

GPS na przykładzie autogenerującego modelu 3D z uwzględnieniem tolerowania swobodnego

GPS on the example of an auto-generating 3D model with free tolerance

PAWEŁ WIEROŃSKI*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.11.175>
English version available on: www.mechanik.media.pl

GPS, czyli specyfikacja geometryczna wyrobu, to system graficzny złożony z symboli, zasad oraz definicji, które służą do opisu wymagań wobec wymiarów, kształtu, profilu, kierunku, a także położenia i bicia gotowego wyrobu w przestrzeni trójwymiarowej [1]. W artykule skupiono się na grupie tolerancji z zakresu kształtu wyrobu, z uwzględnieniem tzw. tolerowania swobodnego. Na potrzeby pracy opracowano sparametryzowany, opisany zależnościami funkcyjnymi, model 3D walca, który służy do ilustracji idei GPS w przestrzeni trójwymiarowej. Wykorzystano w tym celu środowisko inżynierskie CATIA i każdemu z wymiarów gabarytowych oraz tolerancji przypisano odpowiedni parametr liczbowy. Użycie modelu autogenerującego w przestrzeni 3D ułatwia zilustrowanie idei GPS poprzez graficzne przedstawienie pola tolerancji wynikowej. Model autogenerujący wykorzystano do weryfikacji poprawności wymiarowania sprawdzianu tłoczkowego.

SŁOWA KLUCZOWE: GPS, tolerancje kształtu, tolerowanie swobodne, autogenerujący model 3D

GPS, i.e. geometric product specification, is a graphical system consisting of symbols, rules, and definitions that describe the requirements for dimensions, shapes, profiles, directions, and positioning and milling of a finished product in a three-dimensional space. The paper focuses on the group of tolerances within the product shape, taking into account the so-called free tolerance. For the purposes of this work, a 3D model of the cylinder described using the functional dependencies, has been created, which is used to illustrate the concept of GPS in three-dimensional space. The CATIA engineering environment has been applied for this purpose and a suitable numerical parameters have been assigned to each of the dimensions and tolerances. The use of a self-generating 3D model makes it easier to illustrate the GPS concept by graphically displaying the resulting tolerance field. The auto-generating model has been used to verify the correctness of the piston gauge.

KEYWORDS: GPS, geometrical tolerance, free tolerancing, auto-generating 3D model

Podczas projektowania wyrobów często pomija się rodzaj procesu technologicznego, w jakim element ma zostać wytworzony. Warto jednak pamiętać, że finalny wyrób, czy też element rzeczywisty zawsze różni się od elementu nominalnego, zaprojektowanego przez konstruktora. Sposób określania dopuszczalnej postaci tej różnicy określa GPS. Opis specyfikacji jest zatem poniekąd umową pomiędzy konstruktorem, technologiem oraz metrologiem co do tolerancji wymiarów oraz jakości wykonania wyrobu [2].

W projektowaniu konstrukcji stosuje się szereg tolerancji wymiarowych, w tym tolerancje kształtu. Konstruktorzy używają również tzw. tolerowania swobodnego. W sytuacji, kiedy wartości tolerancji umieszczonych na

dokumentacji jest dużo, trudno jest o prawidłowe przedstawienie wielkości pola tolerancji wynikowej. Na potrzeby artykułu opracowano zatem autogenerujący model wału, którego zadaniem jest zsumowanie wszystkich wprowadzonych wartości odchyłek, a następnie wyliczenie wymiarów gabarytowych zarówno w maksymalnej dolnej, jak i górnej odchyłce [4]. Dzięki tym wyliczeniom program może zamodelować wał oraz pole tolerancji wymiarowej [3]. Dodatkowo model autogenerujący został wzbogacony o bazę wiedzy zawierającą najczęściej stosowane tolerancje [7].

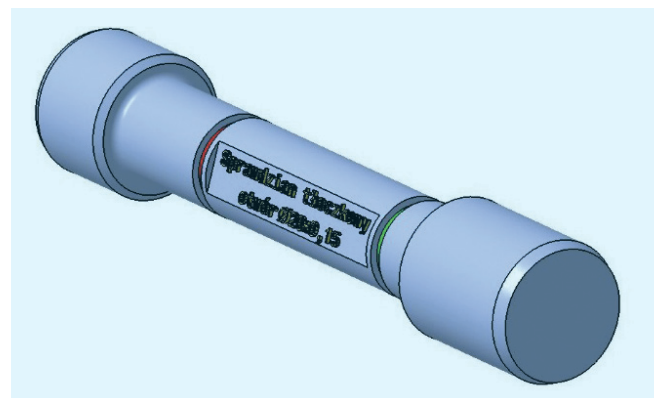
W dalszej części przedstawiono przykład zastosowania przygotowanego modelu parametrycznego.

Ocena przyjętych tolerancji wykonania sprawdzianu tłoczkowego za pomocą modelu autogenerującego

Odpowiednio przygotowany model autogenerujący można wykorzystać nie tylko do celów dydaktycznych – ilustracji zagadnień GPS, ale również w codziennej praktyce inżynierskiej. Na potrzeby artykułu wykonano model 3D sprawdzianu tłoczkowego dwustronnego (przechodnio-nieprzechodniego; rys. 1), którego zadaniem jest sprawdzanie zgodności wykonania otworu tolerowanego w gotowym wyrobie po finalnej obróbce mechanicznej z założeniami rysunkowymi. Średnica otworu sprawdzianego wynosi:

$$\begin{matrix} & & 20,15 \\ & & \text{---} \\ \varnothing 20 \pm 0,15 = \varnothing & & 19,85 \end{matrix}$$

Stronę przechodnią sprawdzianu oznacza się zieloną farbą, natomiast stronę nieprzechodnią – farbą koloru czerwonego. Jest to praktyczne rozwiązanie, gdyż pozwala operatorowi natychmiast rozpoznać, który koniec sprawdzianu przyłożony jest w danej chwili do otworu. Tolerancja rysunkowa otworu wymusza wartości obu średnic na końcach sprawdzianu. Średnica końca sprawdzianu po stronie nieprzechodniej musi mieć zatem wartość maksymalną równą $\varnothing 20,15$, natomiast po stronie przechodniej wartość średnicy powinna wynosić co najmniej $\varnothing 19,85$.

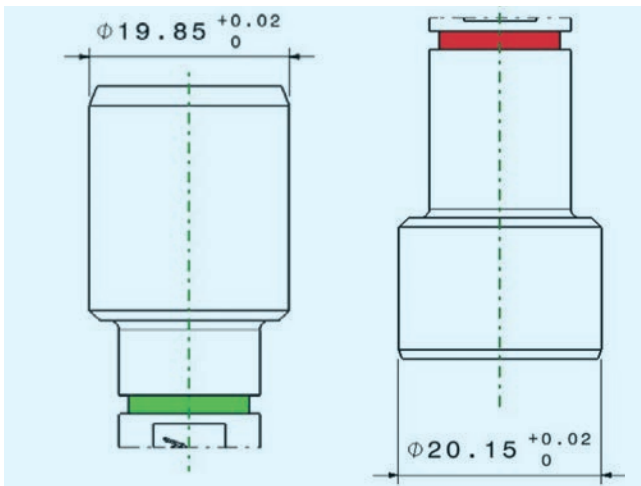


Rys. 1. Sprawdzian tłoczkowy dwustronny

* Mgr inż. Paweł Wieroński (pwieronski@ath.bielsko.pl) – Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

Jak już wspomniano, zgodnie z ideą GPS na rysunku wykonawczym prawidłowo zaprojektowanego sprawdzianu należy uwzględnić tolerancję jego wykonania. Ważne jest również uwzględnienie zużycia tribologicznego przyrządu.

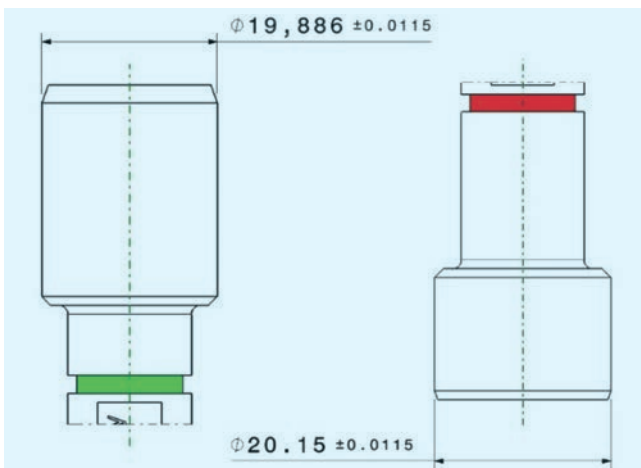
Na rysunku jednego z napotkanych sprawdzianów tłoczkowych zastosowano tolerancję w odchyłce górnej (rys. 2). Przygotowany model autogenerujący pozwala w bardzo prosty sposób określić, czy zastosowane tolerancje spełniają wymagania dotyczące średnicy wykonywanego otworu.



Rys. 2. Wartości średnic na końcach sprawdzianu

Od razu widać, że tolerancja średnicy obu stron jest przyjęta w sposób nieprawidłowy, gdyż istnieje możliwość wykonania sprawdzianu po stronie przechodniej z odchyłką graniczną dolną równą 0. Nie uwzględniono zatem zużycia sprawdzianu podczas jego codziennej pracy, gdyż wartość średnicy równa $\Phi 19,85$ to tak naprawdę granica zużycia całkowitego przyrządu. W praktyce często stosuje się tzw. instrukcje użytkownika środków kontrolno-pomiarowych, które precyzyjnie określają częstotliwość wykonywania kontroli wskazanych wymiarów, lecz nie dają to możliwości wychwycenia odpowiednio wcześnie zużycia sprawdzianu pomiędzy kolejnymi kontrolami.

Do wygenerowania wartości prawidłowych średnic na obu krańcach sprawdzianu oraz wielkości odpowiednich tolerancji wykorzystano normę PN-M-02140:1972 [5,6] oraz dostępny w internecie kalkulator tolerancji ICAD.

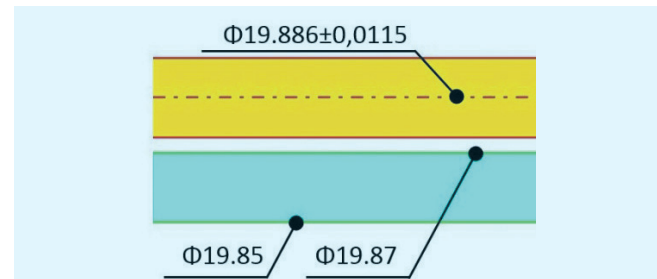


Rys. 3. Wartości średnic na końcach sprawdzianu tłoczkowego wygenerowane za pomocą ICAD

Po wprowadzeniu danych odnośnie do średnicy otworu wraz z odchyłkami granicznymi program zwrócił następujące wartości średnic (rys. 3):

- dla strony przechodniej – $\Phi 19,886 \pm 0,0115$,
- dla strony nieprzechodniej – $\Phi 20,15 \pm 0,0115$.

Jak widać, wygenerowane wartości średnic różnią się od obecnie stosowanych. Dla lepszej wizualizacji tej różnicy, zastosowano przygotowany model autogenerujący. Na rys. 4 widać wyraźnie, że obecnie stosowany przedział tolerancji znajduje się poniżej prawidłowego pola tolerancji. Dowodzi to tezy, że przyjęte wartości odchyłek granicznych są nieprawidłowe, a sprawdzian tłoczkowy dwustronny należy zmodyfikować.



Rys. 4. Porównanie pola tolerancji wykonania sprawdzianu

Podsumowanie

W dzisiejszym świecie inżynierskim trudno sobie wyobrazić prawidłowo zaprojektowaną konstrukcję mechaniczną bez podawania odpowiednich wartości tolerancji podczas wymiarowania gotowego wyrobu. Użycie zaproponowanego modelu autogenerującego pozwala w bardzo przystępny i czytelny sposób ilustrować pole dopuszczalnej tolerancji wymiarowej w przestrzeni trójwymiarowej. Konieczna jest jednak podstawowa wiedza z zakresu tolerowania wymiarów oraz tolerancji, czyli systemu GPS.

Zaproponowane rozwiązanie nie tylko może być przydatne w dydaktyce, ale również – jak pokazano na przykładzie sprawdzianu tłoczkowego – pozwala na weryfikację prawidłowości zastosowanych tolerancji w codziennej praktyce inżynierskiej.

W przyszłości planuje się stworzenie bardziej rozbudowanych modeli autogenerujących pozwalających na zastosowanie i wizualizację również tolerancji kierunku, położenia i bicia dla bardziej złożonych przypadków.

LITERATURA

1. Humienny Z., „Tolerancje kształtu, kierunku, położenia i bicia – ustalenia nowej Polskiej Normy”. Cz. 1–2. *Mechanik*. 3 (2007): s. 160–164; 4 (2007).
2. Humienny Z., Berta M. „A digital application for geometrical tolerancing concepts understanding”. *12th CIRP Conference on Computer Aided Tolerancing. Procedia CIRP*. 27 (2015): p. 264–269.
3. Humienny Z., Turek P. „Animated visualization of the maximum material requirement”. *Measurement*. 45 (2012): p. 2283–2287.
4. Jakubiec W., Malinowski J. „*Metrologia wielkości geometrycznych*”. Warszawa: WNT, 2004.
5. PN-EN ISO 14253-1:2014 – Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Kontrola wyrobów i sprzętu pomiarowego za pomocą miar. Część 1: Reguły orzekania zgodności lub niezgodności ze specyfikacjami.
6. ISO/DIS 1938-1:2011 – Geometrical product specifications (GPS). Dimensional measuring equipment. Part 1: Plain limit gauges of linear size.
7. Skarka W. „*CATIA v5. Podstawy budowy modeli autogenerujących*”. Gliwice: Wyd. Helion, 2009. ■