

## Integritas Permukaan Baja Perkakas AISI D2 yang Dibubut Menggunakan Pahat Karbida

Gusri Akhyar Ibrahim, Arinal Hamni

Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung  
gusri@unila.ac.id

### Abstrak

Integritas permukaan material baja perkakas AISI D2 diteliti untuk mengkhaki kekasaran permukaan, topografi permukaan dan kekerasan permukaan pada berbagai tingkat parameter pemesinan. Pahat karbida yang dilapisi (KC 9125) dan pahat karbida tidak dilapisi (K 313) digunakan untuk memotong baja perkakas AISI D2, yang berbentuk bar dengan nilai kekerasan 25 HRC. Pengujian pemesinan dilakukan dalam kondisi pemesinan kering pada berbagai level kecepatan potong dan kadar pemakanan, sementara kedalaman potong dijaga dalam keadaan konstan. Pada penelitian ini, Metode Taguchi digunakan untuk mendapatkan keadaan pemesinan terbaik dan kontribusi masing-masing parameter terhadap nilai kekasaran permukaan. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai kekasaran permukaan untuk pahat karbida yang tidak dilapisi dalam rentang 0.36 – 4.05  $\mu\text{m}$  dan untuk pahat karbida yang dilapisi dalam rentang 0.30 – 1.51  $\mu\text{m}$ . Nilai kekasaran permukaan terendah untuk kedua jenis pahat karbida diperoleh pada kondisi pemotongan dengan kecepatan potong 250 m/min dan kadar pemakanan 0.05 mm/rev. Lapisan putih martensit ditemukan pada permukaan baja perkakas yang dimesin pada 170  $\mu\text{m}$  di bawah permukaan yang dimesin. Hal ini, meningkatkan nilai kekerasan permukaan bahan yang dimesin.

**Kata kunci:** Kekasaran permukaan, pahat karbida, proses bubut, AISI D2.

### Pendahuluan

Pahat karbida yang dilapisi dan tidak dilapisi telah banyak digunakan secara meluas di berbagai industri pemotongan logam dan telah terbukti menghasilkan kriteria hasil pemotongan yang terbaik terutama pada proses pemotongan bubut. Kajian tentang integritas keadaan permukaan sebagai satu bentuk proses pemesinan akhir semakin menjadi hal sangat menarik, terutama dalam hal menghasilkan komponen mesin yang berkualitas tinggi (Axinte dan Dewes, 2002; Che Haron, 2001; Che Haron dan Abdullah, 1999). Pada saat ini, keperluan akan kondisi permukaan yang memuaskan tidak hanya berdasarkan nilai kekasaran permukaan, akan tetapi juga difokuskan pada mikro struktur, kekerasan permukaan, nilai tegangan sisa dan umur fatiknya.

Kualitas permukaan yang dimesin menjadi hal yang sangat kritis dalam hal permintaan terhadap prestasi alat, keamanan, umur pakai dan kelayakannya. Komponen-komponen yang digunakan di bidang otomotif, pesawat luar angkasa dan industri lainnya dioperasikan dalam kondisi mengalami tagang tinggi dan temperatur tinggi. Oleh karena itu, integritas permukaan dari komponen yang dimesin menjadi sangat penting karena ia dapat menyebabkan kegagalan leleh secara tiba-tiba (Boothroyd dan Knight, 1989; Che Haron et al, 2001). Dengan

demikian, permukaan bahan baja perkakas yang dimesin sangat diperlukan.

Proses manufaktur memainkan peran penting dalam menentukan rentang nilai integritas permukaan yang diangkat aman untuk satu komponen permesinan. Fenomena integritas permukaan disebabkan oleh mekanisme termal perubahan fasa bahan, perubahan struktur mikro (Chubb dan Billingham, 1980; Che Haron, 2001). Banyak dari faktor tersebut disebabkan oleh perlakuan panas lebih retak permukaan, tegangan sisa dan umur fatik. Artikel ini menampilkan proses pembubutan yang dilakukan untuk menginvestigasi pengaruh pahat karbida yang dilapisi terhadap keadaan permukaan yang dimesin dan menentukan keadaan pemesinan yang optimum untuk menghasilkan integritas permukaan. In the present paper, turning process baja perkakas AISI D2.

### Metode Penelitian

Pengujian mesin dilakukan menggunakan mesin bubut mode Cincinnati Milacron Avenger 200T dengan pemesinan kering atau tanpa menggunakan pelumas pada berbagai level kecepatan potong dan kadar pemakanan, sedangkan kedalaman potong dijaga konstan pada 0.15 mm. Sebelum dilakukan pemesinan, setebal 5 mm permukaan terluar bahan kerja dipotong/dibuang agar supaya mendapatkan permukaan yang halus dan dimensi yang sama. Ini juga dilakukan untuk menghilangkan konsentrasi

tegangan yang tersisa pada permukaan bahan sebagai akibat daripada proses cor atau proses pembuatannya (Kalpakjian dan Schmid, 2001). Proses pemesinan akan dihentikan apabila  $V_{Bmax}$  telah mencapai 0.6 mm untuk pahat yang karbida yang tidak dilapisi dan 20 menit untuk pahat yang dilapisi. Nilai kekasaran permukaan  $R_a$  dan  $R_{max}$  diukur menggunakan Mitutoyo Surf test-SJ 301 setelah setiap kali pemotongan dilakukan. Mikro struktur permukaan bahan yang sudah di-etching diamati menggunakan Leica Micro System sedangkan nilai kekerasan permukaan dilakukan menggunakan micro hardness tester.

Bahan material yang digunakan adalah baha perkakas AISI D2 dengan nilai kekerasan 25 HRC yang telah mengalami proses annealing. Bahan benda kerja disediakan dalam bentuk bar dengan dimensi, panjang 330 mm dan diameter 100 mm. Tabel 1 dan 2 menunjukkan komposisi kimia dan sifat fisikan daripada baja perkakas AISI D2.

**Tabel 1.** Komposisi kimia baja perkakas AISI D2 (% wt)

C	Cr	Fe	Mn	Mo	Si	V
1.5	12	84	0.5	0.8	0.3	0.9

**Tabel 2.** Sifat fisika baha perkakas AISI D2

Konduktivitas termal (W/m°C)	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	Kekerasan (HRC)	Modulus elastisitas (N/mm <sup>2</sup> )	Panas spesifik (J/kg°C)
7700	19300	22	60	460

Dua jenis pahat yang digunakan yaitu pahat karbida yang dilapisi dan tidak dilapisi. Standar ISO untuk kedua pahat tersebut CNMG 20408. Komposisi kimia untuk bahan pahat baja perkakas sebagaimana yang ditunjukkan oleh Tabel 3.

**Tabel 3.** Komposisi kimia pahat karbida (% wt)

Co	Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	WC
6.0	0.5	93.5

Pahat karbida jenis chemical vapor deposition (KC9125) adalah substrat asal dan dilapisi dengan tiga jenis lapisan yaitu TiN, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan TiCN, dengan pemegang pahat jenis kanan atau standar MCLNR-2020K12 ND4.

Metode Taguchi L<sub>12</sub> digunakan untuk disain penelitian dengan faktor dan levelnya adalah sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Faktor dan level yang digunakan pada penelitian ini

Factors	Levels			
	1	2	3	4
Kecepatan potong (mm/min)	150	200	250	600
Kadar pemakanan (mm/rev)	0.05	0.1	0	
Kedalaman potong (mm)	0.15			
Sudut sadak (°)	0			

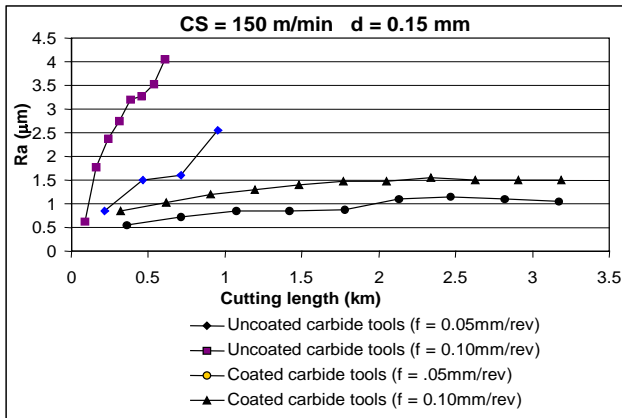
## Hasil dan Pembahasan

### Kekasaran permukaan

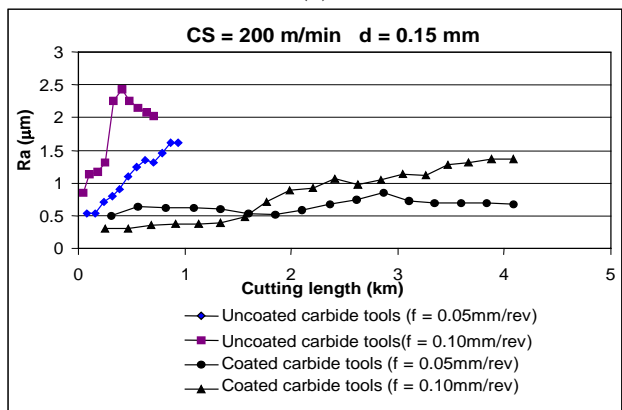
Gambar 1(a), (b) and (c) menunjukkan nilai kekasaran permukaan  $R_a$  yang diukur untuk pahat karbida yang tidak dilapisi adalah lebih besar dibandingkan dengan nilai kekasaran permukaan untuk pahat karbida yang dilapisi. Ini disebabkan oleh kontribusi daripada lapisan keras pada permukaan pahat karbida yang keras dan berukuran partikel lebih kecil. Lapisan keras tersebut dapat berfungsi sebagai pelumas kering, sehingga dapat memperkecil gesekan antara pahat bubut dan material bahan kerja (Schintlmeister dan Wallgram, 1989; Thomas dan Beauchamp, 1989). Nilai kekasaran permukaan  $R_a$  untuk proses pembubutan baja perkakas AISI D2 yang diperoleh adalah dalam rentang 0.36 – 4.05  $\mu$ m untuk pahat karbida yang tidak dilapisi dan 0.3 – 1.51  $\mu$ m untuk pahat karbida yang dilapisi. Fenomena nilai kekasaran permukaan yang demikian disebabkan oleh dua faktor utama yaitu aus pahat berlaku dominan pada ujung potong dan efek daripada lapisan keras pada permukaan pahat karbida. Perubahan geometri pahat pada ujung potong menyebabkan progres aus berlaku lebih cepat untuk pahat karbida yang tidak dilapisi berbanding dengan pahat karbida yang dilapisi.

Dapat dilihat pada Gambar 1(a) and (c) bahwa nilai kekasaran permukaan  $R_a$  untuk pahat karbida yang tidak dilapisi dan dilapisi pada kadar pemakanan 0.10 mm/rev adalah lebih besar daripada nilai kekasaran pahat karbida pada kadar pemakanan 0.05 mm/rev. Kadar pemakanan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan sewaktu proses pembubutan. Kenyataan ini sama dengan yang ditemukan oleh peneliti sebelumnya yaitu Rech and Moison (2003). Mereka menyatakan bahwa kadar pemakanan adalah parameter yang paling

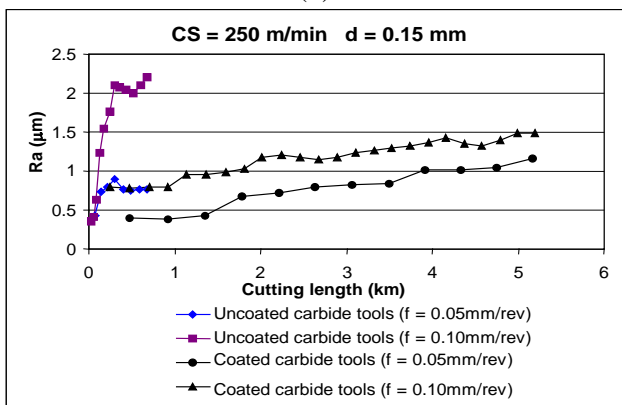
berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan dibandingkan dengan kecepatan potong. Hal ini disebabkan oleh gaya yang besar sewaktu proses pemesian sehingga aus berlaku dengan cepat.



(a)



(b)



(c)

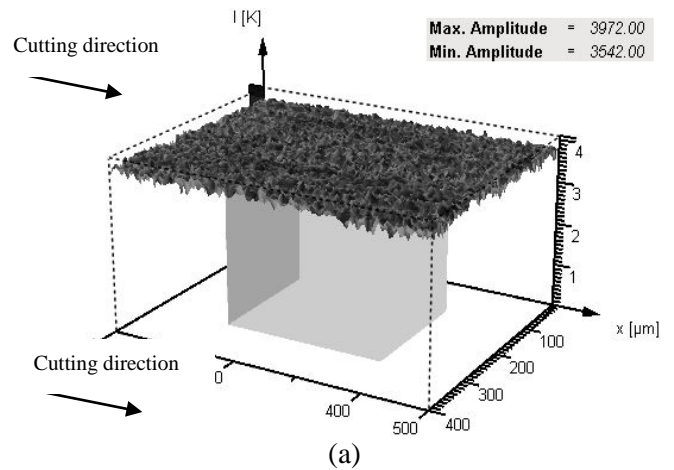
**Gambar 1.** Kurva nilai kekasaran permukaan (a) kecepatan potong 150 m/min, (b) kecepatan potong 200 m/min dan (c) kecepatan potong 250 m/min.

*Topografi Permukaan*

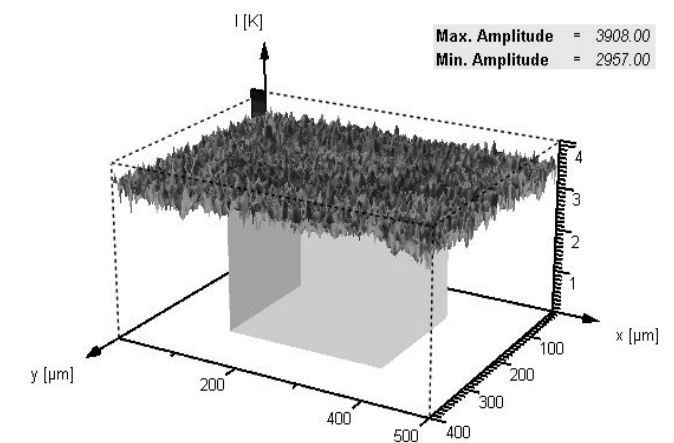
Topografi permukaan bahan yang dimesin menggunakan pahat karbida yang dilapisi dan tidak dilapisi dalam bentuk tiga dimensi diambil menggunakan mikroskop Konfokal. Gambar 2 (a) adan (b) menunjukkan bahwa profil topografi permukaan diawal permukaan menunjukkan keadaan yang lebih seragam dibandingkan dengan diakhir pemoangan. Pada akhir pemoangan menunjukkan beberapa puncak dan daerah yang rendah seperti

lembah. Hal ini disebabkan karena pada akhir pemoangan, ujung pahat bubut telah aus dan tumpul, sehingga menghasilkan geseran dan membangkitkan panas yang tinggi. Retak akibat termal muncul sepanjang ujung pahat potong yang berakibat terjadinya penyerpihan pada waktu pemoangan yang lebih lama (Nomura et al., 1999; Trent, 1995).

Pahat karbida yang dilapisi menghasilkan topografi permukaan yang lebih halus dibandingkan dengan pahat karbida yang tidak dilapisi, sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 3(a) dan (b). Lapisan keras pada permukaan pahat potong mempunyai peran penting dalam mereduksi gesekan antara pahat petong dan bahan kerja, sehingga panas yang dibangkitkan juga berkurang. Peran lain adalah mengurangi berlakunya difusi antara permukaan serpihan dan partikel pahat potong, terutama pada keadaan pemoangan kecepatan tinggi (Venkantes, 1980). Lapisan juga bertindak sebagai rintangan termal, oleh karena itu panas akan terkonsentrasi diantara permukaan atas lapisan, yang berfungsi untuk melindungi daripada berlakunya difusi pada pahat potong (Gzesik, 1998). Oleh karena itu, lapisan keras tersebut dapat memperlambat berlakunya progres aus.



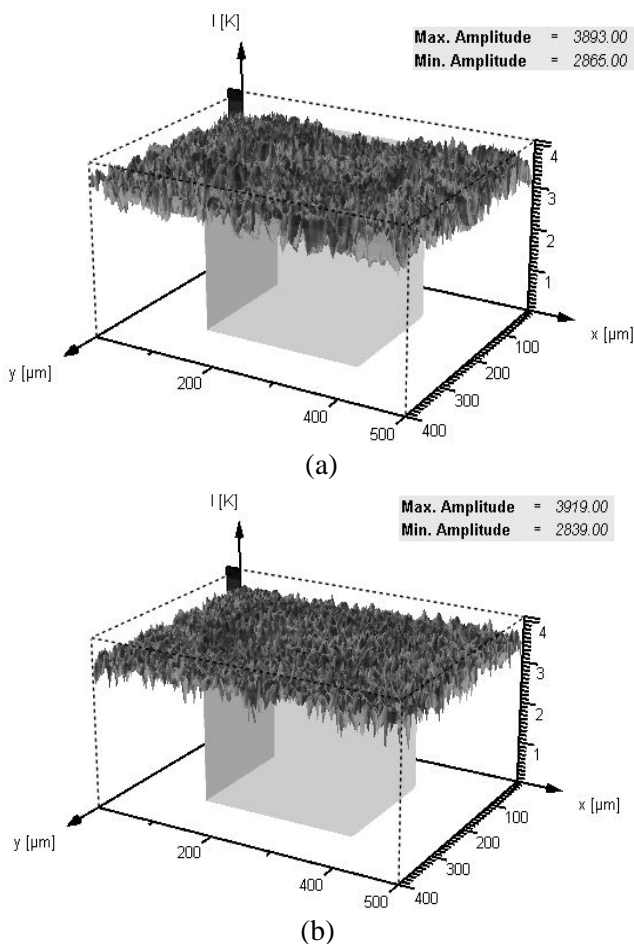
(a)



(b)

**Gambar 2.** Topografi permukaan bahan yang dimesin untuk pahat karbida yang tidak dilapisi pada kecepatan potong 150 m/min dan kadar pemakanan of

0.05 mm/rev: (a) saat awal pemotongan dan (b) saat akhir pemotongan.

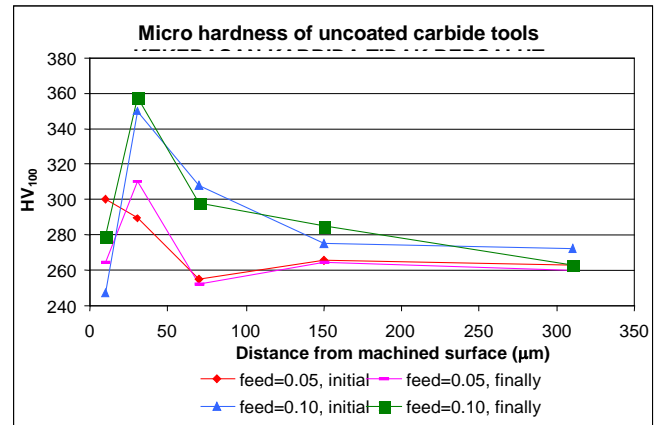


**Gambar 3.** Topografi permukaan yang dimesin menggunakan pahat karbida pada kecepatan potong 150 m/min dan kadar pemakanan 0.10 mm/rev: (a) pahat yang tidak dilapisi dan (b) pahat yang dilapisi.

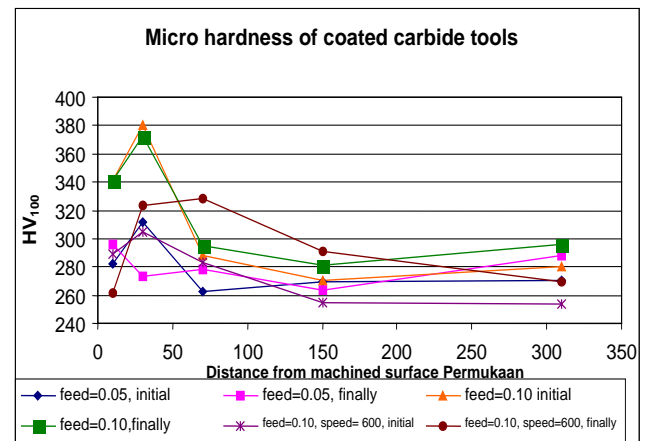
#### Kekerasan Permukaan

Gambar 4(a) dan (b) menunjukkan bahwa bahwa nilai kekerasan mikro permukaan dan di bawah permukaan bahan yang dimesin menggunakan pahat karbida yang tidak dilapisi dan dilapisi. Secara umum, nilai kekerasan mikro pada permukaan adalah lebih rendah dan kemudian meningkat pada jarak 30  $\mu\text{m}$  di bawah permukaan, dimana nilai kekerasannya adalah 300–380 HV. Pemesinan selanjutnya, nilai kekerasan permukaan menurun hingga ke jarak 150  $\mu\text{m}$  di bawah permukaan, dan cenderung stabil hingga akhir pemotongan (hingga jarak 300  $\mu\text{m}$  di bawah permukaan). Nilai kekerasan mikro maksimum untuk pahat karbida yang dilapisi adalah 380 HV, yang dicapai pada kadar pemakanan 0.10 mm/rev. Nilai ini lebih tinggi daripada nilai kekerasan mikro untuk pahat karbida yang tidak dilapisi.

Khusus untuk pemotongan pada kecepatan potong 600 m/min dan pada akhir pemotongan, nilai kekerasan mikro maksimum adalah 330 HV dan dicapai pada jarak 70  $\mu\text{m}$  di bawah permukaan yang dimasin.



(a)



(b)

**Gambar 4.** Grafik nilai kekerasan permukaan vs jarak di bawah permukaan pada kecepatan potong 250 m/min: (a) pahat karbida yang tidak dilapisi dan (b) pahat karbida yang dilapisi.

#### Kesimpulan

1. Nilai  $R_a$  pada pembubutan baja AISI D2 yang bubut menggunakan pahat karbida yang tidak dilapisi berada pada rang 0.36–4.05  $\mu\text{m}$  dan pahat karbida yang dilapisi adalah 0.3–1.51  $\mu\text{m}$ . Nilai kekasaran permukaan untuk kedua jenis pahat bubut karbida berkurang seiring dengan peningkatan kecepatan potong.
2. Nilai kekasaran permukaan,  $R_a$  yang diperoleh untuk pahat karbida yang tidak dilapisi pada kadar pemakanan 0.10 mm/rev adalah lebih tinggi daripada nilai kekasaran permukaan pada kadar pemakanan 0.05 mm/rev. Oleh karena itu, kadar pemakanan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan.
3. Profil topografi permukaan pada awal pemotongan adalah lebih homogen dibandingkan dengan di akhir pemotongan. Pahat karbida yang dilapisi menghasilkan profil permukaan yang lebih halus dibandingkan dengan profil

permukaan yang dihasilkan oleh pahat karbida yang tidak dilapisi.

4. Nilai kekerasan mikro pada permukaan bahan yang dimesin adalah rendah pada dan meningkat pada jarak 30  $\mu\text{m}$  di bawah permukaan, dimana nilai kekerasannya adalah 300–380 HV. Nilai kekerasan mikro paling tinggi adalah 380 HV, yang dicapai oleh pahat karbida pada kadar pemakan 0.10 mm/rev dan kecepatan potong 250 m/min.

## Referensi

Axinte, D.A. and Dewes, R.C., Surface integrity of hot work tool steel after speed milling-experimental data and empirical model, *Journal of Materials Processing Technology*, No. 127, pp. 325-335, (2002).

Boothroyd, G. and Knight, W.A., *Fundamental machining and machine tools second edition*, Marcel Dekker Inc. (1989).

Che Haron, C.H., Tool life and surface integrity in turning titanium alloy, *Journal of Materials Processing and Technology*, No. 118, pp. 231–237, (2001).

Che Haron, C.H. and Abdullah, A., Tool wear characteristic in turning of titanium alloy Ti-6246, *Journal of Materials Processing and Technology*, No. 92-93, pp. 329–334, (1999).

Che Haron, C.H., Ginting, A. and Goh, J.H., Wear of coated and uncoated carbides in turning tool steel, *Journal of Materials Processing and Technology*, No. 116, pp. 49–54, (2001).

Chubb, J.P. and Billingham, J., Coated coating tools – a study of wear mechanism in high speed machining, *Wear*, No. 61, pp. 283-293, (1980).

Grzesik, W., The role of coating in controlling the cutting process when turning with coated indexable insert, *Journal of Materials Processing and Technology*, No. 79, pp. 133–143, (1998).

Kalpakjian, S. and Schmid, S.R., *Manufacturing engineering and technology international edition*, United State of America, Prentice Hall, (2001).

Nomura, T., Moriguchi, K., Tsuda, K., Isobe, K., Ikegaya, A. and Moriyama, A., Material design method for the functionality grade cemented carbide tool, *International Journal Refractory Metal Hard Material*, No. 17, pp. 397-404, (1999).

Kopac, J., Bahor, M. and Sokovic, M., Optimal machining parameters for achieving the desired surface roughness in fine turning of cold pre-formed steel work piece, *International Journal of Machine Tool and Manufacture*, No. 42, pp. 707-716, (2002).

Venkatesh, V.C., Tool wear investigations on some cutting tool materials, *Journal of Lubricant Technology*, No. 102, pp. 556-559, (1980).

Rech, J. and Moison, A., Surface integrity in finish hard turning of case-hardened steels, *International Journal of Machine Tool and Manufacture*, No. 43, pp. 543-550, (2003).

Schintlmeister, W. and Wallgram, S., cutting tool materials coated by chemical vapor deposition, *Wear*, no. 100, pp. 153-169, (1989).

Thomas, M. and Beauchamp, Y., Statistical investigation of modal parameters of cutting tools in dry turning, *International Journal of Machine Tool and Manufacture*, No. 43, pp. 1093-1106, (2003).

Trent, E.M., *Metal cutting third edition*, Oxford: Buterworth-Heinemann, (1995).