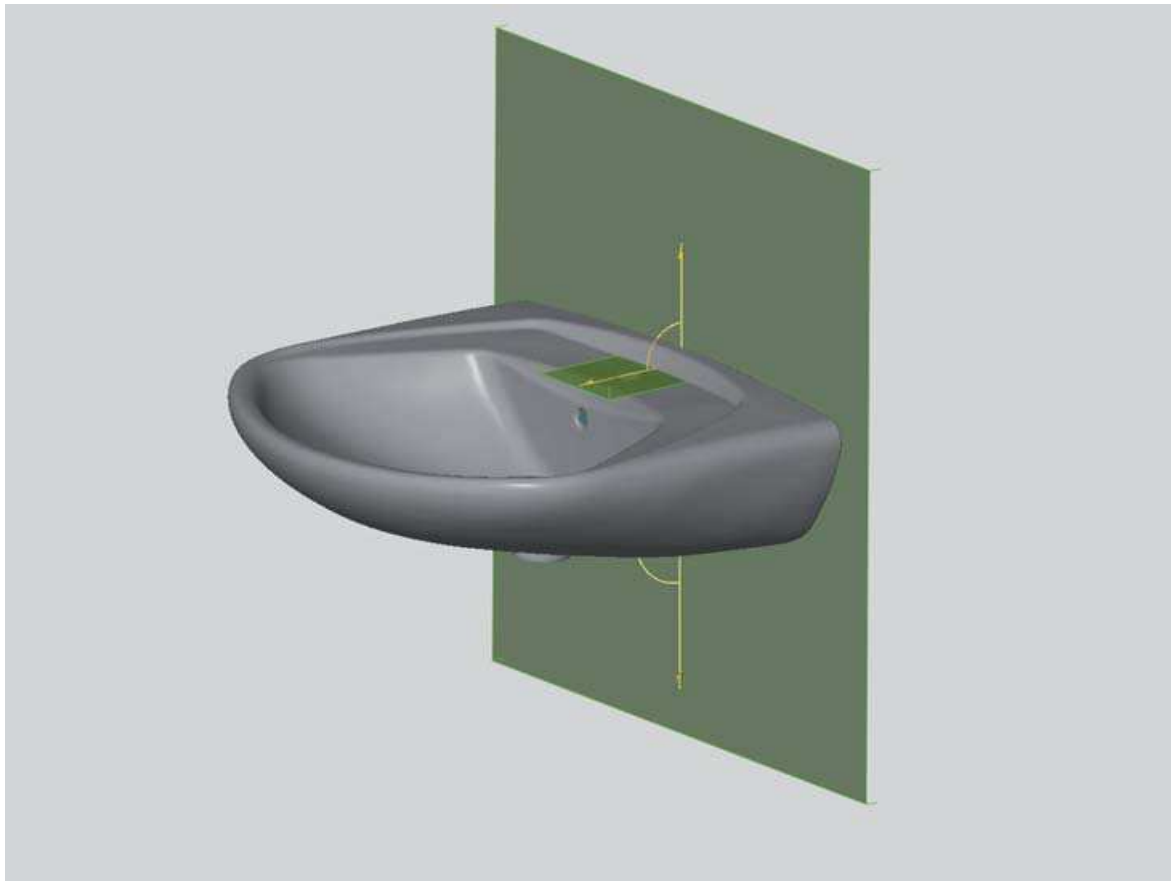


## Zastosowanie optycznej techniki pomiarowej w przemyśle ceramicznym

Ze względu na coraz większe techniczne wymagania, nowe materiały i krótkie cykle produkcyjne, przemysł ceramiczny stoi przed nowymi technicznymi wyzwaniami i zadaniami przy coraz krótszym czasie rozwoju produktu. Zastosowanie optycznej techniki pomiarowej 3D w takim przypadku ma wiele zalet, znajduje zastosowanie w fazie modelowania, projektowania form oraz w pomiarach wspomagających i kontrolujących produkcję.

Już teraz innowacyjni producenci produktów ceramicznych wykorzystują technologię digitalizacji do szybkiego zaprojektowania narzędzi formujących, do wirtualnej archiwizacji używanych narzędzi oraz do weryfikacji pierwszej sztuki wyprodukowanej nowym narzędziem.

Uzyskanie informacji o geometrii całego produktu jest bardzo istotne, ponieważ w ten sposób można wykryć, i w procesie produkcyjnym, skompensować powstające skurcze.



---

## Optyczny system do digitalizacji 3D

Skaner optyczny ATOS wykorzystuje zasadę triangulacji: projektor rzuca prążki na mierzony obiekt, których przebieg jest rejestrowany przez dwie kamery. Znane położenie kamer w stosunku do siebie, pozwala na precyzyjne obliczenie współrzędnościowego punktu pomiarowego dla każdego piksela kamer. Każdy pojedynczy pomiar jest automatycznie i bez jakiegokolwiek wpływu operatora zapisywany do globalnego układu współrzędnych. W trakcie skanowania, system stale i automatycznie kontroluje wszystkie czynniki uboczne wpływające na jakość danych pomiarowych, takie jak kalibracja głowicy, ruch w trakcie pomiaru oraz zmiana natężenia światła.

Głowica pomiarowa jest zainstalowana na statywie, który pozwala na swobodne poruszanie względem mierzonego detalu. Dzięki stabilnej konstrukcji, skaner można używać również w warunkach produkcyjnych. System jest mobilny i elastyczny przez możliwość dopasowania pola pomiarowego do gabarytów mierzonego obiektu. Do pełnej automatyzacji pomiarów można zastosować np. roboty lub jednostki wielosiowe.

## Inżynieria odwrotna / Modelowanie

Ręcznie stworzone modele, np. z uwzględnionymi skurczami, można za pomocą optycznego skanera 3D szybko i dokładnie zdigitalizować (Zdj. 1). Uzyskane dane pomiarowe są początkowo zapisywane jako chmura punktów lub siatka trójkątów w formacie STL. Oprogramowanie ATOS umożliwia proste operacje, takie jak zmniejszanie/zwiększanie gęstości siatki, odbicie lustrzane, skalowanie itp. (Zdj. 2).

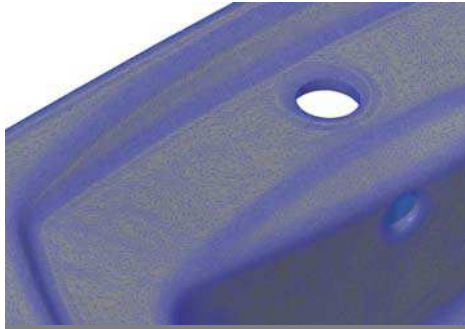


Zdj. 1: Digitalizacja obiektu z ceramiki skanerem optycznym 3D ATOS



Zdj. 2: Obróbka danych pomiarowych w programie ATOS (skalowanie).

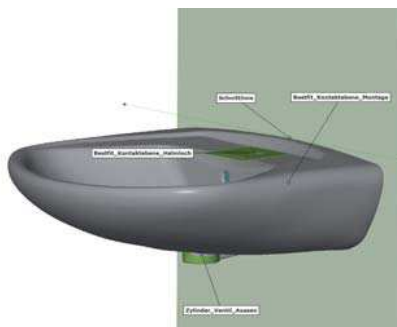
W celu eksportu danych do programów konstrukcyjnych CAD dostarczane oprogramowanie wraz z systemem pomiarowym umożliwia redukcję punktów pomiarowych bez utraty jakości danych (Zdj. 3). Ponadto można wygenerować w dowolnych miejscach przekroje (np. równoległe do układu współrzędnych) oraz elementy geometryczne które można eksportować do programów CAD (Zdj. 4,5).



Zdj. 3: Obróbka danych pomiarowych w programie ATOS (zagęszczanie siatki trójkątów).



Zdj. 4: Obróbka danych pomiarowych w programie ATOS (wygenerowanie przekroji w formacie IGS).



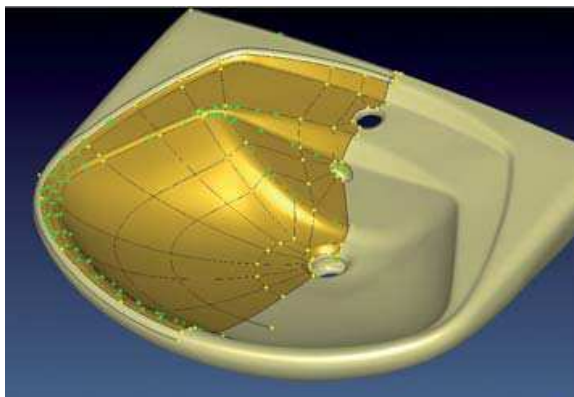
Zdj. 5: Obróbka danych pomiarowych w programie ATOS (budowanie prostych elementów geometrycznych).

Na rynku istnieje wiele programów do wygenerowania powierzchni na podstawie danych pomiarowych uzyskanych skanerem ATOS (np. Geomagic, RapidForm, Polyworks, Pointmasters, Icem-Surf itp.), które parametryzują geometrię bezpośrednio na siatce trójkątów. Tego rodzaju samodzielne oprogramowanie jest zdecydowanie szybsze niż nakładki stosowane do popularnych programów środowiska CAD. Również specjalnie dedykowane programy jak np. Tebis, Visi lub Delcam wspomagają efektywnie pisanie programów frezowania bezpośrednio z danych skanera optycznego ATOS. Przy użyciu tych narzędzi konstruktor nie jest już uzależniony od metodyki pomiarowej operatora maszyny pomiarowej, ponieważ po pełnej digitalizacji uzyskuje wszystkie informacje niezbędne do zaprojektowania formy lub detalu.

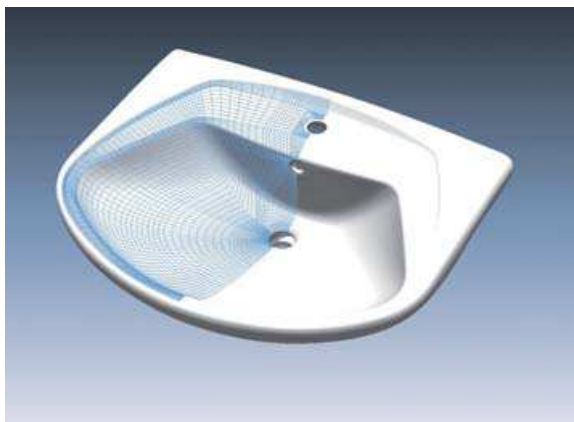
## Inżynieria odwrotna / Projektowanie form

W trakcie projektowania narzędzi formujących w przemyśle ceramicznym należy brać pod uwagę parametry takie jak np. skurcz. Każdy kontur formy musi być powiększony o odpowiedni procentowy naddatek, w celu uzyskania odpowiedniej końcowej geometrii detalu. W tym przypadku mają znaczenie nie tylko właściwości materiału, lecz również geometria detalu i jej odpowiednia konstrukcja.

Po digitalizacji modelu fizycznego z nadatkami, droga inżynierii odwrotnej przy dobraniu odpowiedniego pakietu programów jest stosunkowo komfortowa. Transformacja z danych pomiarowych do danych konstrukcyjnych CAD staje się szybka i efektywna. (Zdj. 6-8).



Zdj. 6: Wygenerowanie powierzchni z danych pomiarowych uzyskanych skanerem ATOS (krzywe).



Zdj. 7: Wygenerowanie powierzchni z danych pomiarowych uzyskanych skanerem ATOS (powierzchnie NURBS).



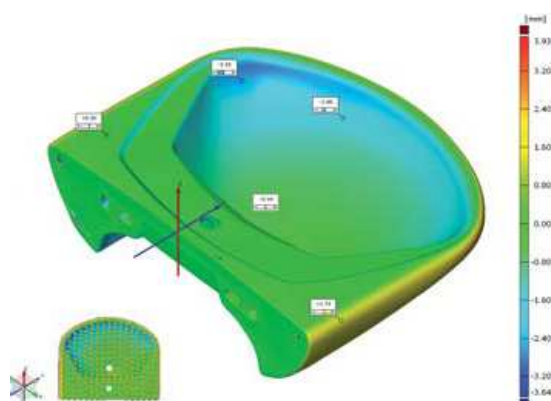
Zdj. 8: Wygenerowanie powierzchni z danych pomiarowych uzyskanych skanerem ATOS (wizualizacja do oceny powierzchni).

## Kontrola jakości / Weryfikacja pierwszej sztuki

Podczas procesu wprowadzania nowego produktu na rynek, skaner ATOS pozwala na kompletne zdigitalizowanie testowanego detalu oraz szybkie porównanie geometrii z danymi konstruktorskimi CAD lub z zatwierdzonym modelem wzorcowym. Wynikiem takiego porównania jest kolorystyczna mapa odchyłek (zdj.10), która pokazuje powstałe deformacje. Poprzez wpisanie limitów tolerancji, szybko i jasno, ukazane są obszary niezgodności geometrycznej detalu. Wyniki w postaci kolorystycznych map odchyłek są czytelne i proste do interpretacji dla działów, które nanoszą poprawki (konstruktorzy, technolodzy). Po wprowadzonych korektach, można powtórzyć inspekcję i porównać gotowy wyrób nie tylko z modelem CAD, ale i z dowolnym detalem przed poprawkami.

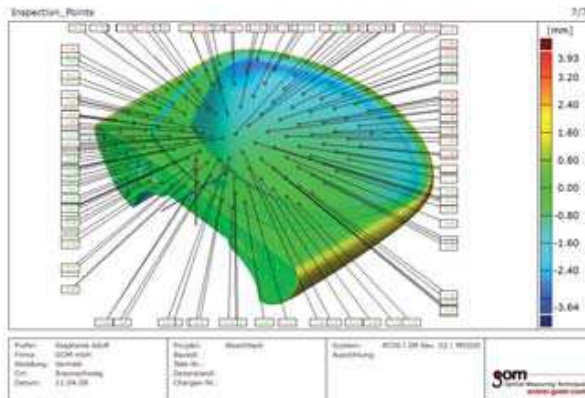


Zdj. 9: Pomiar ceramicznego zlewozmywaka podczas przygotowania produkcji systemem ATOS (weryfikacja pierwszej sztuki w produkcji pilotażowej)



Zdj. 10: Inspekcja pierwszej sztuki, porównanie z modelem wzorcowym, kompletna mapa odchyłek

Kolorystyczna mapa może być wzbogacona o punkty inspekcyjne w postaci chorągiewek przedstawiających liczbowo odchyłki od nominału (zdz.11). Punkty definiuje się analogicznie jak na konwencjonalnych maszynach stykowych. Raport pomiarowy może być wygenerowany w postaci tabel (zdz.12) i wyeksportowany w popularnych formatach, takich jak dokument PDF, Exel, HTML, Word lub jako sesja do podglądu w darmowym oprogramowaniu ATOS Viewer 3D.



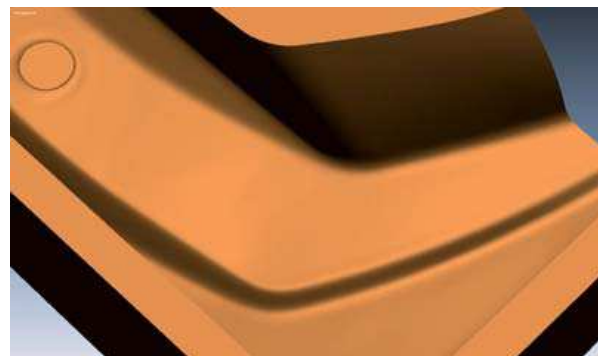
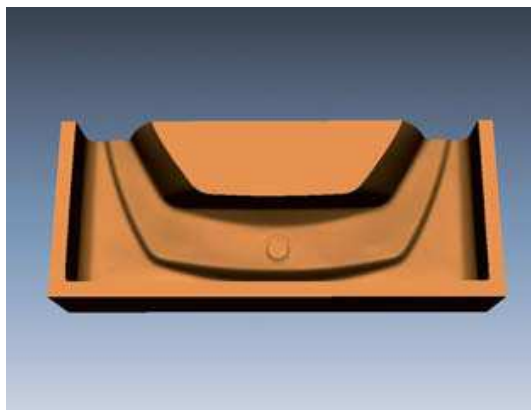
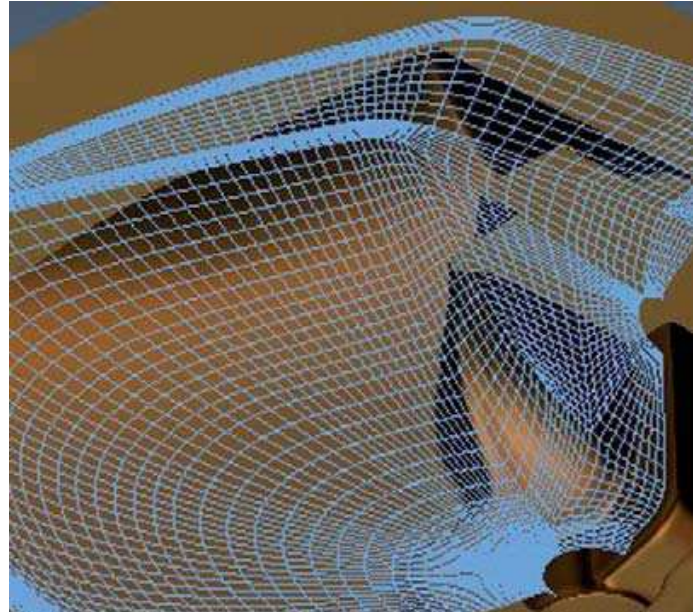
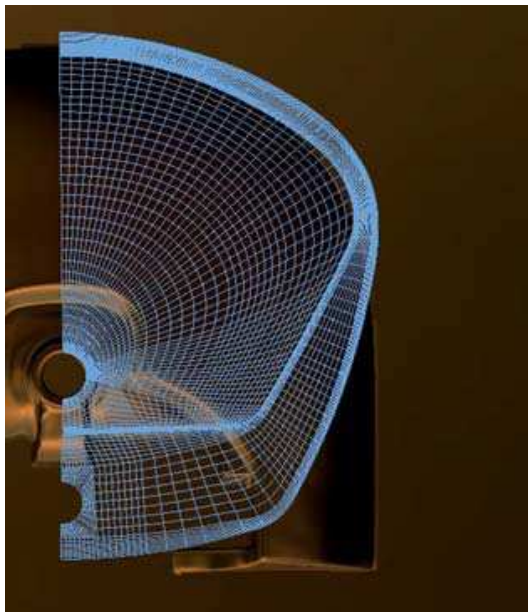
Zdj. 11: Inspekcja pierwszej sztuki, kolorystyczna mapa odchyłek wraz z załączonymi punktami inspekcyjnymi.

CMM - Inspection points						
Name	Nominal Coordinate [mm]	Measured Coordinate [mm]	Tolerance - [mm]	Tolerance + [mm]	Difference [mm]	Tolerance Verify
<b>Inspection_points_top_1</b>						
Total			-1.00	+1.00	-0.64	pass
X	-320.00	-320.03	NaN	NaN	-0.03	unused
Y	+4.46	+4.14	NaN	NaN	-0.33	unused
Z	-38.96	-38.41	NaN	NaN	+0.55	unused
<b>Inspection_points_top_2</b>						
Total			-1.00	+1.00	+0.35	pass
X	-320.00	-320.03	NaN	NaN	-0.03	unused
Y	+36.54	+36.54	NaN	NaN	-0.01	unused
Z	-15.07	-14.72	NaN	NaN	+0.35	unused
<b>Inspection_points_top_3</b>						
Total			-1.00	+1.00	+0.28	pass
X	-320.00	-320.02	NaN	NaN	-0.02	unused
Y	+76.54	+76.54	NaN	NaN	+0.00	unused
Z	-15.03	-14.75	NaN	NaN	+0.28	unused
<b>Inspection_points_top_4</b>						
Total			-1.00	+1.00	+0.21	pass
X	-320.00	-320.01	NaN	NaN	-0.01	unused
Y	+116.54	+116.55	NaN	NaN	+0.00	unused
Z	-15.42	-15.21	NaN	NaN	+0.21	unused
<b>Inspection_points_top_5</b>						
Total			-1.00	+1.00	+0.19	pass
X	-320.00	-320.01	NaN	NaN	-0.01	unused
Y	+156.53	+156.54	NaN	NaN	+0.01	unused
Z	-16.37	-16.18	NaN	NaN	+0.19	unused

Zdj.12: Inspekcja pierwszej sztuki, tabele z punktami inspekcyjnymi z zadanymi wartościami tolerancji.

## Inżynieria odwrotna / Projektowanie form i narzędzi

Bazując na wynikach porównania zdigitalizowanej pierwszej sztuki, z pilotażowej produkcji, z modelem nominalnym, nanosi się poprawki geometryczne na narzędzie formujące. Poprawki takie często nanosi się ręcznie, wykonuje pilotażowy detal, który porównuje się kolejny raz z nominałem. Jeśli detal zostaje zatwierdzony, forma również zostaje zatwierdzona jako wzorcowa. Na podstawie danych pomiarowych można dokonać koniecznych zmian w środowisku CAD lub bezpośrednio wyfrezować formę wzorcową. W bardzo szybki sposób można również kontrolować zużycie formy, dokonując skaningu i porównując z wzorcem korzystając z oprogramowania ATOS.



Zdj. 13-16: Przykłady prezentacji narzędzi i form

## Archiwizacja / Różne warianty produktu

Dzięki zastosowaniu digitalizacji możliwa jest pełna dokumentacja i archiwizacja poszczególnych wyrobów. Stosując dostępne narzędzia w oprogramowaniu ATOS, takie jak np. odbicia lustrzane czy skalowanie możliwe jest tworzenie różnych wariantów modeli produkowanych. W razie zapotrzebowania na rynku, dane pomiarowe mogą być szybko użyte w celu wykonania refabrykatów.

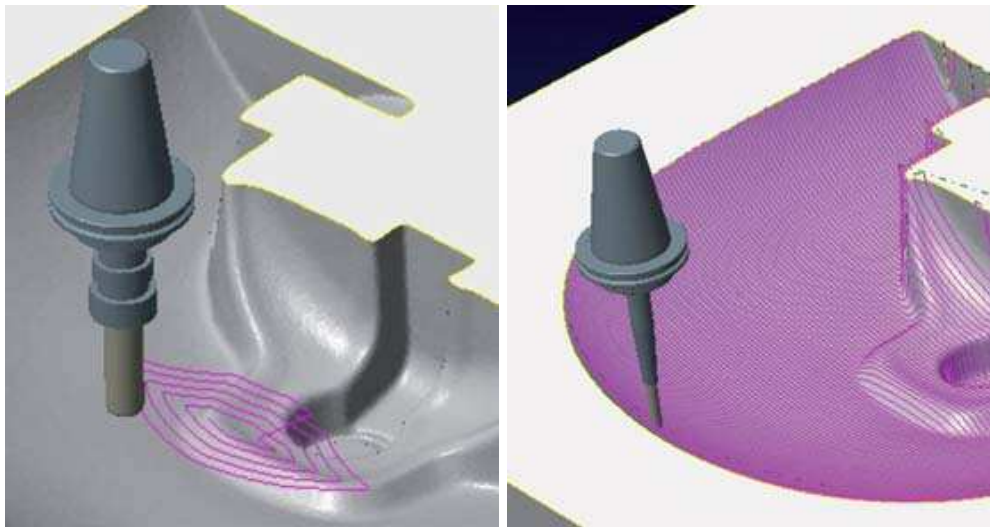


Zdj. 17: Archiwizacja różnych wariantów produktu.

## Duplikaty narzędzi na podstawie danych pomiarowych 3D

W przemyśle ceramicznym żywotność narzędzi formujących ma bardzo duże znaczenie. Używając wcześniej zapisanych danych pomiarowych z systemu ATOS, możemy szybko i skutecznie wykonać kopię zapasową wzorcowego narzędzia.

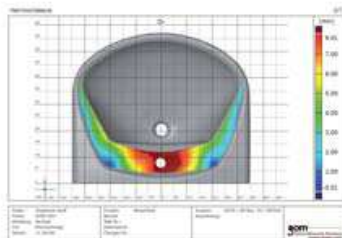
Na rynku istnieje wiele programów CAM, które potrafią wygenerować ścieżkę frezowania, bazując tylko na siatce trójkątów STL lub na chmurze punktów, czyli na finalnych plikach procesu digitalizacji skanerem ATOS.



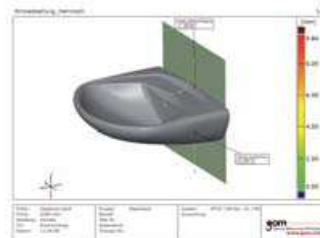
Zdj. 18, 19: Frezowanie CNC na podstawie danych pomiarowych skanera ATOS

## Kontrola jakości / Kontrola w produkcji seryjnej

Wykorzystując makra pomiarowe oraz stoliki obrotowe, system skanowania 3D ATOS, jest doskonałym narzędziem, służącym do kompletnej analizy wymiarowej detali w produkcji seryjnej (zdj. 20). W zależności od potrzeby możemy analizować np. płaskość powierzchni (zdj. 21), kąty płaszczyzn lub położenie zaworu (zdj. 22 i 23).



Zdj. 21: Płaskość powierzchni



Zdj. 22: Kąty, pochylenia



Zdj. 23: Pozycja zaworu.