

**Zbigniew HUMIENNY**

INSTYTUT PODSTAW BUDOWY MASZYN, POLITECHNIKA WARSZAWSKA

**Tolerancje geometryczne – jak mierzyć zgodnie z nowymi normami ISO****dr inż. Zbigniew HUMIENNY**

adiunkt na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej. Zastępca przewodniczącego Komitetu Technicznego Nr 48 ds. Podstaw Budowy Maszyn w PKN. Ekspert ISO/TC 213. Redaktor i współautor monografii *Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) – podręcznik europejski*; WNT, 2004. Stypendysta University of North Carolina at Charlotte (USA) i DAAD. Prowadzi szkolenia GDT/GPS.

e-mail: zhu@simr.pw.edu.pl

**Streszczenie**

Scharakteryzowano działalność Komitetu Technicznego ISO/TC 213, który pracuje nad spójnym i systematycznym rozwojem norm międzynarodowych obejmujących zagadnienia wymiarowania, tolerowania geometrycznego, struktury warstwy wierzchniej i metrologii tych wielkości. Podkreślono najważniejszą różnicę między nową Polską Normą PN-EN ISO 1101:2006, a wycofaną normą PN-78/M-02137. Zwrócono uwagę, iż dla właściwej oceny zgodności wyrobu ze specyfikacją należy uwzględnić niepewność specyfikacji.

**Słowa kluczowe:** tolerancje geometryczne, GPS/GDT, operator specyfikacji, niepewność specyfikacji, ISO/TC 213.

**Geometrical tolerances – how to measure according to latest ISO standards****Abstract**

The activity of Technical Committee ISO/TC 213 that has been working towards coordinated and systematic development of international standards covering problems of dimensioning, geometrical tolerancing, surface texture and related metrology is reported. The main difference between PN-EN ISO 1101:2006 and withdrawn PN-78/M-02137 is shown. It is emphasized that for appropriate assessment of product conformance with specification the specification uncertainty shall be considered.

**Keywords:** geometrical tolerances, GPS/GDT, specification operator, specification uncertainty, ISO/TC 213.

**1. Specyfikacje geometrii wyrobów**

W ostatnim ćwierćwieczu XX wieku wraz ze wzrostem wymagań funkcjonalnych w odniesieniu do produkowanych elementów i maszyn oraz rozwojem współrzędnościowej techniki pomiarowej powszechnie wzrosła świadomość potrzeby jednoznacznego opisu wymagań geometrycznych w stosunku do wyrobów [1-7]. W skali międzynarodowej intensywne prace nad jednolitym językiem specyfikacji geometrii wyrobów prowadzone są w Komitecie Technicznym ISO/TC 213 *Specyfikacje wymiarowe i geometryczne wyrobów oraz sprawdzanie* [1, 2, 6, 8]. Wszystkie dokumenty przygotowane przez ISO/TC 213 mają wspólny nadtytuł *Geometrical Product Specifications (GPS)*, co przy ich wdrażaniu do Polskich Normach tłumaczone jest jako *Specyfikacje geometrii wyrobów*. Dotychczas w zakresie GPS opublikowano 92 nowe lub znacznie zmodyfikowane dokumenty normalizacyjne (normy, specyfikacje/raporty techniczne), zaś ponad 30 nowych dokumentów jest w przygotowaniu.

W pracach w Komitecie Technicznym ISO/TC 213 prowadzonych obecnie w 11 grupach roboczych (WG) i 4 grupach doradczych (AG) [8] można wyróżnić następujące priorytety:

- przeglądanie, doskonalenie i poprawianie opublikowanych norm GPS,
- przygotowanie nowych norm z zastosowaniem klasycznego, dotychczasowego podejścia i położeniem silnego nacisku na ich jednoznaczność i spójność z pozostałymi dokumentami,
- opracowanie spójnej i jednoznacznej semantyki i semiotyki nowego języka specyfikacji geometrii wyrobów (next generation of GPS language).

Należy również zaznaczyć, że obszarze GPS istnieją dwie zasadniczo różniące się techniki pomiarowe:

- klasyczna metrologia wielkości geometrycznych oparta na sprzęcie pomiarowym wykorzystywanym od początku XX w (sprawdziany, płyty pomiarowe, mikrometry, czujniki),
- cyfrowa metrologia obliczeniowa oparta na zbiorach punktów i oprogramowaniu komputerowym (współrzędnościowe maszyny pomiarowe, maszyny do pomiaru odchyłek kształtu).

Zazwyczaj pomiar tego samego wyrobu tymi dwoma technikami daje różne wartości wyznaczanych charakterystyk geometrycznych.

**2. Nowe koncepcje**

Nowości w zakresie GPS dla polskiego użytkownika mogą wynikać z:

- zastąpienia polskiej normy przez normę międzynarodową,
- wprowadzenia do zbioru polskich norm zupełnie nowej normy międzynarodowej.

Szczególnie niebezpieczna jest tu sytuacja zastąpienia polskiej normy przez normę międzynarodową, która bez wnikliwego przestudiowania wydaje się być bardzo zbliżona do poprzednio stosowanej normy krajowej. Klasycznym przykładem jest tu norma PN-EN ISO 1101:2006, która zastąpiła PN-78/M-02137. Norma PN-EN ISO 1101:2006 wykorzystuje, ten sam zestaw symboli charakterystyk geometrycznych dla oznaczeń tolerancji (rys. 1), który był stosowany w wycofanej PN. Przy czym w przypadku tolerancji kierunku oraz tolerancji położenia zdecydowanie inna jest interpretacja wymagań w obu normach (rys. 2). Według PN-EN ISO 1101:2006:

- tolerancje kierunku rozpatrywanego elementu ograniczają odchyłki kierunku i odchyłki kształtu dla tego elementu,
- tolerancje położenia elementu ograniczają odchyłki położenia, odchyłki kierunku oraz odchyłki kształtu dla tego elementu.

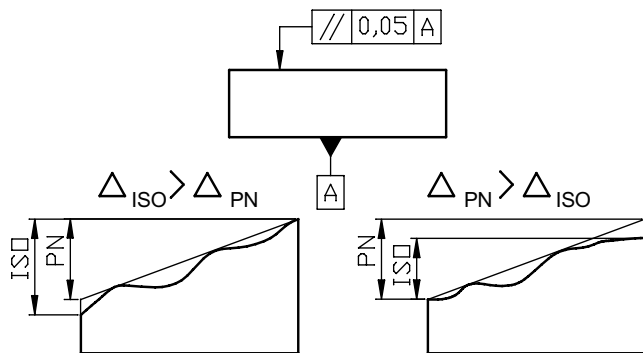


Rys. 1. Symbole tolerancji kształtu, kierunku, położenia oraz bicia zdefiniowane w PN-EN ISO 1101.

Fig. 1. Symbols for tolerances of form, orientation, location and run-out defined in ISO 1101.

Według wycofanej PN-78/M-02137 w przypadku tolerancji równoległości, prostopadłości, nachylenia, współosiowości, pozycji oraz symetrii elementem tolerowanym był zawsze element zastępczy (element o idealnym kształcie), tak więc tolerancje te nie ograniczały odchyłek kształtu. Warto zauważyć, że identyczne symbole tolerancji są stosowane również w normie amerykańskiej ASME Y14.5M: 1994, przy czym dla kilku oznaczeń również występują inne interpretacje. Wydaje się, że w sytuacji, gdy

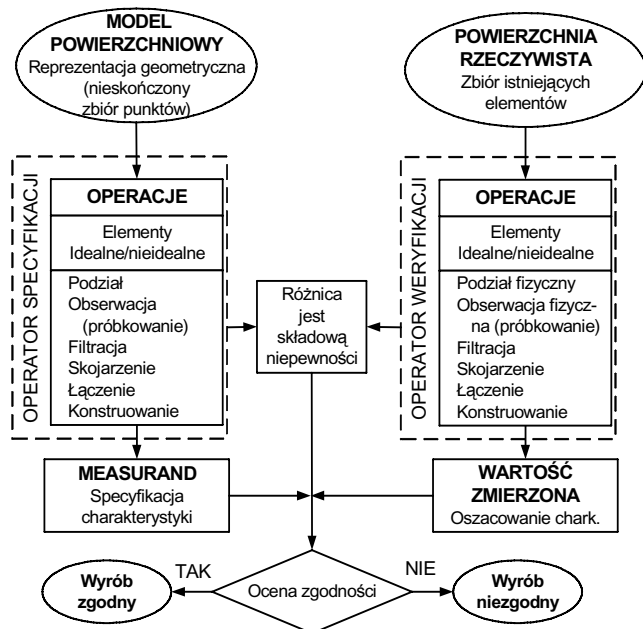
skończyliśmy z gospodarką autarkiczną znajomość różnic między tymi normami [3, 4, 6] jest niezbędna dla każdego polskiego konstruktora, technologa i metrologa.



Rys. 2. Specyfikacja tolerancji równoległości (identyczna wg PN-EN ISO 1101:2006 oraz wycofanej PN-78/M-02137). Różne relacje między odchyłkami w zależności od przyjętej definicji oraz zaobserwowanej powierzchni.

Fig. 2. Specification of parallelism tolerance (similar according to PN-EN ISO 1101:2006 and withdrawn PN-78/M-02137). Relations between evaluated deviations depend on the referred standard and actual surface.

Nowy język GPS powinien zapewnić możliwość jednoznacznej definicji specyfikacji geometrii wyrobów w całym procesie wytwarzania. Jest to możliwe do osiągnięcia, gdy uwzględni się fakt, że specyfikacja i weryfikacja geometrii są ze sobą ściśle powiązane zarówno w aspekcie teoretycznym jak i w praktyce wytwarzania (rys. 3). W ISO/TC 213 prowadzone są intensywne dyskusje [1, 4, 6, 8] mające na celu opracowanie zmatematyzowanych definicji, tak aby dać spójne podstawy dla dalszych prac normalizacyjnych. Dzięki temu zostanie zredukowane ryzyko błędnych interpretacji i ewentualnych sprzeczności. Ten nowy język GPS wykorzystuje m. in. klasyfikacje powierzchni 3-D opartą na ich własnościach inwariantnych.

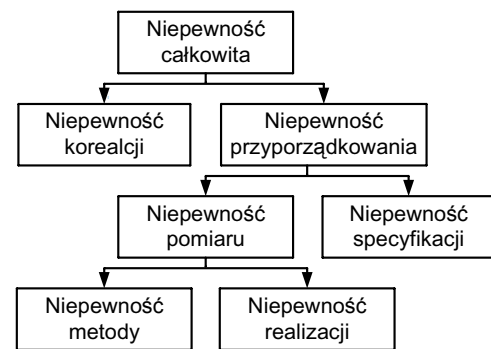


Rys. 3. Zasada dualizmu wiążąca operatory specyfikacji i weryfikacji.  
Fig. 3. The GPS duality principle of the specification and verification operators.

W projekcie normy ISO/CD 14659 zgromadzono i wyjaśniono 12 najistotniejszych zasad GPS. Jedną z kluczowych jest zasada dualizmu, w której stwierdzono, że specyfikacja GPS definiuje operator specyfikacji GPS niezależnie od jakiegokolwiek procedury pomiarowej lub sprzętu pomiarowego, zaś operator specyfikacji GPS jest realizowany poprzez operator weryfikacji, który jest niezależny od operatora specyfikacji GPS, ale z założenia powinien on odzwierciedlać wszystkie ustalenia operatora specyfikacji GPS (rys. 3). Zasadniczy problem dla metrologa

powstaje, gdy występuje niepewność specyfikacji, tj. gdy operator specyfikacji nie jest określony w sposób jednoznaczny.

Termin *niepewność* zdefiniowany w *Międzynarodowym słowniku podstawowych i ogólnych terminów metrologii VIM* jest powszechnie stosowany w metrologii. Na rys. 4 pokazano sposób w jaki Komitet Techniczny ISO/TC 213 [8] postanowił rozszerzyć interpretację tego pojęcia na potrzeby specyfikacji geometrii wyrobów. Szczegółowa analiza wszystkich składowych niepewności pozwala poprawnie oszacować niepewność całkowitą przy weryfikacji wymagań geometryczno-wymiarowych.



Rys. 4. Składowe uogólnionego modelu niepewności przy pomiarach wielkości geometrycznych zgodnie z ISO/TS 17450-2.

Fig. 4. The generalized concept of the uncertainty according to ISO/TS 17450-2.

### 3. Wnioski

Jesteśmy świadkami dynamicznego rozwoju nowych metod specyfikacji geometrii wyrobów. Podstawowym zadaniem Komitetu Technicznego ISO/TC 213 jest opracowanie norm dla spójnego opisu geometrii wyrobów w kolejno następujących fazach jego projektowania, wytwarzania i sprawdzania. Normy te powinny być oparte na podstawach matematycznych oraz jednolitym zbiorze wspólnych zasad, spójnej terminologii i jednoznacznych sposobach oznaczania wymagań, tak aby zapewnić optymalne, ekonomicznie uzasadnione zarządzanie zmiennością wyrobów i procesów. W pracach tych PKN reprezentują głównie prof. S. Białas i autor niniejszego artykułu [1]. Poprzednio stosowana metodologia opracowania norm z definicjami opisanymi przez zbiory przykładowych oznaczeń jest wykorzystywana coraz rzadziej.

### 4. Literatura

- [1] Białas S.: *Posiedzenie Komitetu Technicznego ISO/TC 213 w Warszawie*; Normalizacja, nr 10, s. 17-19, 2003.
- [2] Chiabert, P.; Orlando, M.: *About a CAT model consistent with ISO/TC 213 last issues*, Journal of materials processing technology 157-158, 2004, 61-66.
- [3] Drake, P. J. Jr.: *Dimensioning and tolerancing handbook*; McGraw-Hill, 1999.
- [4] Henzold, G.: *Geometrical dimensioning and tolerancing for design, manufacturing and inspection*; Butterworth-Heinemann, 2006.
- [5] Humienny Z.: *Tolerancje kształtu, kierunku, położenia i bicia – ustalenia nowej Polskiej Normy*; cz. 1 Mechanik nr 3/2007, s. 160-164; cz. 2 Mechanik nr 4/2007.
- [6] Humienny Z. (red): *Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) – podręcznik europejski*. WNT, Warszawa, 2004.
- [7] Jakubiec W., Malinowski J.: *Metrologia wielkości geometrycznych*; WNT, Warszawa, 2004.
- [8] <http://isotc213.ds.dk> – Home page of ISO/TC 213