

пульсним магнитним полем на інтенсивність изнашивания резцов с режущими пластинами из твердого сплава ТН20.

**Список использованных источников:** 1. Якубов, Ф. Я. Энергетические соотношения процесса механической обработки материалов / Ф. Я. Якубов – Ташкент: «Фан», 1985. – 104 с. 2. Калиниченко, В. В. Влияние обработки импульсным магнитным полем на стойкость инструмента и технологические характеристики деталей при чистовом точении стали ХВГ резцами с режущими пластинами из БВТС / В. В. Калиниченко // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ–Київ, вип. № 20, 2006. – С. 176–183. 3. Калиниченко, В. В. Уравнения оптимальной интенсивности изнашивания резцов с режущими пластинами из БВТС, подвергнутыми обработке импульсным магнитным полем / В. В. Калиниченко // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ–Київ, вип. № 22, 2007. – С. 142–147. 4. Мironenko E. V. Обоснование направлений снижения интенсивности изнашивания твердосплавного инструмента при чистовом точении сталей на основе термодинамического похода / E. V. Мironenko, В. В. Калиниченко // Сучасні технології в машинобудуванні: До ювілею Ф. Я. Якубова: Зб. наук. статей / Укладач А. І. Грабченко ; заг. ред. А. І. Грабченко. – Харків : НТУ «ХПІ», 2007. – С. 134–145. 5. Шустер, Л. Ш. Адгезионное взаимодействие режущего инструмента с обрабатываемым материалом. – М.: Машиностроение, 1988. – 96 с. – ISBN 5-217-00055-4. 6. Зиновьев, Н. И. Влияние ОИМП на микротвердость поверхностного слоя и износ режущего инструмента из БВТС / Н. И. Зиновьев, В. В. Калиниченко // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: Збірник наукових праць. Вип. 10. – Краматорськ: ДДМА, 2000. – Вип. 10. – С. 117–122. 7. Калиниченко, В. В. Снижение интенсивности изнашивания резцов с режущими пластинами из безвольфрамовых твердых сплавов с помощью обработки импульсным магнитным полем / В. В. Калиниченко // Вісник двигунобудування: научно-технический журнал. – Запорожье, ОАО «Мотор Сич». – № 1(8), 2005. – С. 128–132. 8. Макаров, А. Д. Оптимизация процессов резания. – М.: Машиностроение, 1976. – 278 с.

*Поступила в редколлегию 19.01. 2011 г.*

**Bibliography (transliterated):** 1. Jakubov, F. Ja. Jenergeticheskie sootnosheniya processa mehanicheskoy obrabotki materialov / F. Ja. Jakubov – Tashkent: «Fan», 1985. – 104 s. 2. Kalinichenko, V. V. Vlijanie obrabotki impul'snym magnitnym polem na stojkost' instrumenta i tehnologicheskie karakteristiki detalej pri chistovom tochenii stali HVG rezcami s rezhuvimi plastinami iz BVTS / V. V. Kalinichenko // Nadijnist' instrumentu ta optimizacija tehnologichnih sistem. Zbirnik naukovih prac'. – Kramators'k–Kiiv, vip. № 20, 2006. – S. 176–183. 3. Kalinichenko, V. V. Uravnenija optimal'noj intensivnosti iznashivaniya rezcov s rezhuvimi plastinami iz BVTS, podvergnutymi obrabotke impul'snym magnitnym polem / V. V. Kalinichenko // Nadijnist' instrumentu ta optimizacija tehnologichnih sistem. Zbirnik naukovih prac'. – Kramators'k–Kiiv, vip. № 22, 2007. – S. 142–147. 4. Mironenko E. V. Obosnovanie napravlenij snizhenija intensivnosti iznashivaniya tverdosplavnogo instrumenta pri chistovom tochenii stalej na osnove termodinamicheskogo pohoda / E. V. Mironenko, V. V. Kalinichenko // Suchasni tehnologii v mashinobuduvanni: Do juvileju F. Ja. Jakubova: Zb. nauk. statej / Ukladach A. I. Grabchenko ; zag. red. A. I. Grabchenko. – Harkiv : NTU «HPI», 2007. – S. 134–145. 5. Shuster, L. Sh. Adgezionnoe vzaimodejstvie rezhuvogo instrumenta s obrabatyvaemym materialom. – M.: Mashinostroenie, 1988. – 96 s. – ISBN 5-217-00055-4. 6. Zinov'ev, N. I. Vlijanie OIMP na mikrotverdost' poverhnostnogo sloja i iznos rezhuvogo instrumenta iz BVTS / N. I. Zinov'ev, V. V. Kalinichenko // Nadijnist' instrumentu ta optimizacija tehnologichnih sistem: Zbirnik naukovih prac'. Vip. 10. – Kramators'k: DDMA, 2000. – Vip. 10. – S. 117–122. 7. Kalinichenko, V. V. Snizhenie intensivnosti iznashivaniya rezcov s rezhuvimi plastinami iz bezvol'framovyh tverdyh spлавov s pomow'ju obrabotki impul'snym magnitnym polem / V. V. Kalinichenko // Visnik dvigunobuduvannja: nauchno-tehnicheskij zhurnal. – Zaporozh'e, ОАО «Motor Sich». – № 1(8), 2005. – S. 128–132. 8. Makarov, A. D. Optimizacija processov rezaniya. – M.: Mashinostroenie, 1976. – 278 s.

UDK 621.9

V. Molnar, Miskolc, Hungary

## THE EFFECT OF TOOL-WEAR ON CUTTING TEMPERATURE

V. МОЛНАР

ВПЛИВ ЗНОШУВАННЯ ІНСТРУМЕНТА НА ТЕМПЕРАТУРУ РІЗАННЯ

*Точність виробництва відіграє важливу роль у сучасній промисловості. Не тільки провідні галузі світової промисловості, але й інші відповідають вимогам, які дозволяють компанії вийти на новий рівень прибутку, виробничих процесів й якісних показників виробництва виробів. Стаття представляє деякі результати експериментальної обробки, які подають інформацію про температуру й зношування інструментів, обмірювані в процесі обробки аустенітної корозійностійкої сталі. Результати порівнювались з результатами моделювання методом кінцевих елементів (FEM). Можна сказати, що вимір максимальної температури стружковідділення дозволяє прогнозувати зношування інструмента, за допомогою FEM можна одержати адекватне керівництво для обробки, у випадку точного планування моделі.*

*Ключові слова:* зношування інструмента, температура різання, FEM

*Точность производства играет важную роль в современной промышленности. Не только ведущие отрасли мировой промышленности, но и другие отвечают требованиям, которые позволяют компании выйти на новый уровень прибыли, производственных процессов и качественных показателей производства изделий. Статья представляет некоторые результаты экспериментальной обработки, которые дают информацию о температуре и износе инструментов, измеренные в процессе обработки аустенитной коррозионностойкой стали. Результаты сравнивались с результатами моделирования методом конечных элементов (FEM). Можно сказать, что измерение максимальной температуры стружкоотделения позволяет прогнозировать износ инструмента, с помощью FEM можно получить адекватное руководство для обработки, в случае точного планирования модели.*

*Ключевые слова:* износ инструмента, температура резания, FEM

*Precision manufacturing plays an important role in modern manufacturing. Not only leading industry branches of the world but any other meet the profit requirements that encourage companies to think over their manufacturing processes and quality indicators of the produced components. The paper introduces some results of a machining experiment which gave information about temperature and tool-wear measured during turning of austenitic corrosion resistant steel. The results were compared with the results of a finite element modeling (FEM). It can be stated that measuring maximum temperature of the leaving chip is able to predict tool-wear and FEM can give a usable guide to cutting phenomena in case of exact model planning.*

**Keywords:** tool-wear, cutting temperature, FEM

## INTRODUCTION

The increasing customer needs for higher quality enlarge the significance of precision machining. It is a relatively new area of machine industry and requires intensive experimental and practical investigation activity referring to technological parameters and circumstances, e.g. [1]. One part of the research activity of our department is the scope of precision machining and the applicability of our results in the industry. The monitoring of cutting processes predestinates the investigation on the major technological variables determining the shape and dimensional accuracy

of the machined parts. Among several influences cutting temperature and tool-wear plays an important role in metal cutting.

To investigate these technological parameters, we turned austenitic steel with tungsten carbide insert and measured the temperature of leaving chip, tool-wear, roughness and cutting force. The results gave us a reliable base to continue the experiments in case of the special conditions of precision machining.

### 1. CONDITIONS OF MACHINING AND MEASUREMENT

Table 1 includes the data of the machined workpiece, the used tool and the major technological conditions. The experiment was performed by dry cutting and minimal quantity lubrication too. The paper introduces only the first one. Temperature and tool-wear was measured in predetermined cutting times, which required the interrupted cutting. Thereby cutting was started with cold insert in every period. The workpiece was held in chuck and leaned with the lathe-centre. In the beginning of the experiment the edge of the inserts was sharp. In figure 1 the temperature measuring system can be seen.

Table 1 – Technological data of the experiment

Workpiece	Dimension	Ø168×600 mm
	Material	X6CrNiTi 18-10 (austenitic steel)
Tool	Insert	SNMM 120408FN
	Cutting tool	PSBNR 2525 M12
	Material	P20 tungsten carbide
	Coating material	titan carbide
	Rake angle	$\gamma = -6^\circ$
	Relief angle	$\alpha = +6^\circ$
Technological conditions	Cutting speed	$v_c = 147$ m/min
	Feed	$f = 0.25$ mm/rev
	Depth of cut	$a_p = 1$ mm
	Coolant	Dry cutting

There are several methods to measure temperature during machining and numerous publications detail the results of experiments performed with using infrared camera [2, 3] and optic fibre method [4, 5]. A more complicated method is measuring with built-in thin film thermocouple sensors [6] but it works very well if we have to monitor the temperature continuously. We have chosen the infrared (IR) camera because it provides temperature values in large resolution. But in case of precision manufacturing, resolution of the objective has to be relatively larger. The technique of measuring temperature by the detection of radiation is sometimes very useful in obtaining the surface temperature of the workpiece, the chip and the tool [7].

To use a technique which detects infrared radiation we have to consider several environmental variables. In case of IR camera the next important parameters

had to be measured in our experiments before data collection: specific emission, reflected temperature, temperature of environment, specific humidity and distance between the chip and measuring device. Table 2 includes some important parameters referring to the used measuring instruments.

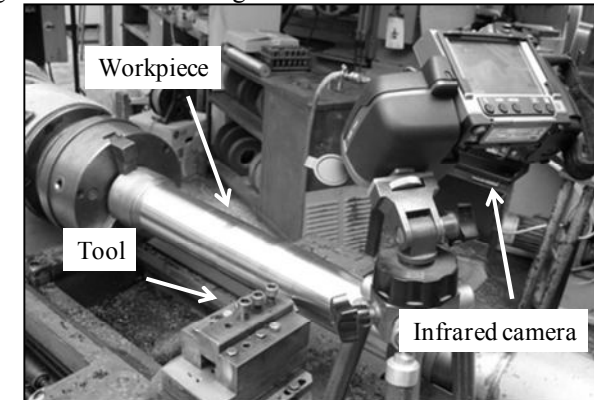


Figure 1 – Temperature measuring system

Table 2 – Measuring instruments

Measured variable		Instrument	Type	Accuracy
Temperature	$\theta_{max}$ , [C°]	Infrared camera	FLIR T-360	0,1 °C
Tool-wear	$VB_{max}$	Microscope with CCD-camera	Mitutoyo QVE 200	X, Y: 2 µm Z: 4 µm

### 2. RESULTS OF THE EXPERIMENT

The tool-wear diagram is shown on figure 2. The  $VB_{max}$  was measured only in every 52<sup>nd</sup> seconds, thereby the first phase of the theoretical diagram (degressive increasing) is not seen. Besides the regression line fitted to the data shows good linearity (equation 1). It corresponds to the data introduced by numerous literature. Wear-criteria was not appointed, that is why the leaving chip was continuous in the end of cutting.

$$VB_{max} = 0.03 + 0.0019 t_c \quad (1)$$

$$R^2 = 0,95$$

Maximum temperature diagram of leaving chip corresponds to the typical cutting temperature diagram. We could not measure cutting temperature with this method because the chip covers the largest temperature point of the edge. In this case the best regression curve is logarithmical (equation 2), the goodness of fit is almost 100 percent.

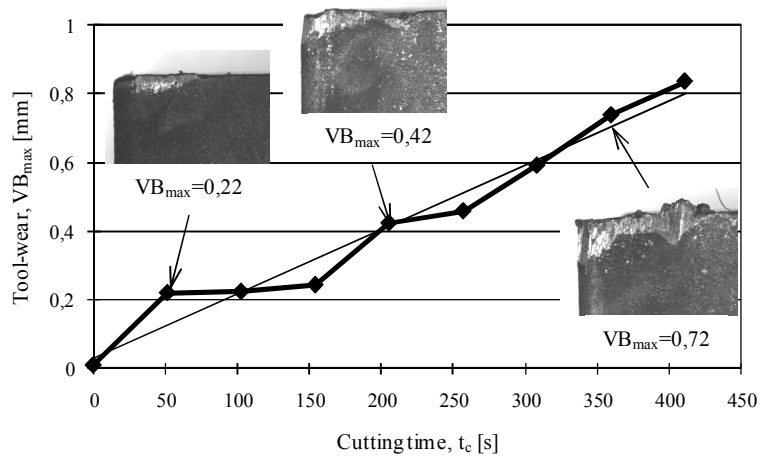


Figure 2 – Tool-wear diagram

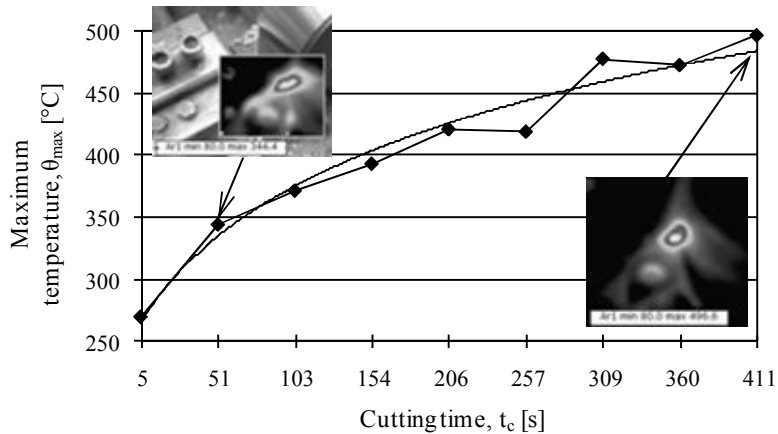


Figure 3 – Maximum temperature of the leaving chip

$$\theta_{\max} = 267 + 99 \ln t_c \quad (2)$$

$$R^2 = 0,97$$

The major goal of the experiment was the investigation on effect of temperature on tool-wear. Figure 4 shows the connection between the two variables. The fitted regression curve is logarithmic.

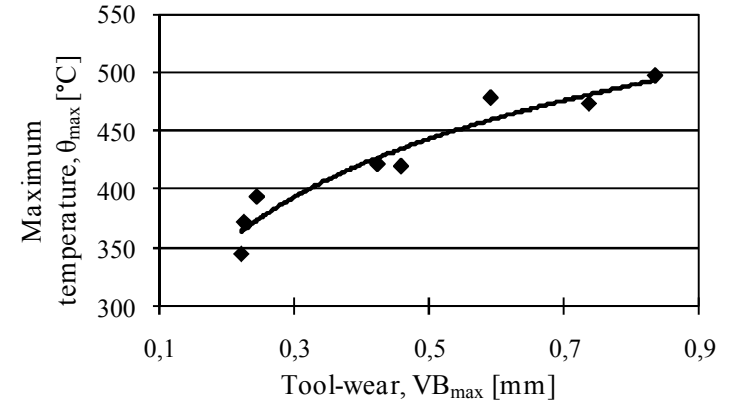


Figure 4 – Connection between tool-wear and temperature

$$\theta_{\max} = 511 + 98 \ln VB_{\max} \quad (3)$$

$$R^2 = 0,93$$

Considering the first derivative functions of investigated maximum temperatures (on the basis of equation 2 and 3), they are almost the same. The reason of it is the nearly linear  $VB_{\max}$  function. This experiment was the repeat of a previous investigation where the temperature measuring was performed by optic fibre method [5]. The connections between tool-wear and temperature were the same in both cases.

Finite element modeling of machining could give some information about several parameters of cutting process. It is used for simulating the machining with defined cutting edge [8], but applicable for simulation of abrasive machining too [9]. Figure 5 shows the simulated cutting temperature diagram besides sharp cutting edge and one that has 1,1 mm tool-wear. The results are similar but the diagrams show the typical logarithmic increasing (equation 4, 5).

The most important data of the standard-mode simulation:

- Minimum element size: 0.03
- Maximum element size: 0.3
- Mesh grade: 0.4
- Modeling of tool-wear: construction of special tool geometry
- Software: 2D Third Wave AdvantEdge V5.6-014.

$$\theta_{0,0} = 285 + 58 \ln t_c \quad (4)$$

$$R^2 = 0,96$$

$$\theta_{1,1} = 279 + 64 \ln t_c \quad (5)$$

$$R^2 = 0,98$$

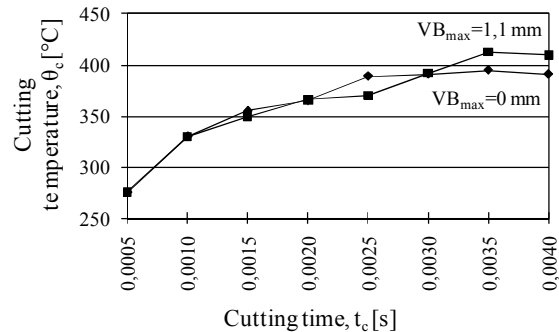


Figure 5 – Cutting temperature diagram by finite element modeling

### 3. CONCLUDING REMARKS AND FURTHER INVESTIGATION

On the linear part of tool-wear diagram, the connection between tool-wear and temperature is unique. Continuous measuring of tool-wear is complicated but temperature measuring is a good indirect way to get information about the extension of tool-wear. FEM could be a good pretest procedure but it does not substitute the real investigation. Furthermore exact data input is compulsory. During the experiments, force measuring was performed too. It did not give good results because the deviation of data was too large. We have to extend the investigation to special precision cutting circumstances and other, commonly used workpiece materials. It is also important to perform experiments besides more cutting speed levels.

### 4. ACKNOWLEDGEMENT

The described work was carried out as part of the TAMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 project in the framework of the New Hungarian Development Plan. The realization of this project is supported by the European Union, co-financed by the European Social Fund.

**References** 1. Szabo, O.: Designing of the Working Area of Ultraprecision Machining with High-Accuracy and Surface. Quality Occupational Ergonomics. Editors: Whang Sheng and Zhang Kan. Peking, 2002. Tianjing Science and Technology Press, pp. 385-387. ISBN-7-5308-3126-7. 2. Arrazola, P. J. et al: The effect of machinability on thermal fields in orthogonal cutting of AISI 4140 steel, CIRP Annals – Manufacturing Technology, 2008, pp65-68. 3. Wanigarathne, P. C. et al: Progressive tool-wear in machining with coated grooved tools and its correlation with cutting temperature, Wear, 2005, pp1215-1224. 4. Ueda, T. et al: Temperature measurement of cutting edge in drilling, CIRP Annals, 2007, pp93-96. 5. Kodacsy, J.: Investigation on the thermal phenomena of cutting process, Academic Journal of Manufacturing Engineering, 2009, pp30-35. 6. Basti, A. et al: Tools with built-in thin film thermocouple sensors for monitoring cutting temperature, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2007, pp793-798. 7. Bacci da Silva, M – Wallbank, J.: Cutting temperature: prediction and measurement methods – a review, Journal of Materials Processing Technology, 1999, pp195-202. 8. Szabo, G.: Research of the mechanism of plastic strain in case of tempered steel in hard turning, Hungarian Journal of Industrial Chemistry, vol. 38/2, 2010, pp163-167. 9. Mamalis, A.G. – Kundrak, J. – Manolakos, D.E. et al: Thermal modeling of surface grinding using implicit finite element techniques, International Journal of Advanced Manufacturing Technology 21, 2003, pp929-934.

Поступила в редколлегию 14.04.2011

УДК 621.914.2

В.Г. Нечепаяв, д-р техн. наук, А.Н. Гнитко, канд. техн. наук,  
М.С. Мышов, Донецк, Украина

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ПРОФИЛЬНЫХ ПАЗОВ

*Виконаний аналіз складових похибки обробки профільного пазу (Т-подібний і типу «ласточкин хвіст») стосовно до завдання забезпечення заданої точності геометричних параметрів його поперечного перерізу. Аналіз дозволив зробити висновок, що похибка обробки, обумовлена повторною взаємодією профільних фрез із відділеною стружкою, становить істотну частину загальної похибки обробки профільних пазів. Усунення, або зниження похибки обробки, обумовленої повторною взаємодією профільних фрез із відділеною стружкою, є істотним резервом підвищення точності обробки профільних пазів.*

*Выполнен анализ составляющих погрешности обработки профильного пазу (Т-образный и типа «ласточкин хвост») применительно к задаче обеспечения заданной точности геометрических параметров его поперечного сечения. Анализ позволил сделать вывод, что погрешность обработки, обусловленная повторным взаимодействием профильных фрез с отделенной стружкой, составляет существенную часть общей погрешности обработки профильных пазов. Устранение, либо снижение погрешности обработки, обусловленной повторным взаимодействием профильных фрез с отделенной стружкой, является существенным резервом повышения точности обработки профильных пазов.*

V.G. NECHEPAYEV, A.N. GNITKO, M.S. MYSHOV

STATEMENT OF THE PROBLEM OF INCREASING THE ACCURACY OF PROFILE SLOTS PROCESSING

*The analysis of components of an error of processing of a profile groove (T-shaped and type «ласточкин a tail») with reference to a problem of maintenance of the set accuracy of geometrical parameters of its cross-section section is made. The analysis has allowed to draw a conclusion, that the error of the processing caused by repeated interaction of profile mills with the separated shaving, makes an essential part of the general error of processing of profile grooves. Elimination, or decrease in an error of the processing caused by repeated interaction of profile mills with the separated shaving, is an essential reserve of increase of accuracy of processing of profile grooves.*

**Введение.** В изделиях станкостроения и общего машиностроения широкое применение находят профильные пазы с различной конфигурацией поперечного сечения. В столах станков различных типов, в плитах-спутниках, планшайбах, в конструкциях разнообразной технологической оснастки и т. д. преимущественно используются Т-образные пазы, пазы типа «ласточкин хвост» и угловые пазы.

Основной целью при проектировании и технологической подготовке производства таких изделий (также, как и производстве большинства изделий современного машиностроительного производства), является получение на этапе изготовления параметров, обеспечивающих заданные эксплуатационные свойства.

Применяемые в рассматриваемых изделиях профильные пазы, кроме закрепления деталей и приспособлений, одновременно выполняют также функ-