

## Pierwsza metalowa rama rowerowa opracowana z zastosowaniem technologii druku 3D i wyprodukowana przez firmę Renishaw dla Empire Cycles



**Rama została wytworzona przyrostowo ze stopu tytanu w częściach i zespolona w całość.  
Daje to szereg korzyści:**

**Swoboda  
projektowania**

- Szybki proces iteracyjny, elastyczność w zakresie dokonywania poprawek konstrukcyjnych w procesie produkcji
- Możliwość tworzenia kształtów uzyskiwanych poprzez topologiczną optymalizację (więcej informacji na następnej stronie)
- Nadzwyczajne możliwości w zakresie modyfikacji, dostosowywania, budowy „na miarę” – produkcja pojedynczych egzemplarzy równie łatwa jak produkcja seryjna

**Konstrukcja**

- Skomplikowane kształty z wewnętrznymi elementami wzmacniającymi
- Puste (wydrążone) struktury
- Wbudowane cechy indywidualne, jak na przykład nazwisko właściciela

**Wytrzymałość  
wykonania,  
stop tytanu**

- Wspornik siodła o 44% lżejszy niż wersja wykonana ze stopu aluminium
- Niezwykła wytrzymałość – zgodność z wymaganiami normy EN 14766
- Odporność na korozję i długa żywotność

**Co firma Renishaw może zrobić dla Państwa produktów?**

## Empire Cycles

Empire Cycles to wyjątkowa brytyjska firma projektowo-produkcyjna z siedzibą w południowo-zachodniej Anglii. Firma z pasją korzysta z brytyjskiej inżynierii do tworzenia wiodących produktów i na całym świecie oferuje innowacyjne projekty sportowcom uprawiającym kolarstwo górskie i downhill.

### Czym jest optymalizacja topologiczna?

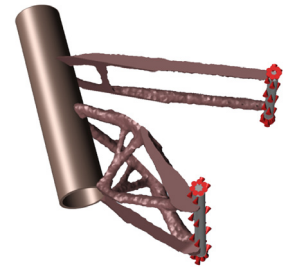
Oprogramowanie do topologicznej optymalizacji, od greckiego słowa oznaczającego miejsce („topo”), to pojęcie stosowane w kontekście programów używanych do ustalania „logicznego miejsca” dla materiału – zazwyczaj stosujących podejście iteracyjne i analizę metodą elementów skończonych. Materiał jest usuwany z obszarów o niskim naprężeniu do momentu uzyskania zoptymalizowanego pod względem konstrukcji nośnej projektu. Uzyskany model jest zarówno lekki (ze względu na ilość użytego materiału) jak i wytrzymały.

Historyczne ograniczenia w wytwarzaniu takich kształtów mogą obecnie zostać wyeliminowane dzięki technologii wytwarzania przyrostowego, która pozwala na realizację fizycznych modeli 3D.

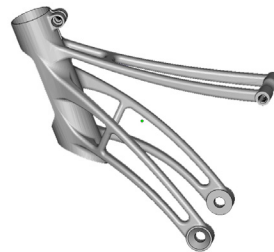
Współpraca Renishaw i Empire Cycles pozwoliła zoptymalizować projekt roweru pod kątem technologii wytwarzania przyrostowego, eliminując wytwarzanie szeregu powierzchni, które wymagałyby specjalnych, zbędnych struktur wzmacniających.



1. Model CAT wspornika siodła zaprojektowany do odlewania ze stopu aluminiowego



2. Topologiczna optymalizacja z zastosowaniem oprogramowania firmy Altair solidThinking Inspire® 9.5



3. Przeprojektowany przez firmę Empire Cycles z zastosowaniem zoptymalizowanego modelu CAD jako szablon



4. Wykonanie ze stopu tytanowego na systemie stapienia laserowego Renishaw AM250

## Jak długo to trwało?

20-tygodniowa skala czasowa dla projektu była wymagająca. Podkreśla ona możliwości wytwarzania przyrostowego, ponieważ nie trzeba było wstępnie zamawiać żadnych narzędzi ani specyficznych materiałów.

Tydzień 1 – Empire Cycles odwiedza Renishaw

Tydzień 3 – projekt i topologiczna optymalizacja wspornika siodła

Tydzień 6 – decyzja odnośnie produkcji całej ramy roweru

Tydzień 7 – rozpoczęcie prac projektowych nad całą ramą roweru

Tydzień 8 – TCT show, artykuł o drukowanym trójwymiarowo rowerze z tworzywa

Tydzień 14 – partnerstwo z Mouldlife and 3M

Tydzień 16 – zakończenie projektu pierwszych podzespołów ramy

Tydzień 17 – pierwsza partia, zbudowano trzy z pięciu części ramy

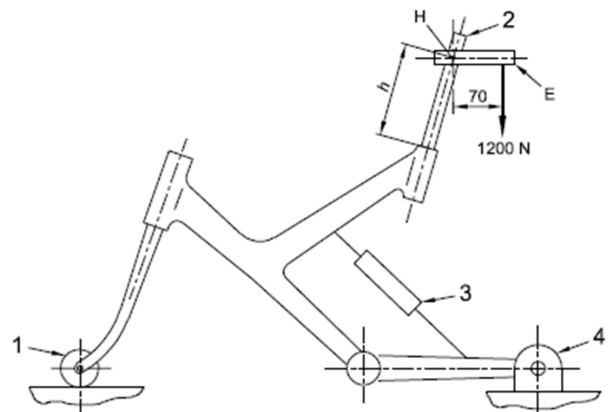
Tydzień 18 – druga partia, zbudowano pozostałe części

Tydzień 20 – prezentacja na Euromold 2013

## Jak wygląda kwestia wytrzymałości?

Stop tytanu charakteryzuje się wysoką wytrzymałością na rozciąganie, na poziomie 900 MPa przy przetwarzaniu za pomocą technologii wytwarzania przyrostowego oraz pozwala na uzyskanie niemal idealnych gęstości, na poziomie ponad 99,7%; to wynik lepszy niż w przypadku odlewów i w związku z tym, że wszelkie porowatości są zarówno małe jak i sferyczne, mają niewielki wpływ na wytrzymałość.

Celem projektu jest wyprodukowanie w pełni funkcjonalnego roweru, więc wspornik siodła był testowany zgodnie z normą EN 14766 dotyczącą rowerów górskich i wytrzymał on 50 000 cykli obciążenia na poziomie 1200 N. Przeprowadzono sześciokrotnie więcej testów, niż przewiduje norma i nie odnotowano usterek. Kompletna rama rowerowa będzie dalej testowana zarówno w laboratoriach firmy Bureau Veritas UK, jak i na górskim stoku z wykorzystaniem czujników, przy współpracy z uczelnią Swansea University.



Schemat próby zmęczeniowej dla siły pionowej

1. Wolnobieżna rolka
2. Stalowy pręt
3. Zablokowana jednostka zawieszania lub stałe połączenie dla obrotowych usztywnień łańcuchów
4. Sztywne, obrotowe połączenie punktu mocowania tylnej osi



## Jak wygląda kwestia lekkości?

Stopy tytanu charakteryzują się większą gęstością od stopów aluminium, z względnymi gęstościami odpowiednio na poziomie ok.  $4 \text{ g/cm}^3$  i  $3 \text{ g/cm}^3$ . Dlatego, aby wytworzyć tytanową część lżejszą od jej aluminiowego odpowiednika, należy znacząco zmodyfikować projekt i usunąć wszelki materiał, który nie wpływa na łączną wytrzymałość części.

Oryginalny aluminiowy wspornik siodła waży 360 g, zaś wydrążona wersja tytanowa waży 200 g, czyli 44% mniej. To dopiero pierwszy krok; dalsza analiza i testy umożliwić mogą większą redukcję ciężaru. Oryginalna rama rowerowa waży 2100 g. Zmiany konstrukcyjne pod kątem zastosowania technologii wytwarzania przyrostowego pozwoliły na spadek jej ciężaru do 1400 g, czyli redukcję o 33%.

Dostępne są oczywiście lżejsze rowery z włókna węglowego, jednak zdaniem Chrisa Williamsa, dyrektora zarządzającego w firmie Empire Cycles według badań „trwałość włókna węglowego nie może równać się z trwałością metalu, jest ono wspaniałym materiałem w przypadku rowerów szosowych, jeśli jednak spróbujemy zjeżdżać po górskim stoku ryzykujemy uszkodzeniem ramy. Wręcz przesadnie dbam o konstrukcję moich rowerów, by uniknąć późniejszych roszczeń gwarancyjnych”.



Kompletny rower z wykonaną w technologii druku 3D tytanową ramą i wspornikiem siodła

## Jak wyglądało zarządzanie projektem?

Przed podjęciem współpracy z Renishaw, Chris miał już wcześniej okazję skorzystać z technologii druku 3D do wykonania pełnowymiarowej repliki swojego roweru, wiedział więc dość dobrze, czego oczekuje.

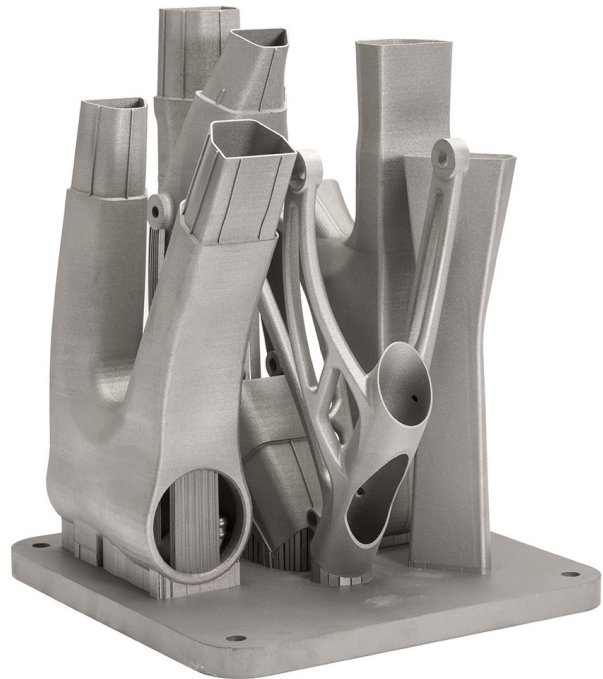
Firma Renishaw zgodziła się początkowo zoptymalizować i wyprodukować wyłącznie wspornik siodła, jednak gdy zakończyło się to powodzeniem, stwierdziła, że warto wyprodukować całą ramę. Chris zaktualizował swój projekt zgodnie ze wskazówkami zespołu technicznego Renishaw w zakresie procesu wytwórczego, a rama została podzielona na części, by w pełni wykorzystać 300 mm wysokość roboczą urządzenia AM250.

Kluczową korzyścią dla Empire Cycles są zalety w zakresie wydajności, jakie uzyskać można dzięki tej metodzie konstrukcyjnej. Projekt posiada wszystkie zalety konstrukcji typu „monocoque” ze stali tłoczonych stosowanych w motocyklach i samochodach, bez konieczności ponoszenia nakładów inwestycyjnych na oprzyrządowanie, które dla małych producentów są zaporowe.

Potencjalna wydajność rozwiązania nie została jeszcze do końca oszacowana, jednak liczymy na dalszy rozwój tego projektu. Ponieważ nie jest wymagane jakiegokolwiek oprzyrządowanie, projekt może być z łatwością stale udoskonalany, natomiast w związku z tym, że koszt podzespołów zależy od ilości materiału, a nie złożoności, niektóre lekkie części wykonać można przy minimalnych nakładach.

W wyniku badań w zakresie metod spajania wybrano firmę Mouldlife na dostawcę spoiwa oraz technicznych specjalistów z firmy 3M do przeprowadzenia testów. Zamierzamy rozwijać projekt wspólnie, by dążyć do stopniowych usprawnień w zakresie metod spajania, jak np. specyficznych wykończeń powierzchni.

Koła, układ napędowy i podzespoły wymagane do skompletowania roweru zostały dostarczone przez firmę Hope Technology Ltd.



Pełna rama została przygotowana w częściach, ze wspornikiem siodła na jednym stole roboczym i zmontowana w ramach jednej operacji

Projekt ten pokazuje, że wspaniałe rezultaty można osiągać w efekcie ścisłej współpracy z klientem. Jeśli posiadają Państwo podzespoły, które mogłyby zyskać dzięki technologii wytwarzania przyrostowego, prosimy o kontakt z lokalnym biurem Renishaw, w celu uzyskania dodatkowych informacji.

## Informacje o Renishaw

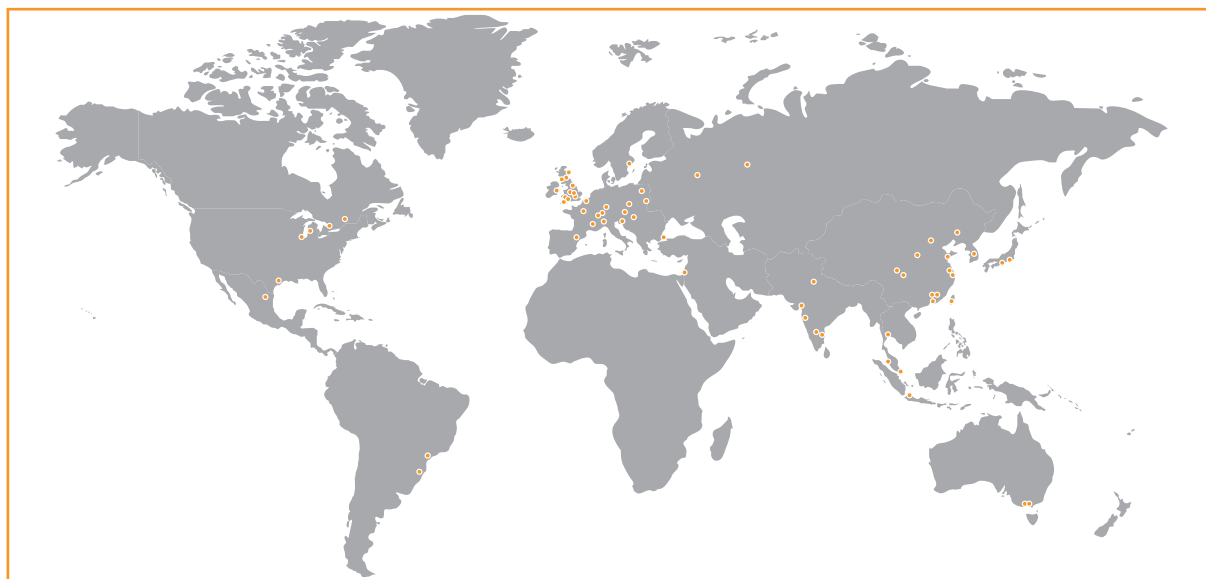
Renishaw jest światowym liderem w dziedzinie technik pomiarowych. Posiada bogatą historię innowacyjnych dokonań w zakresie rozwoju i wytwarzania produktów. Od dnia utworzenia w 1973 roku, firma dostarcza produkty o zaawansowanym poziomie technologicznym, które podnoszą wydajność procesów, poprawiają jakość produkcji oraz oferują efektywne rozwiązania automatyzacyjne.

Światowa sieć filii i dystrybutorów zapewnia najwyższy poziom usług i obsługi swoich klientów.

### Oferta Renishaw obejmuje:

- Technologie wytwarzania przyrostowego, odlewnictwa próżniowego i formowania wtryskowego do zastosowań w projektowaniu, prototypowaniu i produkcji
- Technologie materiałów specjalnych o różnych zastosowaniach w wielu dziedzinach
- Produkcję stomatologicznych systemów CAD/CAM do skanowania i frezowania oraz dostawę materiałów stomatologicznych
- Systemy przetworników obrotowych oraz położenia liniowego i kąтового
- Mocowania dla maszyn współrzędnościowych (CMM)
- Systemy pomiarów porównawczych obrabianych elementów (EQUATOR)
- Precyzyjne pomiary laserowe do zastosowań w trudnych warunkach środowiskowych
- Systemy laserowe oraz diagnostyczne do oceny stanu technicznego i kalibracji obrabiarek
- Urządzenia medyczne do zastosowań w neurochirurgii
- Systemy pomiarowe oraz oprogramowanie do ustawiania przedmiotu, narzędzi i pomiarów na obrabiarkach CNC
- Systemy spektroskopii ramanowskiej do nieniszczącej analizy materiałów
- Głowice, sondy i oprogramowanie do pomiarów na maszynach współrzędnościowych
- Trzpienie do zastosowań pomiarowych na maszynach współrzędnościowych i obrabiarkach

**Aby zapoznać się z danymi teleadresowymi przedstawicielstw Renishaw na świecie, zapraszamy do odwiedzenia naszej głównej witryny pod adresem [www.renishaw.pl/contact](http://www.renishaw.pl/contact)**



FIRMA RENISHAW DOŁOŻYŁA WSZELKICH STARAŃ, ABY ZAPEWNIĆ POPRAWNOŚĆ TREŚCI TEGO DOKUMENTU W DNIU PUBLIKACJI, JEDNAK NIE UDZIELA ŻADNYCH GWARANCJI ODNOŚNIE TEJ TREŚCI. FIRMA RENISHAW NIE PONOSI ŻADNEJ ODPOWIEDZIALNOŚCI, W JAKIMKOLWIEK STOPNIU, ZA EWENTUALNE BŁĘDY ZAWARTE W NINIEJSZYM DOKUMENCIE.

©2014 Renishaw plc. Wszelkie prawa zastrzeżone.

Firma Renishaw rezerwuje sobie prawo dokonywania zmian danych technicznych bez powiadomienia

RENISHAW oraz symbol sondy wykorzystany w logo firmy Renishaw są zastrzeżonymi znakami towarowymi firmy Renishaw plc w Wielkiej Brytanii i innych krajach.

apply innovation oraz inne nazwy i oznaczenia produktów i technologii Renishaw są znakami towarowymi firmy Renishaw plc oraz jej filii. Wszelkie inne nazwy marek oraz nazwy produktów użyte w niniejszym dokumencie są nazwami towarowymi, znakami towarowymi lub zastrzeżonymi znakami towarowymi należącymi do ich właścicieli.