

UDC 621.91.01

**Measuring of roundness after turning of composite material with natural fibers**Mital, D.<sup>1)</sup>, Zajac, J.<sup>2)</sup>, Botko, F.<sup>3)</sup>, Hatala, M.<sup>4)</sup>, Mitalova, Z.<sup>5)</sup>, Radchenko, S.<sup>6)</sup> Ivanov, V.<sup>7)</sup><sup>1), 2), 3), 4), 5), 6)</sup> *Technical University of Kosice, 1, Bayerova Str., 08001, Prešov, Slovakia*<sup>7)</sup> *Sumy State University, 2, Rymaskogo-Korsakova Str., 40007, Sumy, Ukraine***Article info:**

Paper received:

27 July 2016

The final version of the paper received:

01 December 2016

Paper accepted online:

09 December 2016

**Correspondent Author's Address:**<sup>1)</sup> [dusan.mital@tuke.sk](mailto:dusan.mital@tuke.sk)<sup>2)</sup> [jozef.zajac@tuke.sk](mailto:jozef.zajac@tuke.sk)<sup>3)</sup> [frantisek.botko@tuke.sk](mailto:frantisek.botko@tuke.sk)<sup>4)</sup> [michal.hatala@tuke.sk](mailto:michal.hatala@tuke.sk)<sup>6)</sup> [svetlana.radchenko@tuke.sk](mailto:svetlana.radchenko@tuke.sk)<sup>7)</sup> [ivanov@tmvi.sumdu.edu.ua](mailto:ivanov@tmvi.sumdu.edu.ua)

The article is based on practical requirements from the reason of unequally removed material during the turning of the wood plastic composite (WPC). This results in geometrical deviations of the WPC bar diameter. WPC represents a relatively new group of materials that has been at the market for almost 30 years. In 1983 Lear Corporation in Wisconsin, USA made for the first time the interior panels of cars from composite materials – PP matrix with organic filler – 50 % wood flour. WPCs displace traditional materials such as wood, steel and cement materials in the marina industry. Designers are not limited technology of production from construction aspect, because different shapes and profiles can be produced by injection (resp. process of extrusion), but in the process of machining were monitored problems with tolerances. Mixed colors can be achieved by using of different pigments and one feels that this is real wood. Technologists begin to use convention technologies – drilling, milling and turning, as tendency of application of WPC increased. Knowledges about machining of WPC are not elaborate as deep as machining of metals or plastics. And this is a reason for orientation in this direction too.

Commercial wood plastic composite MEGAWOOD (70 % wood flour, 30 % HDPE) was a sample material in current investigation of roundness after turning of WPC. HSS EN ISO HS6-5-2 cutting tool was used. The geometry of the cutting tool was  $\gamma_0 = 20^\circ$ ,  $\alpha_0 = 8^\circ$ ,  $\kappa_r = 45^\circ$ ,  $r_e = 0,5$  mm,  $\varepsilon_r = 90^\circ$ . Cutting conditions during turning were as follows: cutting speed  $n = 900$  m/min (constant), feed  $f = 0,1$  to  $0,61$  mm), depth of cut  $a_p = 0,5$  mm for turning of final diameter  $d = 36$  mm. It was dry turning. Roundness/cylindricity measuring system RA – 120 was used for measuring of roundness deviation.

It was found that the roundness deviation increases with feed increasing. Popped heat was not used during the turning to final diameter – 36 mm. Using of popped heat results in decreasing of roundness deviation. Waviness was not possible to measure within the range of  $\pm 1000$   $\mu$ m on the sample No. 4 ( $f = 0,41$  mm) and sample No. 5 ( $f = 0,6$  mm). Tip of the measuring systems could not filtrate parameter of roughness (surface after turning – low value of tool nose radius  $r_e = 0,5$  mm and high feed caused distinctive toolmark). Inaccuracy of macrogeometry (including roundness) could have caused state of machine, tool and fixture too.

**Keywords:** wood plastic composite, machining, roundness, roughness, measurement.

**Nomenclature:**

$dp$	depth of cut	PVC	polyvinyl chloride
$f$	feed	WPC	wood plastic composite
HDPE	high density polyethylene	$\alpha_0$	tool orthogonal clearance
LDPE	low density polyethylene	$\gamma_0$	tool orthogonal rake
MAPP	maleated polypropylene	$\varepsilon_r$	tool included angle
PE	polyethylene	$\kappa_r$	tool cutting edge angle
PP	polypropylene		

**1. INTRODUCTION**

Wood Plastic Composite is a material made up of wood, plastic and additives: lubricants (external – promote slip between a barrel and melting, no sticking between melting and function parts of the extruder and decrease the process temperature, internal – to reduce the shear strength and viscosity of matrix) biocides

(protect the organic components against insect attack and fungal fungi), pigments (mainly used for aesthetic reasons (create a character of the surface), coupling agents (used to improve the compatibility of components), flame retardants (are used to reduce a risk of ignition of the product). Natural fibers modifies

properties of final material – such as flexural and tensile stiffness (low – cost reinforcement). Matrix is created from plastics (in virgin or recycled form), primary selection of plastics is made following a temperature of processing ( $T_{max} = 200$  °C, or some literatures show data – 190 °C). PE (polyethylen) is mainly used in different forms (HDPE – High Density PE, MDPE – Medium Density PE, LDPE – Light Density PE), on the other hand, PVC (polyvinylchlorid) and PP (polypropylene) can be used too. Plastics in final product increased weatherability, decay, water resistance and dimensional stability. Additives improve mechanical properties, chemical stability and more easily process (mixing of components). WPC materials represent budgeted priced of plastics. Traditional materials are displaced from market, before WPC has perfect isolation properties and can be used in building industry. Plastics composite can replace masonry, stone or wood in wallfacing. Application of WPC product in industries are specified in Table 1 [1–5].

The Finnish pavilion KIRNU was introduced in exposition EXPO 2010 Shangai in China (the construction materials and methods chosen for the construction are eco- friendly (Fig. 1).

Teemu Kurkela designed it and pavilion has introduced Finnish town in miniature. UPM ProFi – WPC composite material was used for facing and produced from recyctable material (paper and plastic).



Figure 1 – KIRNU shingle close-up [10]

Table 1 – Application of WPC in industry [6]

<b>Building and Construction</b>	window and door frames, claddings, panels for balconies
<b>Industrial</b>	industrial and outdoor flooring, railing, bulkheads, pallets
<b>Automotive</b>	interior panels of car, track floor, roof headliners
<b>Exterior</b>	decking, fencing, playground equipments, benches
<b>Interior</b>	office, bathroom and kitchen furniture, flooring, window boards, equipments for saunies

Table 2 – Information from dealer (technical data)

Characteritics	MEGAWOOD
<b>Density</b>	12 g/cm <sup>3</sup>
<b>Breaking strength*</b>	≥ 3 400 N
<b>Friction coefficient</b>	≥ 0,43
<b>Thermal flexural behaviour</b>	≤ 10 mm
<b>Behaviour under altering load</b>	≤ 20 %
<b>Thermal expansion coefficient</b>	15,6x10 <sup>4</sup> K
<b>Swelling after water storage (volume/ lengthwise/ width/ thickness)</b>	≤ 7,0 %; ≤ 0,3 %; ≤ 0,7 %; ≤ 4,0 %

Values are informative.

\* This value applies to single floorboard upon centre distance between support points of 500 mm

25 000 injection molded marble white scaly shingles was used for wrapping the outer facade (3700 m<sup>2</sup>). This material find application in common criteria of household. It is possible to find in rooms with water steam (countertops in bathrooms, worktops in kitchens). Terrace coverings, railing systems, balcony panels, claddings profiles are available from WPC products in the Slovakia. Table tops, window boards are imported into Slovak Republic by German company WERZALIT GmbH + Co. KG [7–8].

Requirement to increase the lifespan of standard materials from renewable sources is existing. In a process of WPC production wood flour has been used to obtain as by-product in a furniture production eventually recycled plastics. There is no waste generating during the production of profiles, so there is no need to use formaldehyde or some volatiles. Supposition exists that WPC can be machined just like a wood or MDF (conventional woodworking tools). The uniform density of the products even makes processing easier than with traditional wood products and the net shapes extrusion means that many normal processes are not needed [9].

## 2. MAIN PART

### 2.1. Material, cutting tool, preparation of samples, cutting conditions

To investigate roundness after machining of WPC, commercial wood plastic composite MEGAWOOD (70 % wood flour, 30 % HDPE) was used. Basic information about material are indicated in Table 2.

In the cutting process a tool from HSS EN ISO HS6-5-2 was used from the reason of availability of the tool in the future. Geometry of the cutting tool:  $\gamma_0 = 20^\circ$ ,  $\alpha_0 = 8^\circ$ ,  $\kappa_r = 45^\circ$ ,  $r_e = 0,5$  mm,  $\varepsilon_r = 90^\circ$ . Cutting conditions during turning: speed of rotation  $n = 900$  m/min (constant), feed  $f = 0,1$  to 0,61 mm (sample No. 1 –  $f = 0,1$  mm, sample No. 2 –  $f = 0,2$  mm, sample No. 3 –  $f = 0,3$  mm, sample No. 4 –  $f = 0,41$  mm, sample No. 5 –  $f = 0,61$  mm), depth of cut  $dp = 0,5$  mm (for turning of final diameter  $d = 36$  mm). Cutting environment – dry cutting.

As the material is extruded (profile) it was very difficult to find a profile with circle cross-section. Dimensions of extruded profile were 60x40x3600 mm. Steps of preparation of samples:

- cutting by hack saw machine – pieces with 100 mm in length;
- milling – samples with square cross-section (prior to turning).

Turning to 37 mm in diameter (the popped heat and carrying pike was used) and then to 36 mm in final diameter

## 2.2. Measuring parameters

Roundness/Cylindricity Measuring System RA – 120 was used for measuring of roundness deviation (filter: 2CRPC – 75, CUT – OFF value 15 – 500, Measuring range  $\pm 1000 \mu\text{m}$ , possibilities of measuring parameters: peak height P, valley depth V, mean roundness). Measuring systems used (*Least Square Circle*) LSC method – it is a circle, which separates the roundness profile of an object by separating the sum of total areas of the inside and outside it in equal amounts. The roundness error then can be estimated as the difference between the maximum and minimum distance from this reference circle (Fig. 2) [11].

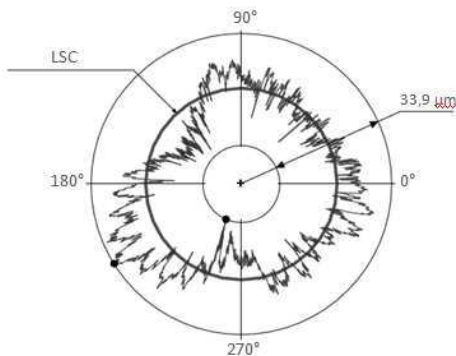


Figure 2 – Least Square Circle – LSC method

## 2.3. Result and discussion

The roundness deviation increased with increased feed (Fig. 3). Popped heat was not used during the turning to final diameter – 36 mm (in step 3: turning to 37 mm in diameter – the popped heat and carrying pike was used). Using of popped heat – roundness deviation should be decreased.

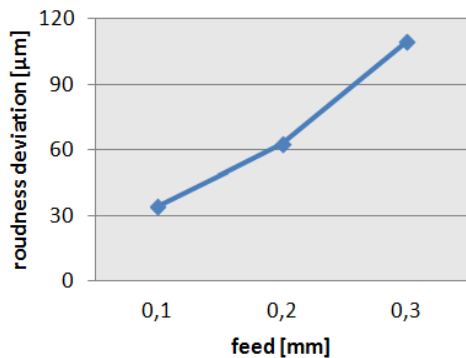


Figure 3 – Transformation of roundness deviation with change of feeds

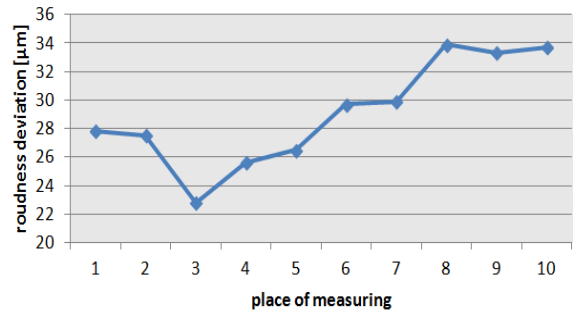
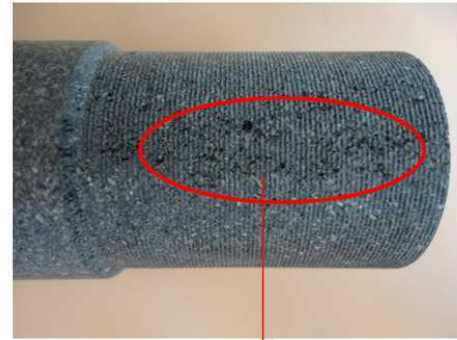


Figure 4 – Sample No. 1 (feed = 0,1 mm), distance between the places – 1 mm



- surface after turning to final diameter (36 mm)
- do not filtrate the roughness parameter
- distinctive toolmark

Figure 5 – Sample No. 4 (feed = 0,41 mm)



Figure 6 – Process of the filtration [12]

Waviness was not possible to measure in range  $\pm 1000 \mu\text{m}$  on the sample No. 4 (Fig. 5) and sample No. 5. Tip of the measuring systems can not to filtrate parameter of roughness (surface after the turning – low value of tool nose radius  $r_e = 0,5 \text{ mm}$  and high feed caused distinctive toolmark). Process of filtration is illustrated in Fig. 6.

## 3. CONCLUSION

The value of roundness deviation increased with increased feed. Distinctive surface after the turning (to final diameter) on the samples No. 4 and No. 5 probably caused disability of measuring system for measuring of roundness deviation (surface similar to thread). Inaccuracy of macrogeometry (include roundness) could have caused state of machine, tool and fixture too.

## Измерение круглости после токарной обработки композитных материалов с натуральными волокнами

Д. Митал<sup>1)</sup>, Й. Заяц<sup>2)</sup>, Ф. Ботко<sup>3)</sup>, М. Гатала<sup>4)</sup>, З. Миталова<sup>5)</sup>, С. Радченко<sup>6)</sup>, В. Иванов<sup>7)</sup>

<sup>1), 2), 3), 4), 5), 6)</sup> *Технический университет г. Кошице, ул. Баерова, 1, 08001, г. Прешов, Словакия;*

<sup>7)</sup> *Сумский государственный университет, ул. Римского-Корсакова, 2, 40007, г. Сумы, Украина*

Статья основана на практических требованиях по причине неодинаково удаленного материала в процессе механической обработки древесно-пластикового композита, в результате чего они получили геометрические отклонения диаметра. Древесно-пластиковый композит представляют собой относительно новую группу материалов, появившихся на рынке в течение последних 30 лет. В 1983 году компания Lear Corporation в штате Висконсин, США, впервые изготовила внутренние панели автомобилей из композитных материалов – РР-матрицы с органическим наполнителем – 50 % древесной муки. Древесно-пластиковые композиты вытесняют традиционные материалы, такие как дерево, сталь и цементные материалы в морской промышленности. Проектировщики не ограничиваются технологией производства из строительного аспекта, так как различные формы и профили могут быть изготовлены методом инжекции (процесс экструзии), но в процессе обработки контролировались проблемы с допусками. Смешанные цвета могут быть достигнуты путем использования различных пигментов, что обеспечивает ощущение натурального дерева. Технологи начинают использовать известные технологии – сверление, фрезерование, токарную обработку, потому что увеличилась тенденция применения древесно-пластиковых композитов. Знания о древесно-пластиковых композитах не так фундаментальны, как знания о процессе резания металлов (или пластмасс). И это определяет актуальность направления исследования.

Для исследования круглости после обработки древесно-пластиковых композитов использовался коммерческий материал MEGAWOOD (70 % древесной муки, 30 % HDPE). В процессе резания использовали инструмент из быстрорежущей стали: EN ISO HS6-5-2, геометрия режущего инструмента:  $\gamma_0 = 20^\circ$ ,  $\alpha_0 = 8^\circ$ ,  $\kappa_r = 45^\circ$ ,  $r_e = 0,5$  мм,  $\varepsilon_r = 90^\circ$ . Условия резания при точении: скорость вращения  $n = 900$  м/мин (постоянная), подача  $f = 0,1$  до  $0,61$  мм, глубина резания  $a_p = 0,5$  мм (для точения до диаметра  $d = 36$  мм). Режущий среда – без охлаждения. Roundness/Cylindricity Measuring System RA-120 использовали для измерения отклонения от круглости. Отклонение от круглости возрастает с увеличением подачи. Волнистость не удалось измерить в диапазоне  $\pm 1\ 000$  мкм на образце № 4 ( $f = 0,41$  мм) и образце № 5 ( $f = 0,6$  мм). Измерительная система не может идентифицировать параметр шероховатости (поверхность после обработки точением – низкое значение радиуса режущей кромки резца  $r_e = 0,5$  мм и высокая подача вызвали отличительные следы резца на обрабатываемой поверхности). Неточность макрогеометрии (включая круглость) могли вызвать состояния станка, режущего инструмента и приспособления.

**Ключевые слова:** древесно-пластиковый композит, механическая обработка, округлость, токарная обработка, измерение.

## Вимірювання круглості після токарного оброблення композитних матеріалів із натуральними волокнами

Д. Мітал<sup>1)</sup>, Й. Заяц<sup>2)</sup>, Ф. Ботко<sup>3)</sup>, М. Гатала<sup>4)</sup>, З. Міталова<sup>5)</sup>, С. Радченко<sup>6)</sup>, В. Иванов<sup>7)</sup>

<sup>1), 2), 3), 4), 5), 6)</sup> *Технічний університет м. Кошице, вул. Баєрова, 1, 08001, м. Прешов, Словацьчина;*

<sup>7)</sup> *Сумський державний університет, вул. Римського-Корсакова, 2, 40007, м. Суми, Україна*

Стаття ґрунтується на практичних вимогах щодо неоднаково видаленого матеріалу в процесі механічного оброблення деревно-пластикового композита, в результаті цього одержали геометричні відхилення діаметра. Деревно-пластиковий композит являє собою відносно нову групу матеріалів, що з'явилися на ринку за останні 30 років. У 1983 році компанія Lear Corporation у штаті Висконсин, США, вперше виготовила внутрішні панелі автомобілів із композитних матеріалів – РР-матриці з органічним наповнювачем – 50 % деревного борошна. Деревно-пластикові композити витісняють традиційні матеріали, такі як дерево, сталь і цементні матеріали в морській промисловості. Проектувальники не обмежуються технологією виготовлення з будівельного аспекту, оскільки різні форми та профілі можуть бути виготовлені методом інжекції (процес екструзії), але у процесі оброблення контролювалися проблеми з допусками. Змішані кольори можуть бути досягнені шляхом використання різних пігментів, що забезпечує відчуття натуральної деревини. Технологи починають використовувати відомі технології – свердління, фрезерування, токарне оброблення, оскільки збільшилася тенденція застосування деревно-пластикових композитів. Знання про деревно-пластикові композити не такі фундаментальні, як знання про процес різання металів (або пластмас). І це визначає актуальність напрямку дослідження.

Для дослідження круглості після оброблення деревно-пластикових композитів використовувався комерційний матеріал MEGAWOOD (70 % деревного борошна, 30 % HDPE). У процесі різання застосували інструмент із швидкорізальної сталі: EN ISO HS6-5-2, геометрія різального інструменту:  $\gamma_0 = 20^\circ$ ,  $\alpha_0 = 8^\circ$ ,  $\kappa_r = 45^\circ$ ,  $r_e = 0,5$  мм,  $\varepsilon_r = 90^\circ$ . Умови різання при точінні: швидкість різання

$n = 900$  м/хв (постійна), подача  $f = 0,1$  до  $0,61$  мм, глибина різання  $a_p = 0,5$  мм (для точіння до діаметра  $d = 36$  мм). Різання без охолодження. Roundness/Cylindricity Measuring System RA-120 використовували для вимірювання відхилення від круглості. Відхилення від круглості збільшується зі збільшенням подачі. Хвилястість не вдалося виміряти у діапазоні  $\pm 1000$  мкм на зразку № 4 ( $f = 0,41$  мм) та зразку № 5 ( $f = 0,6$  мм). Вимірювальна система не може ідентифікувати параметр шорсткості (поверхня після оброблення точінням – низьке значення радіуса різальної кромки різця  $r_c = 0,5$  мм і висока подача викликали істотні сліди різця на оброблюваній поверхні). Неточність мікрогеометрії (включаючи круглість) могло спричинити стани верстата, різального інструмента та верстатних пристроїв.

**Ключові слова:** деревно-пластиковий композит, механічне оброблення, круглість, токарне оброблення, вимірювання.

## REFERENCES

1. Fabiyi, J. S. – McDonald, A. G. – McIlroy, D. (2009). Wood Modification Effects on Weathering of HDPE-Based Wood Plastic Composite. *Journal of Polymers and the Enviroment*. Vol. 17, No. 1, 34–48, DOI: 10.1007/s10924-009-0118-y.
2. Klyosov, A. A. (2007). Wood-plastic composites. Wiley-Interscience, New-Jersey, ISBN 978-0-470-1489-4.
3. Pritchard, G. (2007). Oppornuties for additives in wood plastics composites. In: *13th International Plastics Additives and Compounding Conference: 5th-6th September 2007, Farnkfurt, Germany: conference proceedings*. iSmithers Rapra Publishing, 1–12, ISBN 978-1-84735-0183.
4. Xanthos, M. (2005). Functional Fillers for plastics. Wiley-VCH, ISBN 978-3-527-31054-8.
5. [http://www.the-infoshop.com/press/fd9236\\_9\\_en.shtml](http://www.the-infoshop.com/press/fd9236_9_en.shtml), 10.3.2011.
6. <http://extrudedprofilesworld.com/wpc-profile.html>, 21.5.2011.
7. [http://www.polymer.hacettepe.edu.tr/weblymertechology\\_lesson/WoodPlasticComposite.ppt](http://www.polymer.hacettepe.edu.tr/weblymertechology_lesson/WoodPlasticComposite.ppt), 3.03.2011.
8. [http://www.werzalit.de/img/pdf\\_download/Fremdsprachen/England/Gesamt/GesamtbroschGesa\\_GB\\_2009\\_Adr.D.pdf](http://www.werzalit.de/img/pdf_download/Fremdsprachen/England/Gesamt/GesamtbroschGesa_GB_2009_Adr.D.pdf), 05.05.2011.
9. [http://www.tangram.co.uk/TI-Wood\\_Plastic\\_Composites\\_Review.pdf](http://www.tangram.co.uk/TI-Wood_Plastic_Composites_Review.pdf), 26.05.2011.
10. [http://www.upmprofi.com/upm/internet/upM\\_profi.nsf/images/Shingle\\_close\\_up.jpg/\\$FILE/Shingle\\_close\\_up.jpg](http://www.upmprofi.com/upm/internet/upM_profi.nsf/images/Shingle_close_up.jpg/$FILE/Shingle_close_up.jpg), 25.05.2011.
11. Smith, G. T. (2002). Industrial Metrology Surfaces and Roundness. Springer-Verlag, p. 159, ISBN 9781852335076.
12. <http://web.tuke.sk/metrologia/navody/uloha9.pdf>, 20.05.2011.