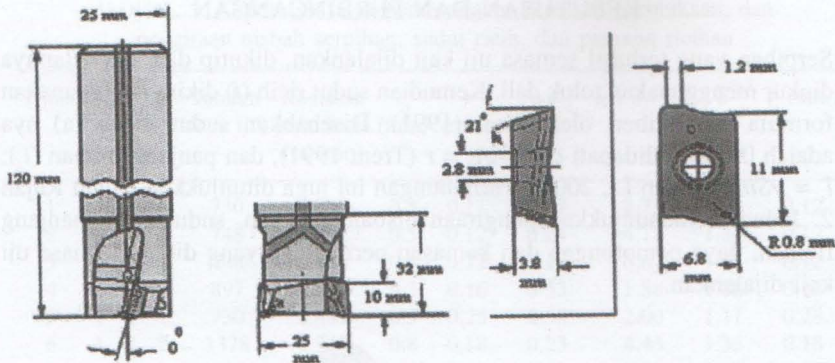
Proses pemesinan telah dilakukan menggunakan mesin Cincinnati Milacron Sabre 750 VMC dalam keadaan kering tanpa bendalir pemotong, seperti yang disarankan oleh pembekal mata alat untuk bahan kerja yang akan dikaji. Mata alat yang digunakan ialah jenis sisipan kisar hujung rata gred P20 sermet tak bersalut. Geometri terperinci untuk mata alat kisar hujung rata dua flut dan pemasangannya ditunjukkan dalam Rajah 1. Jadual 1 ialah komposisi kimia mata alat sermet dalam peratus isi padu. Bahan kerja ialah perkakas keluli AISI H13 yang telah dikeraskan kepada $HRC50 \pm 3$. Jadual 2 menunjukkan komposisi kimia bahan kerja dalam peratus berat.

Daya-daya pemotongan ke arah X, Y dan Z diukur atas talian semasa operasi mengisar dijalankan menggunakan dinamometer Kistler model 9255B. Kekasaran permukaan diukur di beberapa tempat menggunakan penguji kekasaran permukaan model Mpi Mahr Perthometer.

JADUAL 1. Komposisi kimia mata alat sermet dalam peratus isi padu

Ni	Co	WC	TaC	NaC	TiC	TiN	Mo ₂ O
6	8.9	8.4	5.3	1.7	35.4	32.1	3.8

Ketumpatan mata alat ialah 7.27 g cm^{-3} dan kekerasannya ialah HV1400.



RAJAH 1. Geometri terperinci mata alat kisar hujung rata dan pemasangannya

JADUAL 2. Komposisi kimia bahan kerja dalam peratus berat

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo	V
0.37	0.9	0.46	0.014	0.02	0.11	5.34	0.4	1.25	1

Parameter pemesinan yang digunakan dalam uji kaji ini adalah seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 3 untuk keadaan separa-akhir dan akhir untuk bahan kerja apabila dimesin dalam julat halaju tinggi. Rekabentuk uji kaji Taguchi dengan jalur ortogen piawai L_{27} (3^{13}) (Park 1996) digunakan untuk tujuan ujikaji seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 4.

JADUAL 3. Faktor dan aras yang digunakan dalam uji kaji

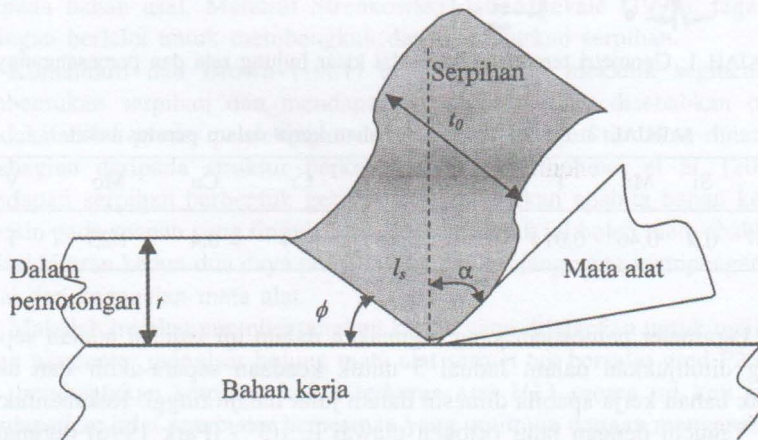
Faktor/ aras	0	1	2
A - ($m \min^{-1}$)	224	280	355
B-(mm gigi $^{-1}$)	0.1	0.16	0.25
C - (mm) dalam pemotongan jejari	0.3	0.5	0.8
Dalam axial ditetapkan malar pada 3 mm.			
A - halaju, B - suapan, C - dalam pemotongan jejari			

JADUAL 4. Rekabentuk uji kaji Taguchi dengan jalur ortogen piawai L_{27} (3^{13})

Ujian	A	B	C	Ujian	A	B	C	Ujian	A	B	C	Ujian	A	B	C
1	0	0	0	8	2	1	1	15	1	2	0	22	1	0	2
2	0	1	1	9	2	2	2	16	2	0	1	23	1	1	0
3	0	2	2	10	0	0	1	17	2	1	2	24	1	2	1
4	1	0	0	11	0	1	2	18	2	2	0	25	2	0	2
5	1	1	1	12	0	2	0	19	0	0	2	26	2	1	0
6	1	2	2	13	1	0	1	20	0	1	0	27	2	2	1
7	2	0	0	14	1	1	2	21	0	2	1				

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Serpihan yang terhasil semasa uji kaji dijalankan, dikutip dan ketebalannya diukur menggunakan tolok dail. Kemudian sudut ricih (f) dikira menggunakan formula yang diberi oleh Trent (1991). Disebabkan sudut sadak (α) nya adalah 0° maka didapati $\cot f = t/t_0 = r$ (Trent 1991), dan panjang ricihan (l_s); $l_s = t/\sin f$ (Li dan Li, 2002). Perhubungan ini juga ditunjukkan dalam Rajah 2. Jadual 5 menunjukkan pengiraan nisbah serpihan, sudut ricih, panjang ricihan, daya pemotongan dan kemas permukaan yang diukur semasa uji kaji dijalankan.



RAJAH 2. Perhubungan di antara t , t_0 , f , dan l_s . (Trent 1991)

Ketebalan serpihan yang diukur (t_0) adalah lebih kecil berbanding dengan dalam pemotongan (t). Ini menunjukkan bahawa serpihan yang dihasilkan adalah lebih nipis berbanding dengan dalam pemotongan. Keadaan ini berlaku disebabkan oleh halaju tinggi yang digunakan dalam pemotongan yang dijalankan. Halaju tinggi menyebabkan serpihan menipis seperti yang ditemui oleh penyelidik lain seperti Bakkal et al. (2004) dan Ning et al. (2001).

Lazimnya pada keadaan pemotongan konvensional, serpihan (t_0) adalah lebih tebal berbanding dengan dalam pemotongan (t) disebabkan oleh ubah bentuk plastik seperti yang diterangkan oleh Trent (1991).

Jadual 5 menunjukkan nisbah serpihan adalah tinggi apabila menggunakan dalam pemotongan yang rendah dan sederhana (aras '0' dan '1') dan halaju tinggi (aras '2') seperti dalam ujian 7,8,17,19,26 dan 27. Menurut Trent (1991), sekiranya nisbah serpihan adalah tinggi maka sudut ricih adalah kecil dan serpihan akan bergerak dengan perlahan, sebaliknya sudut ricih yang besar menandakan serpihan yang terbentuk adalah nipis dan akan meninggalkan permukaan yang dimesin dengan cepat. Teori yang dinyatakan oleh Trent (1991) ini tidak berlaku dalam uji kaji ini kerana julat uji kajinya berada dalam lingkungan halaju tinggi. Oleh itu boleh disimpulkan di sini untuk uji kaji halaju tinggi, sifat-sifat pembentukan serpihannya adalah berbeza daripada yang lazimnya terjadi pada halaju rendah dan sederhana.

JADUAL 5. Keputusan daya pemotongan, kemasan permukaan, dan pengiraan nisbah serpihan, sudut ricih, dan panjang ricihan

Ujian	A	B	C	Jumlah daya (N)	Kemasan permukaan (micron)	t_0 (mm)	t (mm)	$r=t/t_0$	$\tan \phi = t_0/t$	ϕ	l_s (mm)
1	0	0	0	730	0.263	0.3	0.11	0.37	2.73	1.22	0.12
2	0	1	1	748	1.092	0.5	0.12	0.24	4.17	1.34	0.12
3	0	2	2	1566	0.546	0.8	0.12	0.15	6.67	1.42	0.12
4	1	0	0	897	0.314	0.3	0.16	0.53	1.88	1.08	0.18
5	1	1	1	730	1.889	0.5	0.25	0.50	2.00	1.11	0.28
6	1	2	2	1378	0.912	0.8	0.18	0.23	4.44	1.35	0.18
7	2	0	0	955	0.817	0.3	0.12	0.40	2.50	1.19	0.13
8	2	1	1	781	3.294	0.5	0.29	0.58	1.72	1.05	0.34
9	2	2	2	2971	1.061	0.8	0.23	0.29	3.48	1.29	0.24
10	0	0	1	1975	1.021	0.5	0.23	0.46	2.17	1.14	0.25
11	0	1	2	1086	0.79	0.8	0.22	0.28	3.64	1.30	0.23
12	0	2	0	1005	1.656	0.3	0.15	0.50	2.00	1.11	0.17
13	1	0	1	1488	0.655	0.5	0.13	0.26	3.85	1.32	0.13
14	1	1	2	736	0.768	0.8	0.14	0.18	5.71	1.40	0.14
15	1	2	0	716	0.757	0.3	0.25	0.83	1.20	0.88	0.33
16	2	0	1	1319	0.803	0.5	0.22	0.44	2.27	1.16	0.24
17	2	1	2	1030	0.713	0.8	0.21	0.26	3.81	1.31	0.22
18	2	2	0	943	0.817	0.3	0.25	0.83	1.20	0.88	0.33
19	0	0	2	592	0.501	0.8	0.14	0.18	5.71	1.40	0.14
20	0	1	0	1769	0.628	0.3	0.14	0.47	2.14	1.13	0.15
21	0	2	1	1011	0.686	0.5	0.12	0.24	4.17	1.34	0.12
22	1	0	2	707	0.661	0.8	0.11	0.14	7.27	1.43	0.11
23	1	1	0	2897	1.129	0.3	0.14	0.47	2.14	1.13	0.15
24	1	2	1	1450	1.063	0.5	0.25	0.50	2.00	1.11	0.28
25	2	0	2	900	0.89	0.8	0.18	0.23	4.44	1.35	0.18
26	2	1	0	2424	1.15	0.3	0.19	0.63	1.58	1.01	0.22
27	2	2	1	1881	1.781	0.5	0.27	0.54	1.85	1.08	0.31

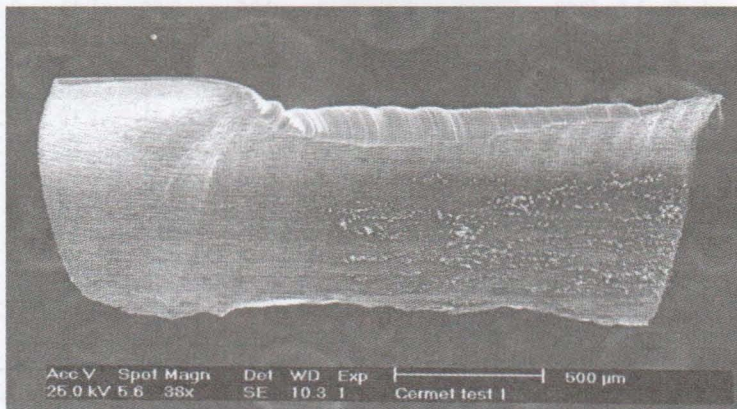
Analisis terperinci pembentukan serpihan yang dihasilkan dilakukan menggunakan mikroskop imbasan elektron (SEM). Serpihan terlebih dahulu dibersihkan daripada kekotoran sebelum dimasukkan dan dianalisis menggunakan SEM. Rajah 3 dan 4 menunjukkan bentuk-bentuk serpihan yang terhasil pada keadaan parameter pemotongan yang berbeza-beza. Disebabkan keadaan pembentukan serpihan adalah agak serupa pada kombinasi parameter tertentu, maka di sini dihadkan analisisnya kepada kombinasi dalam pemotongan dan suapan yang rendah dan tinggi sahaja.

Rajah 3 menunjukkan struktur serpihan dengan menggunakan parameter pemotongan yang rendah (ujian 1). Mikrograf ini menunjukkan serpihan jenis terputus-putus dengan hujung yang licin diperolehi. Serpihan jenis ini menghasilkan permukaan pemesinan yang licin, daya pemotongan yang rendah seperti dalam Jadual 5 dan mengikut Sidjanin dan Kovac (1997) suhu pemotongan adalah rendah dalam pembentukan serpihan jenis ini. Bagi julat uji kaji yang dijalankan, pada kombinasi ujian ini didapati keadaan yang paling optimum bagi pembentukan serpihan.

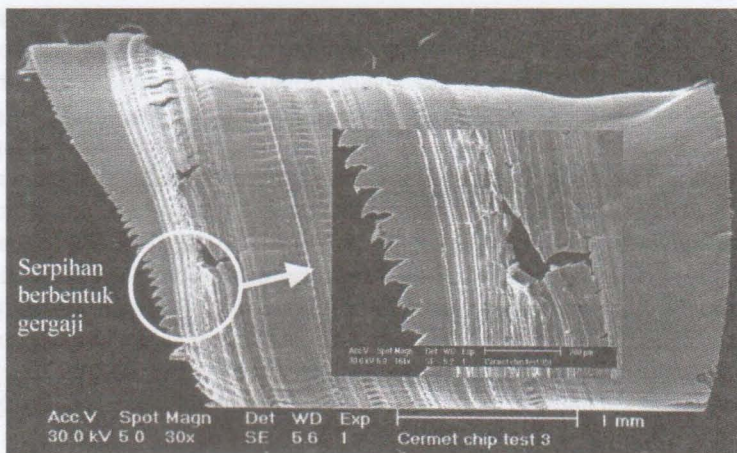
Apabila suapan dan dalam pemotongan dinaikkan seperti dalam ujian 3, serpihan berbentuk gergaji dihasilkan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah

4. Jadual 5 menunjukkan peningkatan nilai kemas permukaan dan daya pemotongan dengan pembentukan serpihan jenis ini. Elbestawi et al. (1996) menyatakan pembentukan serpihan jenis ini berkait rapat dengan tekanan pemotongan tentu dan menghasilkan daya pemotongan dinamik yang berbeza-beza dan memendekkan jangka hayat mata alat. Manakala Vyas dan Shaw (1999) pula menyatakan, dalam pemesisan bahan kerja keras, kekerasan atau kerapuhan benda kerja, sudut sadak negatif dan kedalaman pemotongan yang besar akan menghasilkan permulaan retak dan mengakibatkan pembentukan serpihan berbentuk gergaji. Menurut Fallbohmer et al. (2000) serpihan berbentuk gergaji akan dihasilkan apabila memesis bahan keras pada suapan yang tinggi.

Analisis SEM menunjukkan pembentukan serpihan sangat bergantung kepada dalam pemotongan dan suapan yang digunakan. Kejadian serpihan berbentuk gergaji dalam Uji kaji ini adalah disebabkan oleh kedua-dua kedalaman dan suapan tinggi yang digunakan dalam ujian ini.



RAJAH 3. Serpihan yang terhasil pada kelajuan, suapan dan dalam pemotongan yang rendah



RAJAH 4. Serpihan yang terhasil pada kelajuan yang rendah, suapan dan dalam pemotongan yang tinggi

KESIMPULAN

Serpihan yang dihasilkan adalah lebih nipis berbanding dengan dalam pemotongan dalam uji kaji ini. Ini disebabkan oleh serpihan menipis pada julat halaju tinggi yang digunakan. Oleh itu teori terdahulu mengenai pembentukan serpihan tidak boleh lagi digunapakai untuk penggunaan halaju tinggi.

Analisis SEM menunjukkan pembentukan serpihan sangat bergantung kepada dalam pemotongan dan suapan yang digunakan berbanding dengan halaju pemotongan.

Dalam pemotongan dan suapan yang rendah (suapan 0.1 mm gigi⁻¹ dan dalam pemotongan 0.3 mm) serpihan yang bersambung-sambung dengan hujung yang licin akan terbentuk dan serpihan jenis ini menghasilkan kemasan permukaan yang licin dan daya pemotongan yang rendah.

Pada keadaan dalam pemotongan dan suapan yang tinggi (suapan 0.25 mm gigi⁻¹ dan dalam pemotongan 0.8 mm) serpihan berbentuk gergaji dihasilkan yang menyebabkan kemasan permukaan yang kasar dan daya pemotongan yang besar.

PENGHARGAAN

Penulis ingin merakamkan penghargaan kepada Universiti Kebangsaan Malaysia di atas bantuan kewangannya dalam projek KK-08-2003.

RUJUKAN

- Athavale, S. M. & Strenkowski, J. S. 1997. Material damage-based model for predicting chip-breakability. *J. of Manuf. Sci. & Eng.* 119: 675-680.
- Bakkal, M., Shih, A. J. & Scattergood, R. O. 2004. Chip formation, cutting forces, and tool wear in turning of Zr-based bulk metallic glass. *Int. J. of Mach. Tool and Manuf.* 44: 915-925
- Elbestawi, M. A., Chen, L., Becze, C. E. & ElWardany, T. I. 1997. High speed milling of dies and molds in their hardened state, *Annals of the CIRP* 46(1): 57-62.
- Fallbohmer, P., Rodriguez, C. A., Ozel, T. & Altan, T. 2000. High speed machining of cast iron and alloy steels for die and mold manufacturing. *J. of Materials Processing Technology* 98: 104-115.
- Jawahir, I. S. & Luttervelt, C. A. 1993. Recent development in chip control research and applications, *Annals of the CIRP* 42(2): 659-693
- Komanduri, R. & Brown, R. H. 1981. On the mechanics of chip segmentation in machining. *J. of Engineering for Industry: Transactions of ASME* 103: 33-51.
- Li, H. Z. & Li, X. P. 2002. Milling force prediction using a dynamic shear length model, *Int. J. of Mac. Tools and Manuf.* 42: 277-286.
- Ning, Y., Rahman, M. & Wong, Y. S. 2001. Investigation of chip formation in high speed end milling. *J. of Material Processing and Technology* 113: 360-367.
- Park, S. H. 1996. *Robust Design and analysis for quality engineering*. London: Chapman and Hall.
- Shaw, M. C. & Vyas, A. 1993. Chip formation in the machining of hardened steel. *Annals of the CIRP* 42(1): 29-33.

- Sidjanin, L. & Kovac, P. 1997. Investigation of chip formation during milling, *Int. J. of Production Economics* 51: 149-153
- Trent, E.M. 1991. *Metal cutting*. Third edition. Oxford: Heinemann Butterworth.

Jabatan Kejuruteraan Mekanik & Bahan
Fakulti Kejuruteraan
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor D.E
Malaysia