

**Materiały informacyjne dla producentów masek i
półmasek twarzowych w zakresie projektowania
wyrobów z wykorzystaniem skanera 3D**

mgr Krzysztof Makowski, CIOP-PIB

Materiały informacyjne dla producentów masek i półmasek twarzowych w zakresie projektowania wyrobów z wykorzystaniem skanera 3D

Cyfrowe odwzorowanie cech antropometrycznych człowieka stanowić może narzędzie pomocne przy projektowaniu środków ochrony osobistej dopasowanych do indywidualnych potrzeb danego pracownika. Środki takie charakteryzują się nie tylko lepszymi właściwościami ochronnymi, ale przede wszystkim znacznie większym komfortem użytkowania. Ma to szczególne znaczenie w przypadku sprzętu ochrony układu oddechowego (półmasek i masek całotwarzowych).

Proces projektowania każdego z wyżej wymienionych typów sprzętu należy rozpocząć od dokładnego odwzorowania parametrów antropometrycznych pracownika dla którego ma być on przeznaczony.

Pomiary parametrów antropometrycznych prowadzone są za pomocą ręcznego skanera 3D Artec EVA działającego w przy użyciu strukturalnego światła białego. Skaner ten rejestruje obrazy w tempie 15 klatek na sekundę, co pozwala na uchwycenie nałożenia poszczególnych obszarów kadru podczas stopniowego przesuwania skanera względem części ciała pracownika. Szczegółowe cechy obiektów znajdujące się na nakładających się obszarach wykorzystywane są do automatycznego dostosowania położenia przechwyconych klatek względem siebie.

Proces ten wykonywany jest w czasie skanowania przez oprogramowanie Artec Studio 8 zainstalowane na komputerze przenośnym. Dzięki temu osoba przeprowadzająca pomiar parametrów antropometrycznych ma ciągły podgląd postępu skanowania i może ocenić które części obiektu wymagają przeprowadzenia dodatkowych pomiarów.

W przypadku części twarzowych sprzętu ochrony układu oddechowego technika skanowania 3D wykorzystywana jest do stworzenia cyfrowego obrazu geometrii twarzy pracownika oraz do odwzorowania geometrii bazowej części twarzowej, którą następnie wirtualnie dopasowana jest do jego twarzy przy użyciu oprogramowania typu CAD. Proces ten polega na wymodelowaniu powierzchni wirtualnej części twarzowej tak, aby zapewnić jej maksymalne przyleganie.



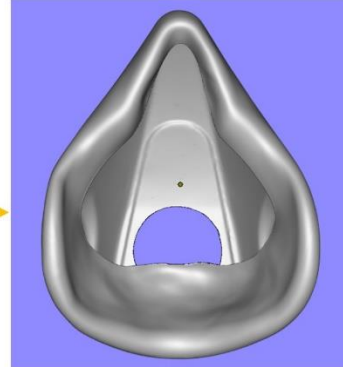
Skaner ręczny 3D typ Artec EVA

[<http://gomeasure3d.com/artec/eva/>]

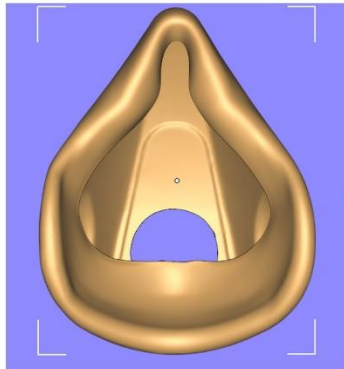
Cyfrowe odwzorowanie twarzy pracownika



Indywidualnie dopasowana część twarzowa



Modelowanie



Cyfrowe odwzorowanie części twarzowej

Proces projektowania części twarzowych sprzętu ochrony układu oddechowego [źródło własne: CIOP-PIB]

Zaprojektowane w ten sposób części twarzowe wykonano w technologii druku 3D z materiału TPU 92A-1, który charakteryzował się trwałą elastycznością oraz wysoką odpornością na ścieranie, dynamiczne obciążenie i odporność abrazyjną.



Sprzęt ochrony układu oddechowego indywidualnie dobrany do twarzy pracownika [źródło własne: CIOP-PIB]

We wszystkich przypadkach badanych parametrów w badaniach eksploatacyjnych ocena modelu półmasksi była pozytywna. Opracowany model półmasksi okazał się zdecydowanie lepiej dopasowane do twarzy użytkownika i nie powodowały odgnieceń ani podrażnień skóry, co miało znaczący wpływ na wzrost komfortu użytkownika całej ochrony. Poprzez zmianę materiału z którego wykonano wydruk 3D korpusu wyeliminowano również nieprzyjemny zapach obecny w poprzedniej wersji modelu. Jedyny element, na który użytkownik zwrócił uwagę to delikatna chropowatość powierzchni korpusu półmasksi. Nie miało to jednak wpływu na ogólną, bardzo pozytywną, ocenę modelu.

W odnotowanych komentarzach po zakończeniu badań uczestnik ponownie stwierdził że:

- *półmaski prawie nie czuło się na twarzy,*
- *w tak dopasowanej i lekkiej półmasce można pracować cały dzień bez problemu,*
- *dzięki indywidualnemu dopasowaniu półmaska nie powodowała odgnieceń,*
- *nie było konieczności mocnego dociągania półmasksi do twarzy za pomocą taśm nagłowia w celu zapewnienia jej uszczelnienia.*

W zakresie całkowitego przecieku wewnętrznego, co najmniej 46 z 50 pomiarów z każdej serii badań (tzn. 10 cykli x 5 serii badań) nie powinno być większe niż 5 % a ponadto średnia arytmetyczna pomiarów przecieku dla 8 z 10 cykli, uzyskana w trakcie wykonanych ćwiczeń ze wszystkich serii badań nie powinna być większa niż 2 %.

W przeprowadzonych badaniach modelu półmasksi maksymalna wartość dla 50 pomiarów wyniosła 1,57 % natomiast maksymalna średnia spośród 10 cykli pomiarowych wyniosła 0,98 %. Oznacza to, że oba ww. warunki zostały spełnione ze znacznym zapasem, co jest równoznaczne z faktem, że opracowane modele półmasek spełniły również wymagania normy w zakresie najważniejszego parametru ochronnego jakim jest całkowity przeciek wewnętrzny.

Powyższe komentarze i wyniki badań potwierdzają wysoką ocenę zmodyfikowanych części twarzowych wydrukowanych z użyciem technologii 3D.

Materiały przygotowano na podstawie badań prowadzonych w ramach realizacji projektu pt. „Opracowanie metody projektowania elementów konstrukcyjnych obuwia ochronnego oraz masek i półmasek twarzowych z wykorzystaniem cyfrowego odwzorowania wymiarów antropometrycznych” realizowanego w ramach III etapu Programu Wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” w latach 2014-2016.

**Materiały informacyjne dla producentów obuwia
ochronnego, w zakresie projektowania wyrobów
z wykorzystaniem skanera 3D**

Materiały informacyjne dla producentów obuwia ochronnego w zakresie projektowania wyrobów z wykorzystaniem skanera 3D

Cyfrowe odwzorowanie cech antropometrycznych człowieka stanowić może narzędzie pomocne przy projektowaniu środków ochrony osobistej dopasowanych do indywidualnych potrzeb danego pracownika. Środki takie charakteryzują się nie tylko lepszymi właściwościami ochronnymi, ale przede wszystkim znacznie większym komfortem użytkowania. Ma to szczególne znaczenie w przypadku obuwia o właściwościach ochronnych.

Proces projektowania wyżej wymienionego typu środków należy rozpocząć od dokładnego odwzorowania parametrów antropometrycznych pracownika dla którego ma być on przeznaczony.

Pomiary parametrów antropometrycznych prowadzone są za pomocą ręcznego skanera 3D Artec EVA działającego w przy użyciu strukturalnego światła białego. Skaner ten rejestruje obrazy w tempie 15 klatek na sekundę, co pozwala na uchwycenie nałożenia poszczególnych obszarów kadru podczas stopniowego przesuwania skanera względem części ciała pracownika. Szczegółowe cechy obiektów znajdujące się na nakładających się obszarach wykorzystywane są do automatycznego dostosowania położenia przechwyconych klatek względem siebie.



Skaner ręczny 3D typ Artec EVA

[<http://gomeasure3d.com/artec/eva/>]

Proces ten wykonywany jest w czasie skanowania przez oprogramowanie Artec Studio 8 zainstalowane na komputerze przenośnym. Dzięki temu osoba przeprowadzająca pomiar parametrów antropometrycznych ma ciągły podgląd postępu skanowania i może ocenić które części obiektu wymagają przeprowadzenia dodatkowych pomiarów.

W przypadku projektowania obuwia o właściwościach ochronnych skany 3D posłużyły do dokładnego zwymiarowania stóp wytypowanych uczestników badań. Pozwoliło to na dostosowanie konstrukcji standardowo stosowanego obuwia o właściwościach ochronnych do specyficznych cech antropometrycznych pracownika.

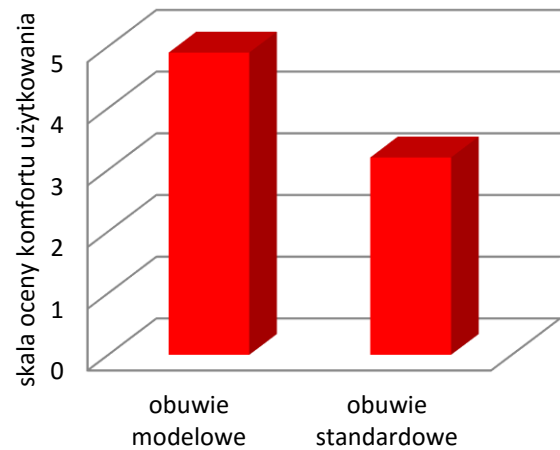
Do wykonania modelu obuwia wytypowano najpowszechniej stosowany, jako obuwie ochronne i robocze, typ butów – trzewiki. Zgodnie z klasyfikacją przyjętą dla modeli obuwia bezpiecznego (PN-EN ISO 20345:2012) obuwie zostało przyporządkowane do modelu B, czyli o wysokości do stawu skokowo-goleniowego oraz zostało przypisane do klasy I, co oznacza, że zostało wykonane ze skóry lub innych materiałów z wyłączeniem obuwia całogumowego. Wierzch obuwia został wykonany ze skóry licowej a podeszwa z kauczuku termoplastycznego. Podeszwa została połączona z obuwem systemem klejonym. Wierzch obuwia składa się z przyszywy oraz obłożyny, które zostały ze sobą zszyte. W wierzchu obuwia umieszczono otwory na sznurowadła. Powierzchnia podeszwy jest urzeźbiona.



Obuwie i wkładki indywidualnie dobrane do wymiarów stóp pracownika [źródło własne: CIOP-PIB]

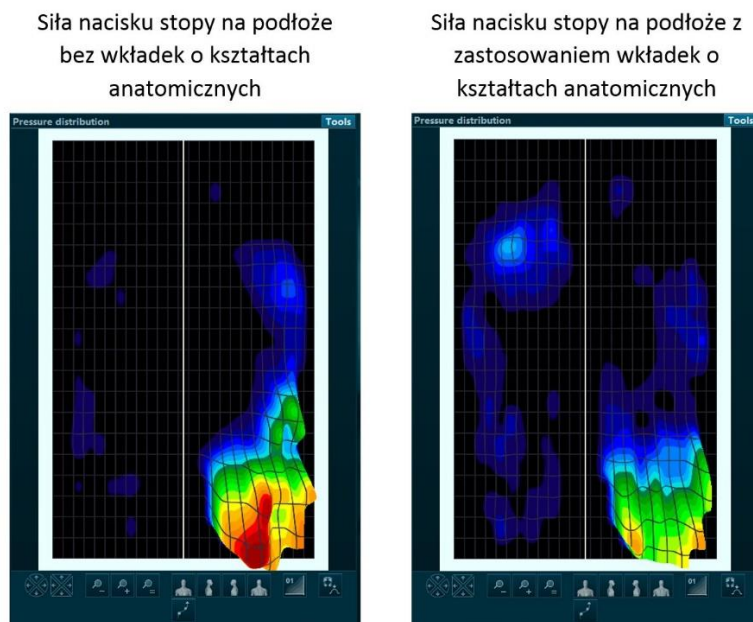
Dodatkowy element pozwalający na indywidualizację obuwia stanowiły wkładki wykonane z polimeru EVA Soft. Wkładki wykonano poprzez wyciśnięcie odcisku stopy w elastycznej piance PEDILEN COPY FORM i jego zalanie gipsem w celu uzyskania indywidualnego kopyta. Następnie kopyto umieszczono po doszlifowaniu w specjalnej prasie, w której podciśnieniowo odcisnięto wkładki w rozgrzanym polimerze Eva Soft.

Opracowany sprzęt poddano badaniom w zakresie parametrów użytkowych. Wykonany model obuwia spotkał się z bardzo pozytywnym odbiorem i oceną użytkownika, co znalazło swoje odzwierciedlenie w wynikach badań. Na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych stwierdzono znaczący wzrost komfortu użytkowania sprzętu indywidualnie dopasowanego do kształtu stopy w odniesieniu do sprzętu standardowego.



Różnice w komforcie użytkowania sprzętu standardowego oraz sprzętu indywidualnie dopasowanego do stopy pracownika [źródło własne: CIOP-PIB]

Ponadto zastosowanie wkładek o kształtach anatomicznych w przypadku obuwia pozwoliło na uzyskanie równomiernego nacisku całej powierzchni stopy na podłoże oraz wyrównanie asymetrii pomiędzy stopami, co może wpływać na odciążenie układu mięśniowo-szkieletowego. Wykazano to w badaniach rozkładu nacisku i powierzchni kontaktu z podłożem na macie sensorycznej, a także w badaniach eksploatacyjnych i ankietowych.



Różnice w rozkładzie nacisku stóp pracownika na podłoże w przypadku sprzętu standardowego oraz sprzętu indywidualnie dobranego do wymiarów stóp pracownika [źródło własne: CIOP-PIB]

Materiały przygotowano na podstawie badań prowadzonych w ramach realizacji projektu pt. „Opracowanie metody projektowania elementów konstrukcyjnych obuwia ochronnego oraz masek i półmasek twarzowych z wykorzystaniem cyfrowego odwzorowania wymiarów antropometrycznych” realizowanego w ramach III etapu Programu Wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” w latach 2014-2016.