PremFixer Fasteners

BIAŁA KSIĘGA TECHNICZNA

Systemy mocowania przegubów zawieszenia

do rowerów z pełnym zawieszeniem

Powierzchnie współpracy · Materiały · Walidacja

PEŁNE WYDANIE WIZUALNE — WYŁĄCZNIE CONCEPT

Wszystkie 37 ilustracji w treści oraz okładka są koncepcyjnymi wizualizacjami inżynierskimi z tekstem publikacyjnym nanoszonym programowo. Żadna z nich nie dokumentuje konfiguracji produktu PremFixer Fasteners, fabryki, zapisu kontroli, wyniku próby laboratoryjnej lub terenowej, certyfikacji, przypadku klienta ani zweryfikowanych danych eksploatacyjnych. Dowody publiczne uzasadniają wyłącznie przesłanki inżynierskie; twierdzenia dotyczące konkretnego produktu nadal wymagają zamknięcia dowodowego opisanego w niniejszej białej księdze.

Wysokowydajne rozwiązania systemowe elementów złącznych przegubów rowerów z pełnym zawieszeniem

Wysokowydajne systemowe rozwiązania elementów złącznych przegubów zawieszenia dla rowerów z pełnym zawieszeniem — biała księga inżynierska

Podtytuł

Kompletne zestawy elementów złącznych przegubów dopasowane do modelu, procesy obróbki CNC śrub przegubowych oraz kompleksowe rozwiązania inżynierskie dla produkcji rowerów z pełnym zawieszeniem

Pozycjonowanie rozwiązania: Kompletne zestawy dopasowane do konkretnych modeli · Śruby przegubowe obrabiane CNC · Kompleksowe rozwiązanie inżynierskie

Wersja: Wydanie dowodowe V2.0
Wydawca: PremFixer Fasteners
Rodzaj dokumentu: Biała księga inżynierska
Data graniczna badań: 2026-08-10

Odbiorcy i cel dokumentu

Niniejsza biała księga jest przeznaczona dla:

- producentów ram rowerowych;
- zakładów montujących rowery z pełnym zawieszeniem;
- zespołów R&D i produktowych marek MTB / E-MTB;
- producentów układów zawieszenia / komponentów;
- inżynierii jakości dostawców (SQE);
- inżynierów konstrukcji, mechaniki i produkcji;
- zespołów strategicznego zaopatrzenia / zakupów;
- zespołów obsługi posprzedażnej, gwarancji i serwisu.

Celem nie jest dyskusja o tym, „ile powinna kosztować jedna śruba”, lecz ustanowienie pełniejszych ram dla zasadniczego pytania inżynierskiego:

> **Jak elementy złączne przegubów wpływają na bezpieczeństwo konstrukcji, trwałość łożysk, powtarzalność montażu, NVH, korozję, serwis posprzedażny i całkowity koszt cyklu życia?**

Pozycjonowanie rozwiązania PremFixer Fasteners

Dla produkcji rowerów z pełnym zawieszeniem PremFixer Fasteners rozszerza przedmiot dostawy z „jednego standardowego elementu złącznego” do **kompletnego systemu rozwiązań elementów złącznych przegubów, zdefiniowanego dla konkretnego modelu**. Zakres może obejmować odmienne typy rowerów i środowiska obciążeń — XC, Trail, Enduro, DH i E-MTB — oraz odpowiednio dobrane kombinacje elementów wokół ramy, łącznika, łożyska i interfejsów montażowych klienta.

Typowy pakiet rozwiązania obejmuje:

- rozwiązania precyzyjnej obróbki CNC i ścieżkę DFM dla śrub przegubowych, osi przegubów i śrub z trzpieniem pasowanym;
- tuleje dystansowe, podkładki, wkładki gwintowane i elementy ustalające dopasowane do pierścieni wewnętrznych łożysk oraz interfejsów łącznika;
- elementy kontroli środowiska i montażu, takie jak O-ring, uszczelnienie, podkładka izolacyjna, smar i interfejs blokujący;
- kompletne zestawy organizowane według położenia przegubu, mapowanie BOM, kolejność montażu, strategię blokowania / smarowania oraz interfejsy identyfikowalności.

Logika kompleksowego rozwiązania PremFixer Fasteners jest następująca:

> **Definicja roweru i obciążeń → dekompozycja interfejsu przegubu → projekt elementów złącznych i stosu łożysk → DFM → produkcja CNC → strategia powierzchni i izolacji → dostawa zestawu → wsparcie montażu → zamknięta pętla walidacji i identyfikowalności**

Pozycjonowanie opisuje zakres rozwiązania i metodykę inżynierską; nie stanowi automatycznie zweryfikowanego twierdzenia o zdolności do produkcji seryjnej ani o parametrach produktu. Konkretne materiały, tolerancje wymiarowe, moment dokręcania, siła zacisku, Cpk, odporność na mgłę solną, trwałość zmęczeniowa, termin dostawy i zastosowanie do danego modelu muszą zostać osobno zamknięte w systemie dowodowym E0–E5 opisanym w niniejszej białej księdze.

Oświadczenie dotyczące dowodów

V2.0 wykorzystuje „podwójny łańcuch dowodowy”:

Zewnętrzne dowody literaturowe

Odpowiadają na pytanie:

> Czy dla danego mechanizmu inżynierskiego, metody próby lub praktyki branżowej istnieją dowody publiczne?

Poziomy źródeł:

Poziom	Rodzaj dowodu	Typowe źródła
X1	Normatywny / regulacyjny	ISO, ECHA, EUR-Lex
X2	Recenzowany / badanie pierwotne	Springer, ScienceDirect, MDPI, repozytoria uczelniane
X3	OEM / techniczny przemysłowy	Oficjalne materiały techniczne marek rowerowych, SKF, Henkel itd.
X4	Kontekst rynkowy	Aktualne specyfikacje kompletnych rowerów i publiczne trendy branżowe

Dowody produktowe PremFixer Fasteners

Odpowiadają na pytanie:

> Co określony SKU, partia, materiał i proces PremFixer Fasteners rzeczywiście osiągnęły w jasno zdefiniowanych warunkach badania?

Poziomy:

Poziom	Dowód	Definicja
E0	Założenie / cel	Brak własnego wyniku próby; wyłącznie cel, założenie lub pozycja oczekująca na walidację
E1	Analiza inżynierska	Obliczenia na podstawie rysunku, analiza łańcucha tolerancji, FEA i analiza teoretyczna
E2	Próba komponentu	Wymiary, materiał, mgła solna, twardość i wytrzymałość pojedynczego elementu itd.
E3	Próba złącza / podzespołu	Zależność momentu dokręcania od siły zacisku, drgania poprzeczne, wielokrotny demontaż i montaż oraz stos łożysk
E4	Walidacja na poziomie ramy	Walidacja rzeczywistego systemu ramy / łącznika

Poziom	Dowód	Definicja
E5	Walidacja terenowa	Produkcja seryjna, długotrwała jazda oraz dane gwarancyjne i eksploatacyjne

Publikacje publiczne mogą wykazać, „dlaczego należy projektować w ten sposób", ale nie zastępują własnych prób produktu PremFixer Fasteners.

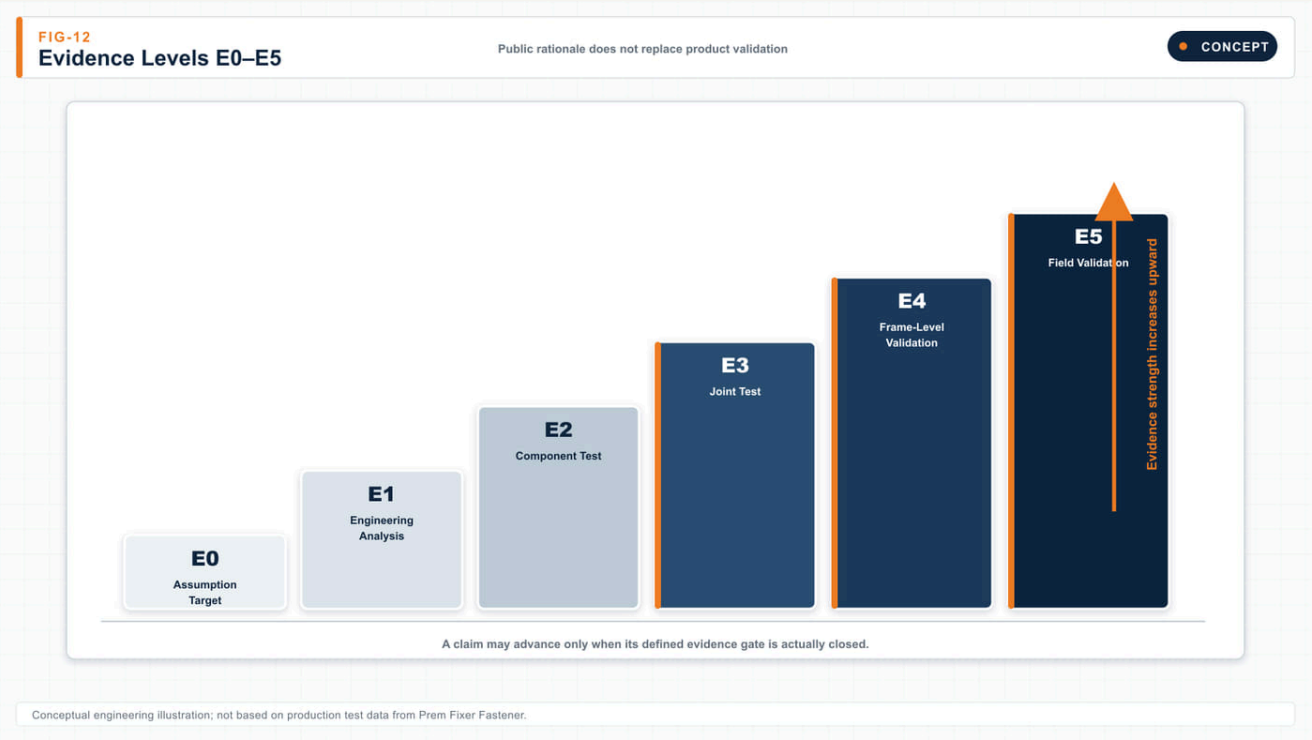


FIG-12 · Rysunek inżynierski — FIG-12. Poziomy dowodów E0–E5, od założenia lub celu po walidację terenową. Uzasadnienie publiczne nie zastępuje walidacji konkretnego produktu. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

Ważne granice inżynierskie

1. Dokument nie ekstrapoluje wyniku pojedynczej publikacji na uniwersalne parametry wszystkich elementów złącznych przegubów.
2. Dokument nie przelicza godzin mgły solnej na lata rzeczywistej jazdy.
3. Dokument nie przedstawia ogólnych norm elementów złącznych jako certyfikacji przeznaczonej dla rowerów.
4. Dokument nie rozszerza automatycznie wyniku jednego SKU na całą rodzinę produktów.
5. [PF-VERIFY], [TARGET] i [MODEL] oznaczają pozycje nadal wymagające zamknięcia na podstawie danych PremFixer Fasteners lub projektu klienta.
6. Rysunki klienta, uzgodnienia techniczne, przepisy rynku docelowego i wymagania walidacji kompletnego roweru zawsze mają pierwszeństwo przed niniejszą białą księgą.

Streszczenie

W nowoczesnym rowerze z pełnym zawieszeniem śruba przegubowa, oś przegubu, śruba z trzpieniem pasowanym, tuleje dystansowe, podkładki, łożyska, wkładki gwintowane, uszczelnienia i środki zabezpieczające wspólnie tworzą silnie sprzężony interfejs mechaniczny. Ich bezpośrednia wartość zakupowa jest zwykle znacznie niższa niż wartość ramy, amortyzatora lub układu napędowego. Jednak utrata siły zacisku, mikroruch, korozja, zatarcie, zanieczyszczenie łożyska albo odchylenie montażowe w złączu przegubu mogą wywołać skutki od hałasu po przeróbkę ramy i od przedwczesnego uszkodzenia łożyska po zagraniczną obsługę gwarancyjną.

Opublikowane badania złączy śrubowych wykazują złożone sprzężenie między siłą napięcia wstępnego, obciążeniem poprzecznym i warunkami tarcia. Zbyt mała siła napięcia wstępnego może sprzyjać luzowaniu, natomiast nadmierna może powodować przeciążenie i ryzyko zmęczeniowe.[R1][R2] Źródła z zakresu inżynierii łożysk wskazują, że niedostateczne pasowanie, niewielki ruch względny i stan powierzchni mogą sprzyjać korozji ciernej w gnieździe łożyska.[R5][R6] Publiczne informacje serwisowe i sprzętowe marek premium MTB pokazują ponadto, że rzeczywiste systemy przegubów stosują zależnie od położenia smar, środek zabezpieczający gwint, środek przeciwzatarciowy, środek ustalający i różne momenty montażowe, zamiast traktować wszystkie elementy złączne jako jedną klasę „elementów złącznych”.[R8][R9]

Na tej podstawie biała księga proponuje:

> **Elementy systemu przegubów należy traktować jako obiekt inżynierii systemowej obejmujący precyzyjne elementy osiowe + kontrolowane złącze gwintowane + interfejsy łożysk + uszczelnienie środowiskowe + interfejsy serwisu posprzedażnego.**

W tych ramach PremFixer Fasteners nie jest sprzedawcą odizolowanych śrub przegubowych, lecz partnerem inżynierskim organizującym kompletne zestawy według położenia przegubu i wymagań dotyczących wytwarzalności, montażu, konserwacji oraz identyfikowalności różnych modeli rowerów z pełnym zawieszeniem.

Głównym celem nie jest maksymalizacja pojedynczego wskaźnika, lecz znalezienie weryfikowalnej równowagi inżynierskiej między:

wytrzymałością + zmęczeniem + stabilnością zacisku + redukcją masy + odpornością na korozję + powtarzalnością montażu + serwisowalnością + kosztem

Słowa kluczowe

Rower z pełnym zawieszeniem · MTB · E-MTB · Śruba przegubowa · Oś przegubu · Śruba z trzpieniem pasowanym · Siła napięcia wstępnego · Siła zacisku · Środek zabezpieczający gwint · Zużycie frettingowe · Interfejs łożyska · Korozja galwaniczna · Próba w mgle solnej · Kruchość wodorowa · Zatarcie tytanu · DVP&R · DFMEA · Cpk · TCO

Wprowadzenie: od „jednej śruby” do „systemu przegubów”

W tradycyjnych klasyfikacjach zakupowych śruba przegubowa często trafia do kategorii elementów złącznych, osprzętu lub drobnych części. Jest to wygodne dla ERP i kodów zakupowych, lecz niepełne z punktu widzenia inżynierii konstrukcji.

Typowy przegub roweru z pełnym zawieszeniem może zawierać:

- Otwór przegubu w ramie / wkładka
- Łącznik
- Uszczelnione łożysko maszynowe
- Wewnętrzna / zewnętrzna tuleja dystansowa
- Oś przegubu
- Śruba z trzpieniem pasowanym
- Podkładka
- Wkładka gwintowana / nakrętka
- Pierścień O-ring / uszczelnienie
- smar
- Środek zabezpieczający gwint / Powłoka zabezpieczająca
- środek przeciwzatarciowy

Ruch zawieszenia wystawia te interfejsy jednocześnie na:

- cykliczne obciążenia osiowe i poprzeczne;
- oscylacje o małej amplitudzie;
- udary;
- sprzężone obciążenia hamowania i pedałowania;
- zanieczyszczenie błotem i wodą;
- środki czyszczące;
- wilgoć i sól;
- wielokrotny demontaż i montaż serwisowy.

Dlatego „zgodność wymiarowa” dowodzi jedynie zgodności elementu z rysunkiem w danej chwili. Nie dowodzi automatycznie, że:

- siła zacisku złącza jest właściwa;
- łożysko nie jest poddane nieprawidłowemu obciążeniu osiowemu;
- po dwóch sezonach nie wystąpi trzask ani skrzypienie;
- gwint tytanowy nie ulegnie zatarciu;
- powlekana stal jest wolna od ryzyka kruchości wodorowej;
- złącze będzie można normalnie rozebrać w serwisie rowerowym;
- pierwotna wartość momentu pozostanie właściwa po zmianie powłoki.

Dlatego biała księga V2.0 stosuje pełne ramy cyklu życia:

Wymaganie → Projekt → Materiał → Proces → Złącze → Walidacja → Produkcja → Montaż → Eksploatacja → Serwis → TCO

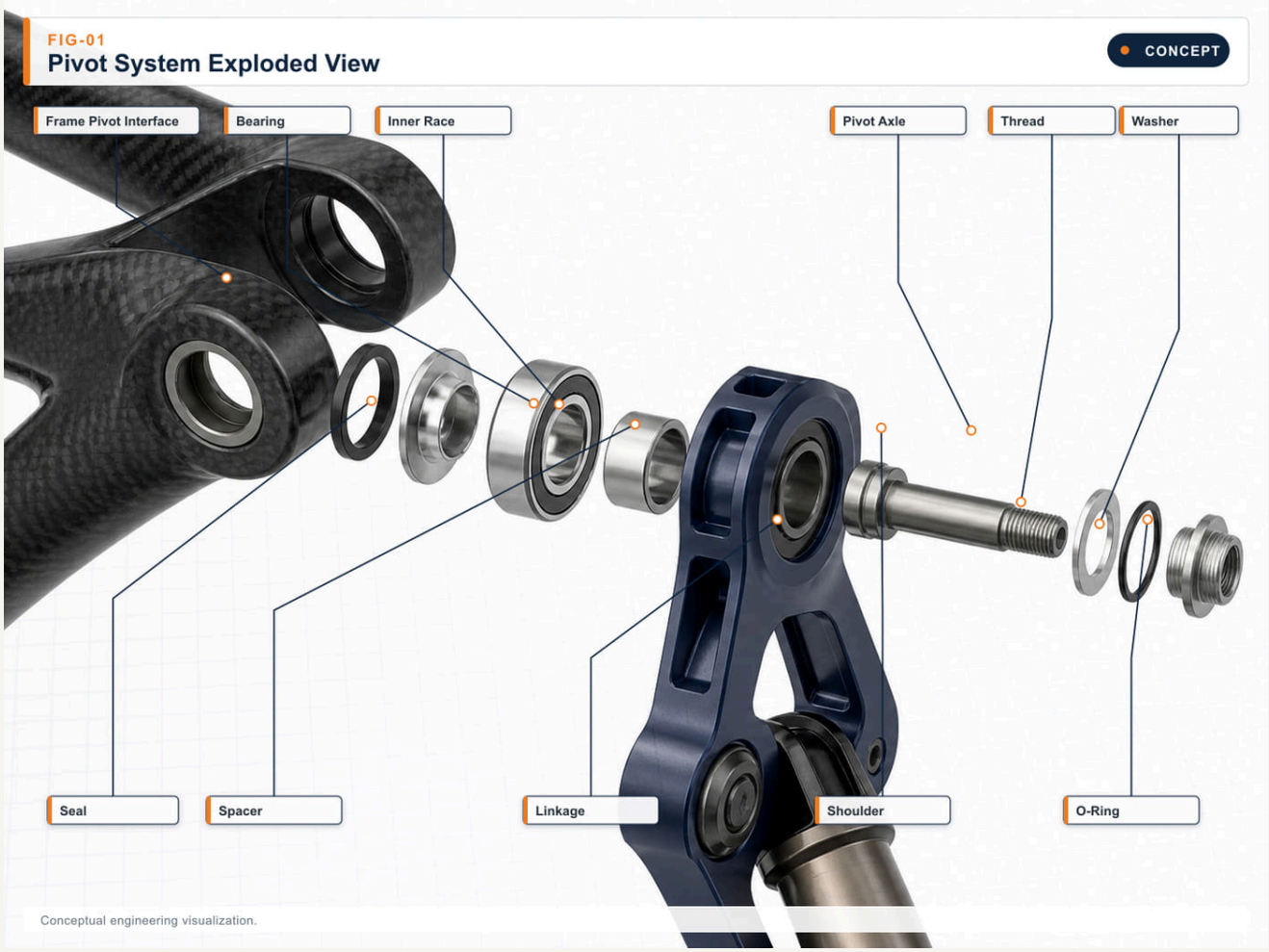
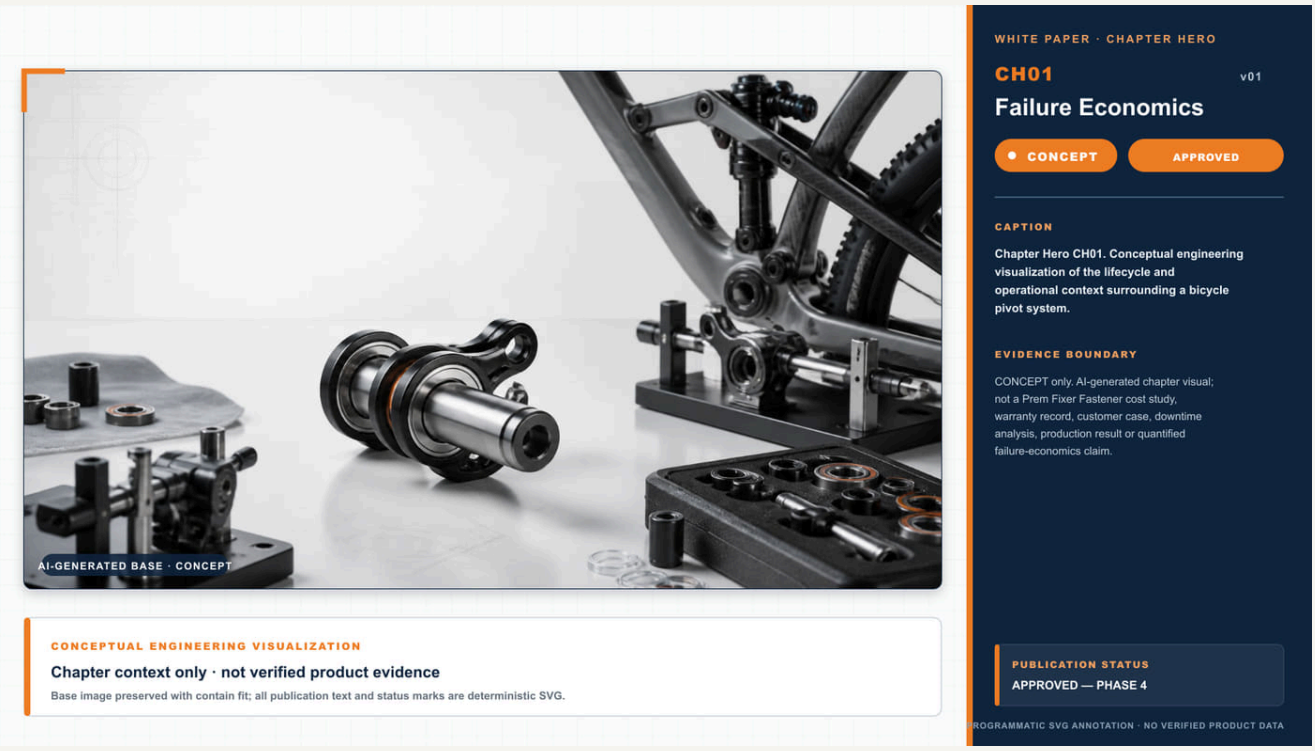


FIG-01 · Rysunek inżynierski — FIG-01. Rozstrzelona architektura systemu przegubu. Koncepcyjna wizualizacja inżynierska, a nie wydany BOM ani zweryfikowana konfiguracja produktu PremFixer Fasteners. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

Rozdział 1: wartość systemu przegubów i koszt uszkodzeń w całym łańcuchu branżowym

1. Wartość systemowa i ekonomika uszkodzeń



CH01 · Ilustracja rozdziału — CH01. Koncepcyjna wizualizacja cyklu życia i kontekstu operacyjnego systemu przegubów rowerowych. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

1.1 Cztery grupy klientów kupują różne rodzaje wartości

1.1.1 Producent ram: stabilność interfejsu konstrukcyjnego

Producent ramy koncentruje się przede wszystkim na:

- funkcjonalnym pasowaniu otworu przegubu do osi lub trzpienia;
- łańcuchu tolerancji łożyska, tulei dystansowej i łącznika;
- braku nieprawidłowego obciążenia promieniowego lub osiowego podczas montażu;
- ryzyku lokalnego uszkodzenia interfejsu włókna węglowego z aluminium;
- zachowaniu wymiarów funkcjonalnych po nałożeniu powłoki;
- stabilności interfejsu przegubu po próbie zmęczeniowej ramy.

Z punktu widzenia producenta ramy:

> **Rzeczywista wartość elementów systemu przegubów = zmniejszenie prawdopodobieństwa, że mały element spowoduje złomowanie kosztownej ramy.**

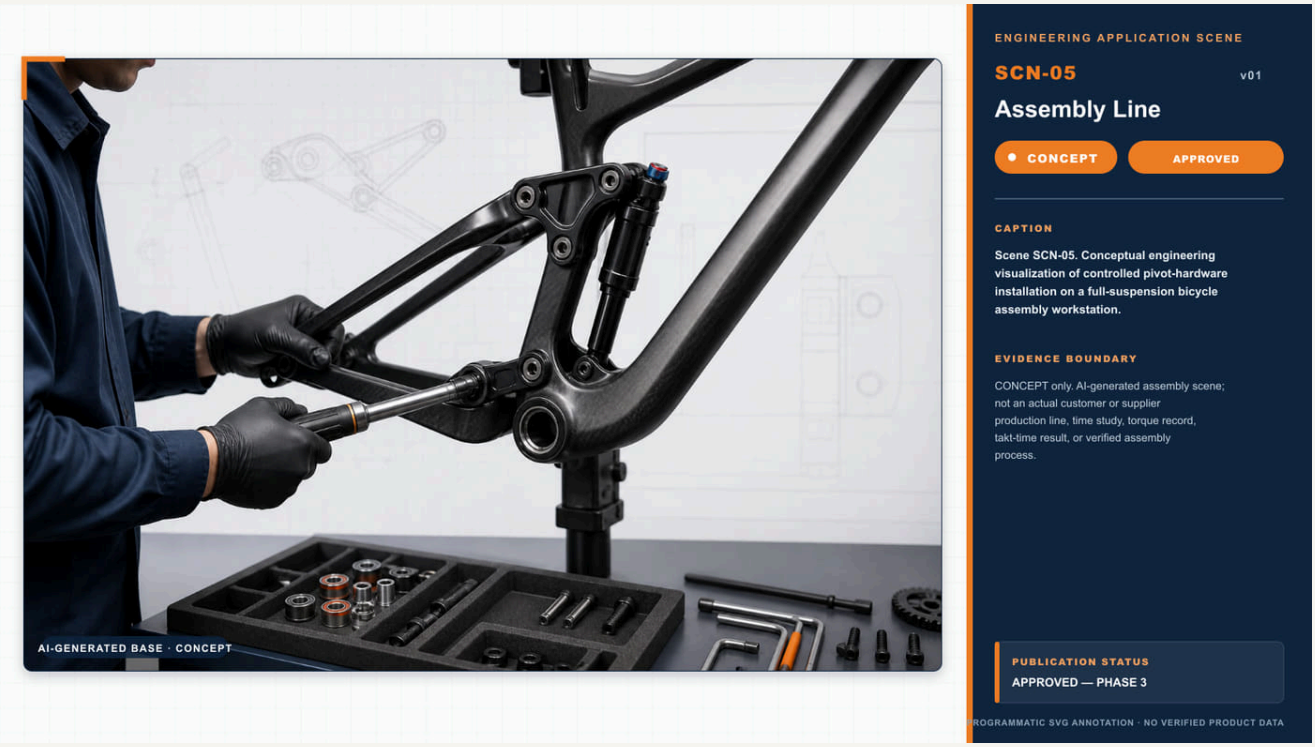
1.1.2 Zakład montażowy: takt i powtarzalność montażu

Zakład montażowy zwraca uwagę na:

- stabilne zazębienie interfejsu gniazda napędowego;
- łatwe samoczynne pozycjonowanie narzędzia;
- płynne wkręcanie gwintu;
- brak konieczności ręcznego pobierania, nanoszenia i usuwania kleju;
- niskie ryzyko pomylenia numeru części;
- stabilność momentu dokręcania;
- poprawę wydajności przy pierwszym przejściu.

Wstępne nanoszenie środka zabezpieczającego gwint jest dojrzałym procesem przemysłowym. Publiczne materiały Henkel wskazują, że suche w dotyku, wstępnie nanoszone powłoki można stosować w wielkoseryjnym montażu śrub, aby wyeliminować dodatkowe nanoszenie płynnego środka zabezpieczającego na stanowisku.[R13][R14]

Wspiera to kierunek, zgodnie z którym „wstępnie naniesione zabezpieczenie może poprawić standaryzację montażu”, lecz **nie dowodzi automatycznie stałej oszczędności 1,5–2 minuty na określonej linii rowerowej**. Korzyść dla taktu należy ustalić w rzeczywistym badaniu czasu.



SCN-05 · Scena zastosowania — SCN-05. Koncepcyjna wizualizacja kontrolowanego montażu elementów przegubu na stanowisku roweru z pełnym zawieszeniem. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

1.1.3 Marka MTB / E-MTB: niezawodność i doświadczenie marki

Marka premium koncentruje się na:

- płynności ruchu zawieszenia;
- braku nietypowych trzasków lub kliknięć;
- braku samoczynnego luzowania elementów złącznych;
- niezawodności w deszczu, błocie, piasku, pocie i soli;
- łatwości serwisu;
- długoterminowej dostępności części zamiennych;
- identyfikowalności uszkodzeń eksploatacyjnych.

Publiczne materiały Santa Cruz traktują osie i łożyska przegubów jako istotne obiekty okresowej kontroli, czyszczenia, smarowania i — w razie potrzeby — wymiany; w środowisku mokrym, piaszczystym lub zapylonym zalecają częstsze kontrole.[R9] Specialized zapewnia obecnie pierwotnym właścicielom części modeli z pełnym zawieszeniem długoterminowe wsparcie wymiany łożysk przegubów zawieszenia.[R10]

Praktyki te pokazują:

> **System przegubów jest obiektem obsługi w całym cyklu życia, a nie częścią, o której „zapomina się na zawsze” po montażu.**

1.1.4 Producent komponentu / łącznika: szybkość rozwoju i koordynacja interfejsów

Dla producenta łącznika lub komponentu złożoność tworzą:

- osie o różnych długościach;
- różne odsadzenia;
- tuleje dystansowe;
- podkładki;
- łożyska;
- uszczelnienia;
- wkładki gwintowane;
- części lewe i prawe;
- różne kolory i powłoki.

Gdy części są zarządzane przez różnych dostawców, koszt wynika nie tylko z ceny jednostkowej, lecz także z:

- koordynacji rewizji rysunku;
- komunikacji z dostawcami;
- kontroli wejściowej;
- MOQ;
- zapasu;
- pakowania;
- ryzyka braku części.

Model dostawy elementów systemu przegubów można zatem rozwinąć z zakupu pojedynczych części do:

> **Jednego systemu przegubów / jednego kontrolowanego BOM / jednego łańcucha identyfikowalności**

1.2 Uszkodzenie wywołuje „efekt zwielokrotnienia kosztu”

Problem małego, niedrogiego elementu może uruchomić następujący łańcuch:

Wada części
→ przeróbka
→ zatrzymanie linii
→ kwarantanna roweru
→ diagnostyka sprzedawcy
→ wymiana elementów złącznych
→ transport międzynarodowy
→ komunikacja z klientem
→ gwarancja
→ reputacja marki

Całkowity koszt posiadania nie powinien więc uwzględniać wyłącznie ceny zakupu części.

$$
\begin{aligned}
TCO = \\
C_{part} \\
+C_{assembly} \\
+C_{inspection} \\
+C_{inventory} \\
+C_{rework} \\
+C_{downtime} \\
+C_{warranty} \\
+C_{dealer} \\
+C_{logistics} \\
+C_{reputation}
\end{aligned}
$$

$C_{reputation}$ trudno dokładnie zmierzyć, ale jest to długoterminowy koszt, którego marki premium szczególnie chcą uniknąć.

1.3 Postępowanie z twierdzeniem „przeguby odpowiadają za 30–35% roszczeń gwarancyjnych dotyczących ram”

V1.0 przedstawiała makroskopowy udział 30–35%. Pierwsza kwerenda publiczna V2.0 **nie wykazała audytowalnej i publicznie weryfikowalnej globalnej bazy statystycznej marek MTB, która potwierdzałaby ten stały udział**.

Formalna V2.0 nie traktuje więc tej wartości jako faktu branżowego.

Zaleca się, aby każda marka opracowała własny:

Pareto gwarancji przegubów

Pola:

- Model
- Rok modelowy
- Położenie przegubu
- Tryb uszkodzenia
- PN elementu złącznego
- PN łożyska
- Przebieg / czas jazdy
- Środowisko
- Robocizna sprzedawcy
- Koszt wymiany
- Transport
- Przyczyna źródłowa
- Działanie korygujące

Tylko rzeczywiste dane eksploatacyjne i gwarancyjne mogą osiągnąć poziom E5.

Brama dowodowa rozdziału

Dowody zewnętrzne

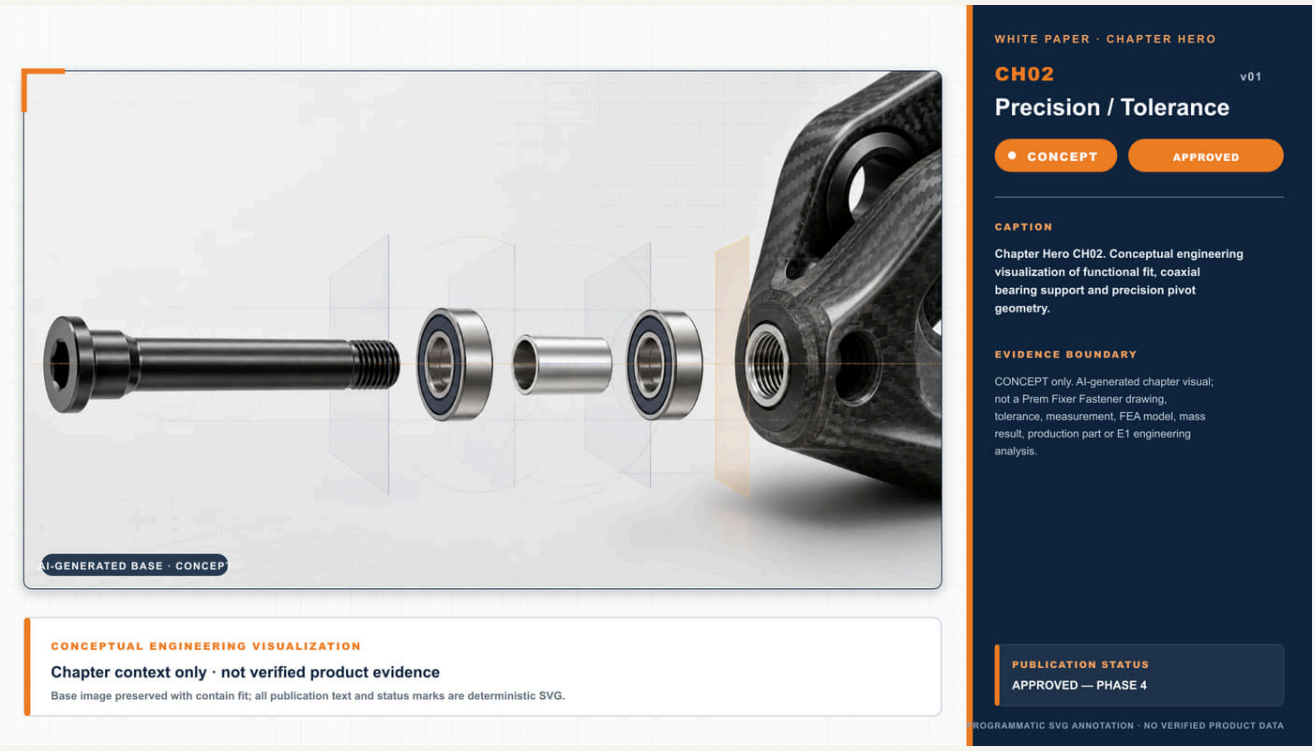
- Praktyka obsługi OEM: X3
- Polityka gwarancyjna: X3
- Przemysłowa praktyka stosowania zabezpieczeń wstępnie nanoszonych: X3

Brama weryfikacyjna PremFixer Fasteners

- Udział gwarancji: E0 / USUNĄĆ stałą wartość statystyczną
- Skrócenie czasu montażu: E0 / Wymagane badanie czasu
- Oszczędność TCO: E0-E1 / Wymagany model klienta

Rozdział 2: bezpieczeństwo konstrukcji, tolerancje, ścieżka obciążenia i redukcja masy

2. Integralność konstrukcji, inżynieria tolerancji i redukcja masy



CH02 · Ilustracja rozdziału — CH02. Koncepcyjna wizualizacja pasowania funkcjonalnego, współosiowego podparcia łożysk i precyzyjnej geometrii przegubu. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

2.1 Trzpień nie jest „wymiarem gładkiego pręta”, lecz elementem pasowania funkcjonalnego

Trzpień osi przegubu lub śruby z trzpieniem pasowanym zwykle zapewnia:

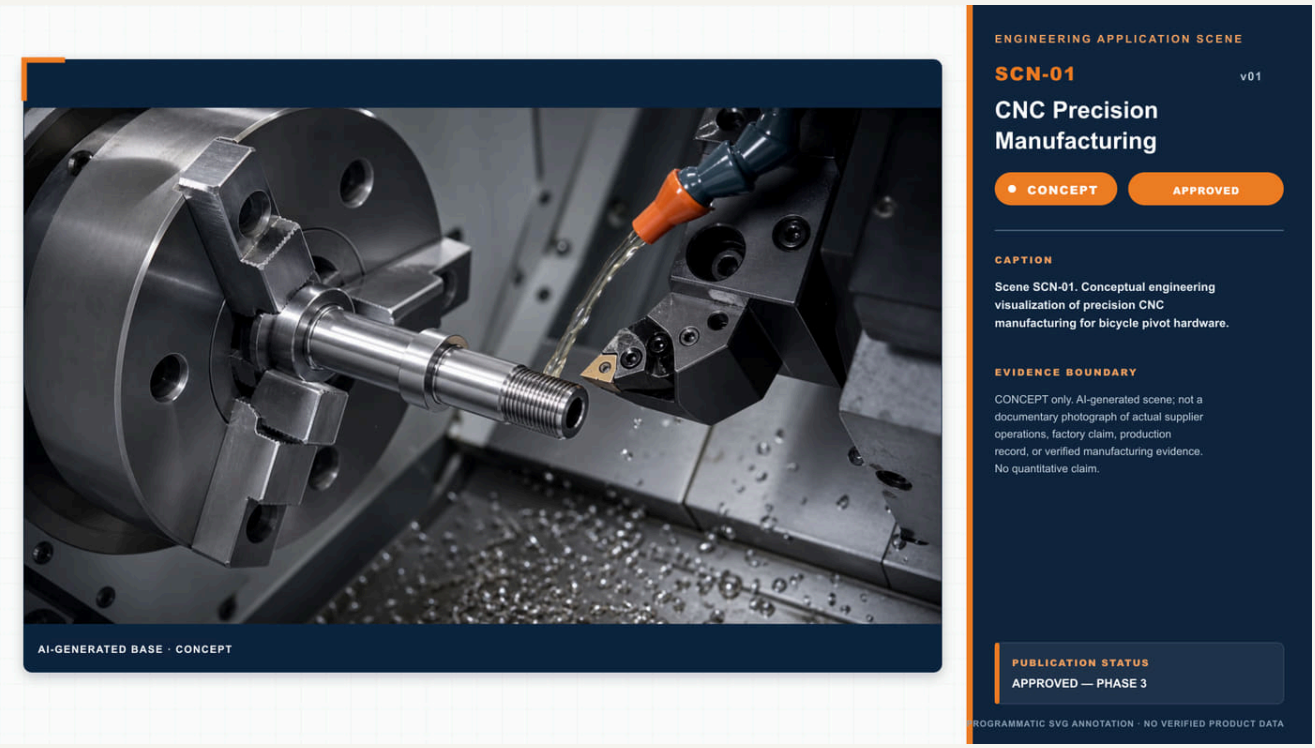
- ustalanie;
- podparcie pierścienia wewnętrznego łożyska;
- przenoszenie ścinania;
- zachowanie współosiowości;
- prowadzenie przy demontażu i montażu.

Jest zatem bliższy precyzyjnemu elementowi osiowemu niż typowej śrubie standardowej.

Materiały SKF uznają niewielki ruch względny między wałem lub otworem a pierścieniem łożyska za ważny mechanizm korozji ciernej i wskazują, że niedostateczne pasowanie, ugięcie wału i wady powierzchni sprzyjają temu uszkodzeniu.[R5][R6]

Oznacza to:

> **Tolerancji trzpienia nie można rozpatrywać niezależnie od średnicy wewnętrznej łożyska, tulei dystansowej, siły zacisku, wykończenia powierzchni i powłoki.**



SCN-01 · Scena zastosowania — SCN-01. Koncepcyjna wizualizacja precyzyjnej produkcji CNC elementów przegubów rowerowych. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

2.2 ±0.008 mm nie jest „normą branżową dla wszystkich przegubów”

Niektóre krytyczne interfejsy mogą wymagać wąskiej tolerancji, lecz „±0.008 mm” ma znaczenie dopiero po określeniu:

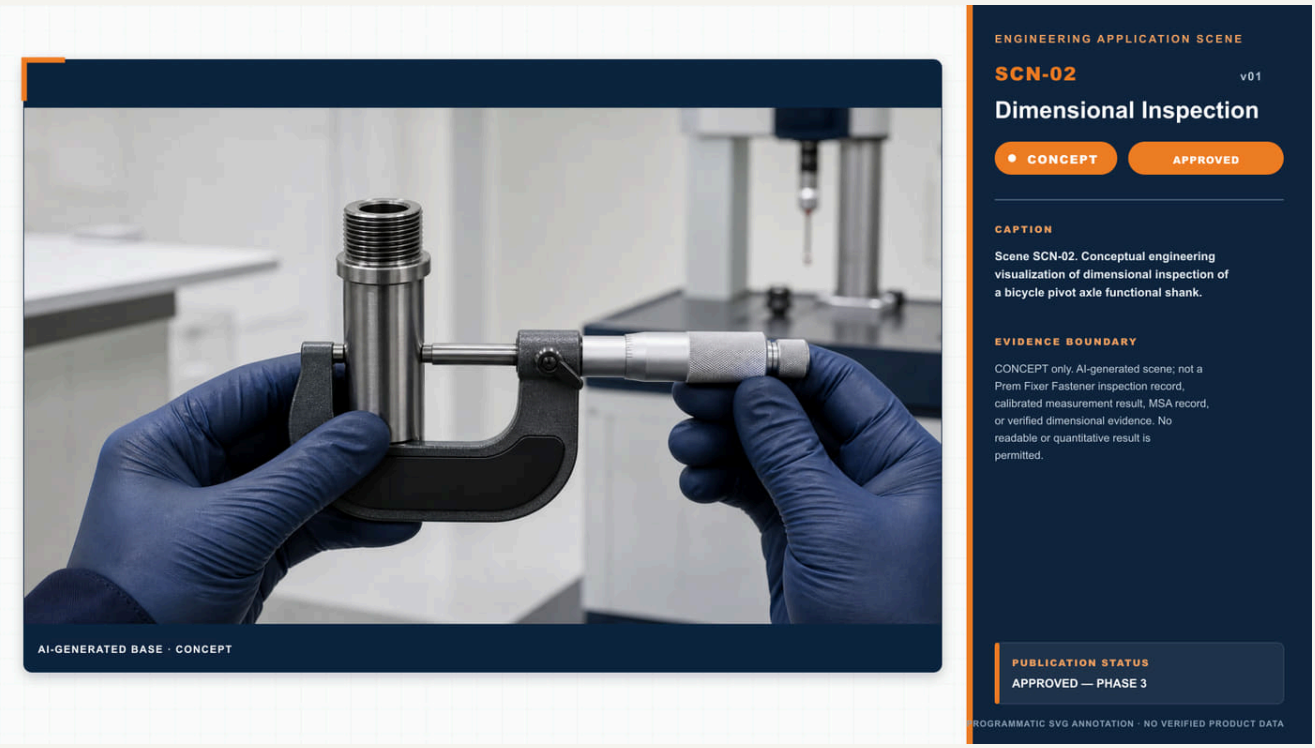
1. średnicy nominalnej;
2. specyfikacji łożyska lub tulei;
3. tolerancji części współpracującej;
4. grubości powłoki;
5. końcowego stanu pomiarowego;
6. temperatury;
7. zdolności systemu pomiarowego;
8. wymagań montażowych / serwisowych.

Zalecane sformułowanie V2.0:

> [PF-VERIFY] **Dla krytycznej cechy funkcjonalnego trzpienia wybranego reprezentatywnego SKU należy przyjąć tolerancję z rysunku klienta i zweryfikować rzeczywistą zdolność produkcji seryjnej za pomocą MSA + danych wymiarowych n≥30 + Cpk.**

Nie:

> „Każda śruba przegubowa ściśle utrzymuje tolerancję ±0.008 mm.”



SCN-02 · Scena zastosowania — SCN-02. Koncepcyjna wizualizacja kontroli wymiarowej funkcjonalnego trzpienia osi przegubu rowerowego. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

2.3 Stos tolerancji: zgodność wymiaru lokalnego nie oznacza zgodności systemu

Funkcja osiowa lub promieniowa systemu przegubów jest zwykle określana łącznie przez wiele wymiarów.

Uproszczone wyrażenie:

$$T_{system}=f(T_{shank},T_{bearing},T_{spacer},T_{frame},T_{coating},T_{assembly})$$

Należy jednocześnie uwzględnić:

- Stos tolerancji w najgorszym przypadku
- Statystyczny stos tolerancji

- Przyrost powłoki
- Luz wewnętrzny łożyska
- Równoległość tulei dystansowej
- Szerokość łącznika
- Grubość podkładki
- Długość stopnia

Zbyt krótka tuleja dystansowa może przekształcić montażowy moment dokręcania w niepożądane obciążenie boczne łożyska. Zbyt długi stopień może uniemożliwić uzyskanie oczekiwanej siły zacisku złącza.

Właściwe pytanie nie brzmi:

> „Czy każdy wymiar części jest zgodny?”

Lecz:

> **„Czy ścieżka obciążenia zamyka się prawidłowo po montażu?”**

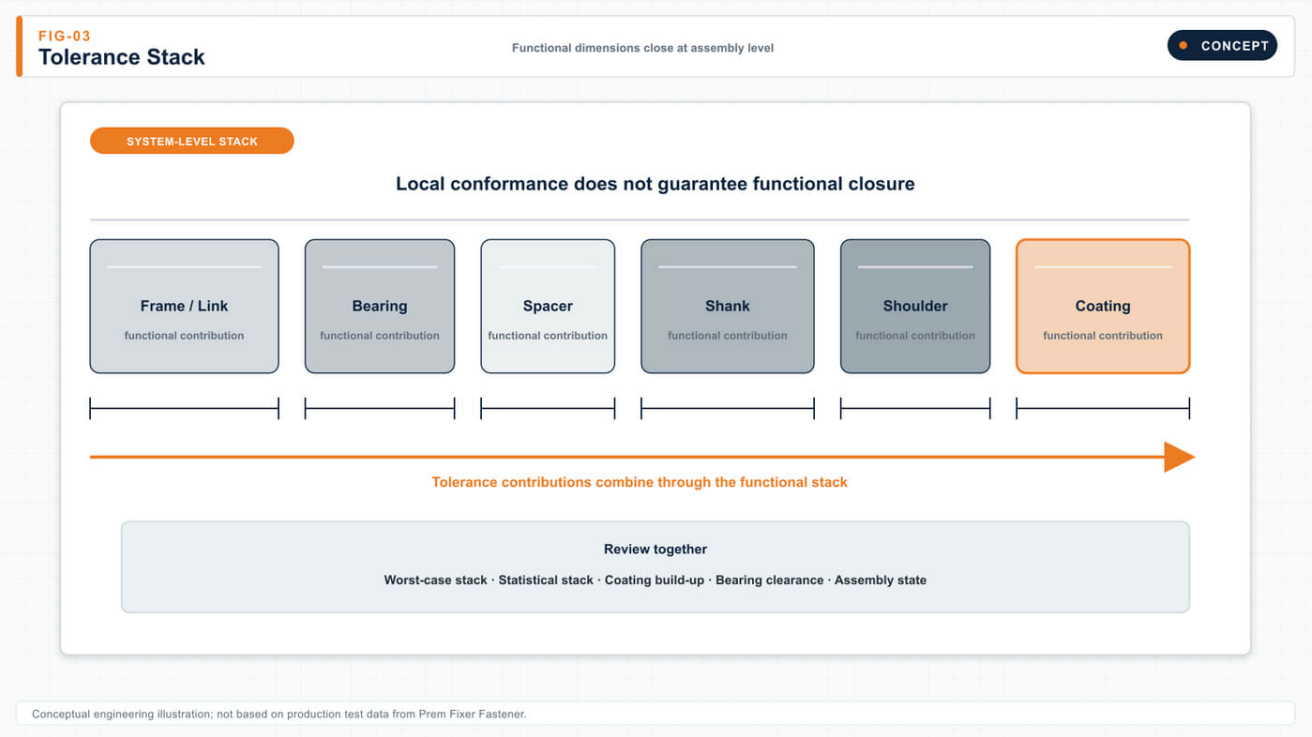


FIG-03 · Rysunek inżynierski — FIG-03. Składowe łańcucha tolerancji systemu: rama lub łącznik, łożysko, tuleja dystansowa, trzpień, stopień i powłoka. Ilustracja koncepcyjna bez wymiarów produkcyjnych. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

2.4 Przyrost powłoki musi być częścią projektu wymiarowego

Anodowanie, anodowanie twarde, galwanizacja, Zn-Ni, powłoka płatkowa cynku i PVD wpływają na:

- wymiar końcowy;
- chropowatość;
- pasowanie gwintu;
- tarcie;
- siłę zacisku;
- moment demontażu.

Proces projektowy musi więc przebiegać:

Końcowy wymiar funkcjonalny
→ Okno grubości powłoki
→ Wymiar docelowy obróbki
→ Powłoka
→ Kontrola końcowa

A nie:

Obróbka do wymiaru końcowego
→ Nałożenie powłoki
→ Nadzieja, że nadal pasuje

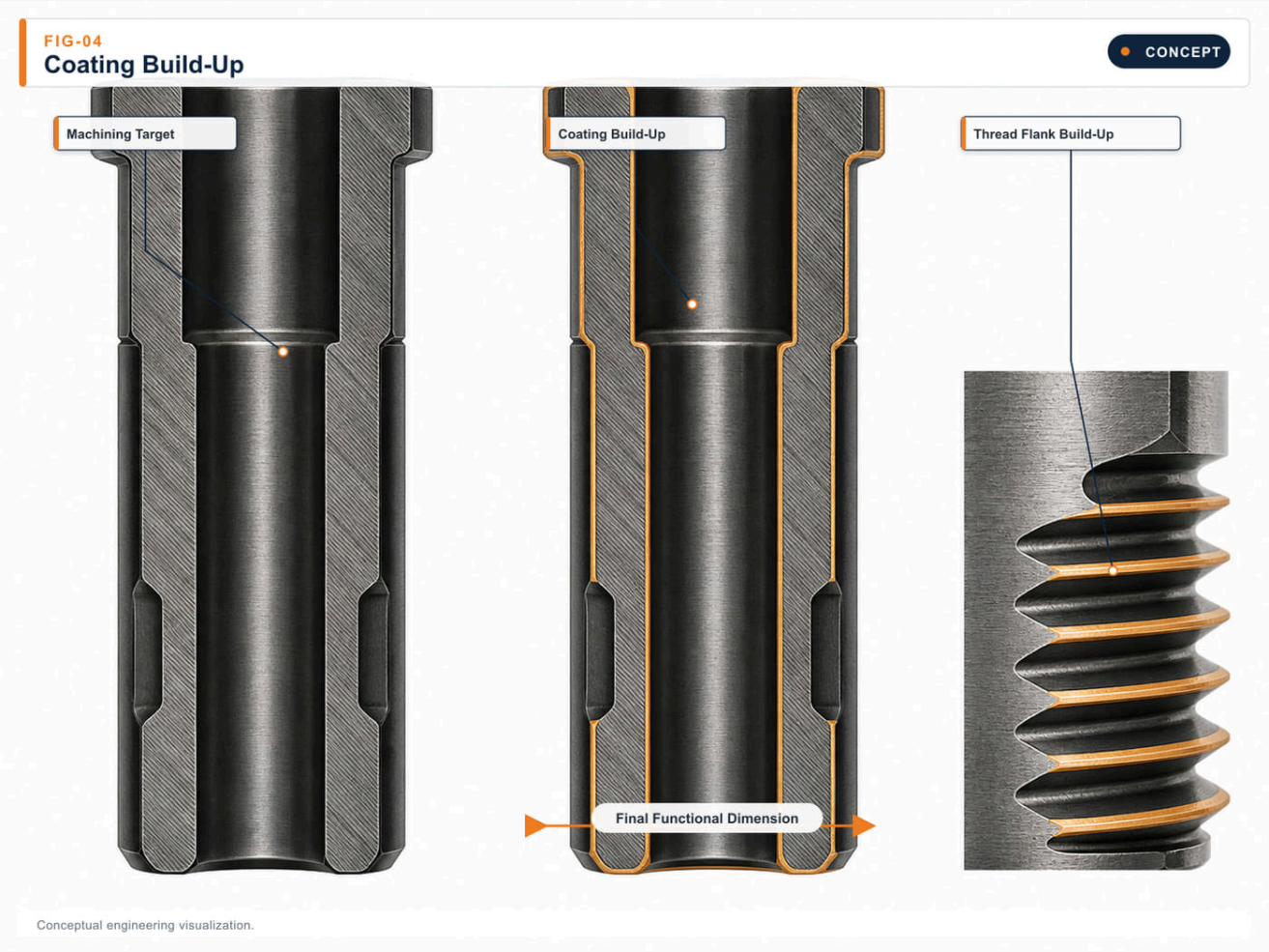


FIG-04 · Rysunek inżynierski — FIG-04. Przyrost grubości powłoki i końcowy wymiar funkcjonalny. Wizualizacja koncepcyjna, która nie oznacza określonej grubości ani zdolności produkcyjnej. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

2.5 GD&T: nie wolno pomijać współosiowości ani geometrii powierzchni podparcia

Badania złączy śrubowych wykazują, że nierównoległe powierzchnie podparcia wpływają na proces dokręcania i zachowanie siły napięcia wstępnego.[R4]

Zalecany przegląd elementów systemu przegubów obejmuje:

- oś trzpienia funkcjonalnego
- powierzchnia osadzenia łba
- powierzchnia oporowa stopnia
- oś gwintu
- powierzchnie tulei dystansowej
- gniazdo łącznika

Krytyczne CTQ mogą obejmować:

- Prostopadłość
- Bicie

- Położenie
- Płaskość
- Równoległość

Celem nie jest „skomplikowanie rysunku”, lecz zapisanie mierzalnym językiem geometrii, która rzeczywiście wpływa na ścieżkę obciążenia.

2.6 Ścieżka obciążenia i FEA: poza mapą maksymalnych naprężeń

Skuteczna analiza FEA przegubu musi określać:

- geometrię ramy / łącznika
- definicję kontaktu
- model łożyska
- siłę napięcia wstępnego śruby
- tarcie
- warunki brzegowe
- kierunek obciążenia
- przypadki udaru / hamowania / pedałowania
- materiał
- zbieżność siatki
- naprężenie lokalne w promieniu przejścia
- ryzyko na wybiegu gwintu

Badanie ramy zjazdowego roweru z pełnym zawieszeniem z 2022 r. omawia obciążenia symetryczne i asymetryczne, miejsca uszkodzeń oraz ulepszenia konstrukcji, pokazując, że rzeczywistych obciążeń ramy nie da się opisać jednym wyidealizowanym przypadkiem statycznym.[R7]

V2.0 nie opisuje więc „15 kN” jako uniwersalnego obciążenia standardowego przegubu.

Właściwe sformułowanie:

> [MODEL] **W równoważnych przypadkach obciążenia zdefiniowanych przez klienta należy porównać naprężenia, przemieszczenia i margines bezpieczeństwa konstrukcji bazowej oraz zoptymalizowanej; końcową trwałość systemu potwierdza walidacja na poziomie złącza i ramy.**

2.7 Promień przejścia, wybieg gwintu i koncentracja naprężeń

Typowe obszary wysokiego ryzyka:

- Przejście łba w trzpień
- stopień trzpienia
- Zakończenie otworu drążonego

- wybieg gwintu
- Mały przekrój w pobliżu gniazda napędowego

Środki optymalizacji:

- odpowiedni promień przejścia;
- unikanie nagłych stopni;
- przeniesienie głównej płaszczyzny ścinania poza obszar gwintu;
- optymalizacja zakończenia otworu drążonego;
- kontrola śladów obróbki.

Każda liczba typu „spadek naprężenia o 22%” musi być powiązana z:

- geometrią bazową
- geometrią zoptymalizowaną
- obciążeniem
- siatką
- materiałem
- raportem FEA

W przeciwnym razie pozostaje wyłącznie [TARGET].

2.8 Walcowanie gwintu i zmęczenie: podstawa naukowa nie uprawnia do nadmiernej ekstrapolacji

Badanie z 2025 r. porównało gwinty skrawane, walcowane i głęboko walcowane na próbkach 42CrMo4+QT, M12. W określonych warunkach odnotowano większą wytrzymałość zmęczeniową gwintu walcowanego i powiązano ją z naprężeniami resztkowymi, stanem powierzchni i twardością.[R3]

Wynik wspiera stwierdzenie:

> **Sposób wytwarzania gwintu może istotnie wpływać na trwałość zmęczeniową.**

Nie pozwala jednak napisać:

> „Gwint walcowany PremFixer Fasteners zwiększa trwałość zmęczeniową o XX%.”

Aby ustanowić takie twierdzenie, PremFixer Fasteners musi objąć badaniem:

- dokładny materiał
- obróbkę cieplną
- dokładną geometrię gwintu
- próbki z gwintem skrawanym i walcowanym

- stan powierzchni i naprężenia resztkowe, jeśli możliwe
- próbę zmęczeniową
- miejsce uszkodzenia

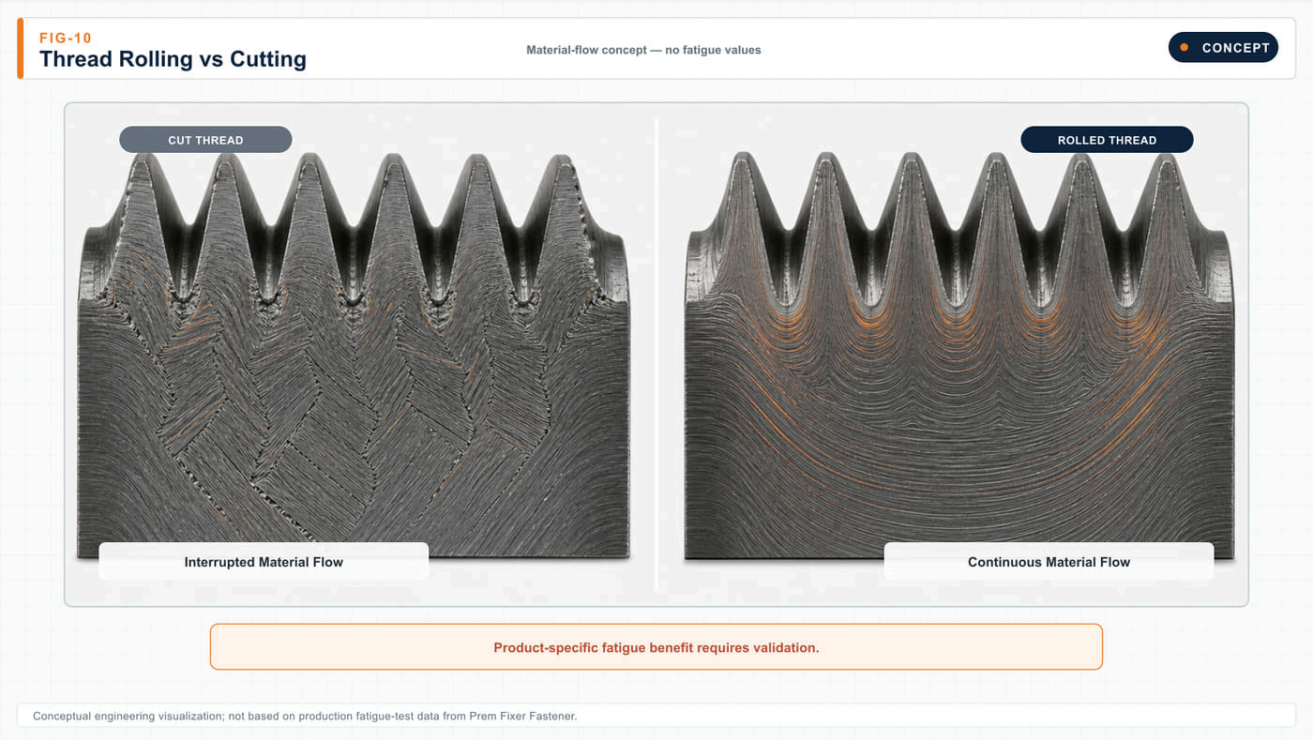


FIG-10 · Rysunek inżynierski — FIG-10. Koncepcyjne porównanie przerwanego przepływu materiału w gwincie skrawanym i ciągłego przepływu w gwincie walcowanym. Korzyść zmęczeniowa konkretnego produktu wymaga walidacji. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

2.9 Ekonomika masy: redukcja masy to nie tylko „drążenie”

Wartość redukcji masy wynika z:

- konkurencyjnej masy kompletnego roweru;
- tabeli specyfikacji;
- różnicowania modeli premium;
- narracji marketingowej;
- postrzegania przez rowerzystę;
- integracji komponentów.

Granica inżynierska jest następująca:

$$\text{Minimum Mass}$$
$$\quad \text{subject to} \quad$$
$$\text{Strength, Fatigue, Clamp, Service, Corrosion Constraints}$$

Konstrukcja drążona wymaga sprawdzenia:

- pozostałej grubości ścianki
- nośności na ścinanie
- nośności na rozciąganie
- trwałości zmęczeniowej
- wyboczenia i stabilności lokalnej
- nośności momentowej gniazda napędowego
- zmienności produkcyjnej
- naddatku korozyjnego

Korekta przykładowego obliczenia

Jeśli bazowy BOM przegubów ma 180 g, a po optymalizacji 95 g:

$$\frac{180-95}{180}=47.2\%$$

Nie można tego opisać jako „redukcji o 35%”.

Aby twierdzić 35%:

$$180\times(1-0.35)=117g$$

V2.0 wymaga podwójnego przeglądu matematycznego i dowodowego każdej publikowanej wartości procentowej.

Brama dowodowa rozdziału

Dowody zewnętrzne

- Mechanizm frettingu łożyska: [R5][R6]
- Wpływ nierównoległej powierzchni podparcia: [R4]
- Badania obciążeń ramy z pełnym zawieszeniem: [R7]
- Badania zmęczenia według sposobu wytwarzania gwintu: [R3]

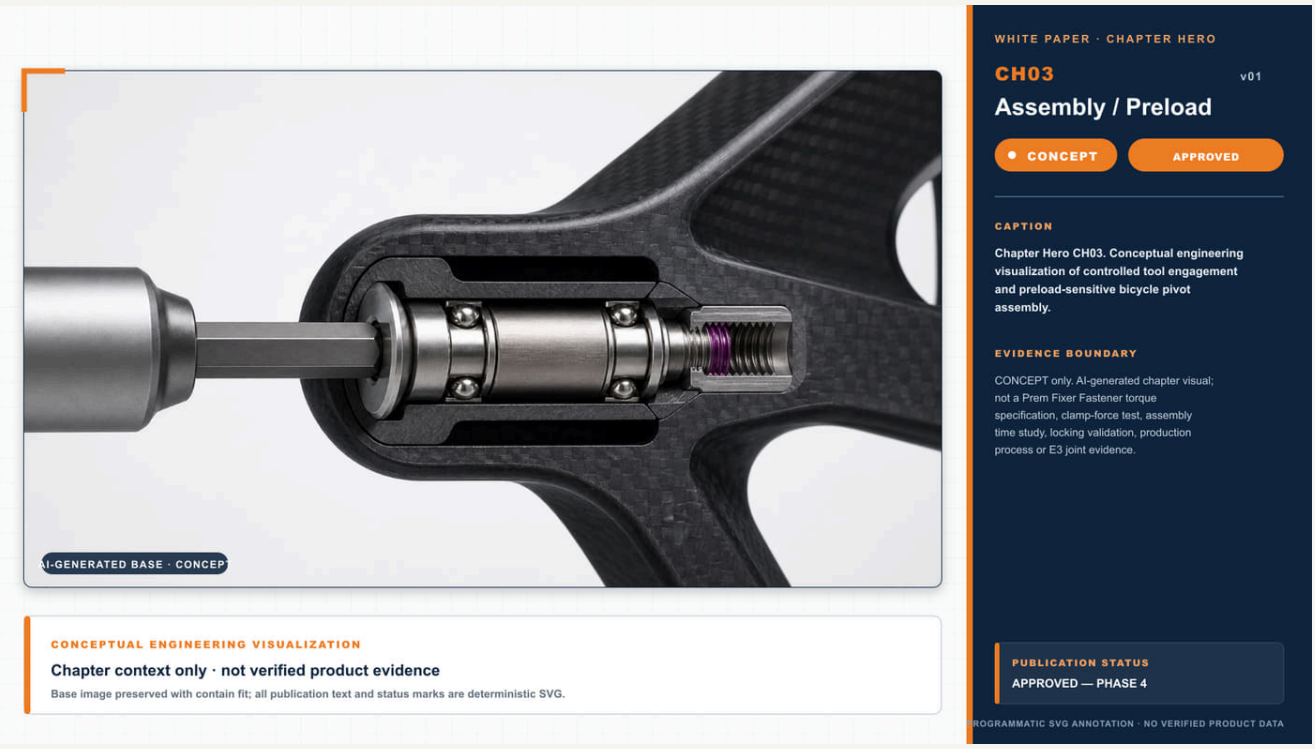
PremFixer Fasteners

- Zdolność trzpienia: PF-PIVOT-C02-001 / E0 → MSA + Cpk
- Przyrost powłoki: C02-003 / E0 → pomiar sparowany
- Ilościowa poprawa FEA: C02-006 / E0-E1
- Redukcja masy: C02-007/008 / E0 → rzeczywista masa BOM
- Korzyść zmęczeniowa walcowania: C08-007 / E0 → własne dane zmęczeniowe

---

Rozdział 3: wydajność montażu, zależność momentu dokręcania od siły zacisku i dynamiczne zabezpieczenie przed luzowaniem

3. Wydajność montażu, kontrola siły napięcia wstępnego i zabezpieczenie



CH03 · Ilustracja rozdziału — CH03. Koncepcyjna wizualizacja kontrolowanego zazębienia narzędzia i montażu przegubu wrażliwego na siłę napięcia wstępnego. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

3.1 Fakt inżynierski: moment dokręcania jest jedynie wejściem procesu

Główną funkcją momentu montażowego w złączu gwintowanym jest ustanowienie siły zacisku.

Uproszczona zależność:

$$T=KFd$$

Gdzie:

- T: moment dokręcania
- F: siła zacisku / siła napięcia wstępnego
- d: średnica nominalna

- K: łączny wpływ tarcia

K nie jest stałą materiałową.

Wpływają na niego:

- tarcie gwintu
- tarcie pod łbem / na powierzchni oporowej
- powłoka
- środek smarny
- środek zabezpieczający gwint
- chropowatość powierzchni
- wielokrotne dokręcanie
- materiał współpracujący
- prędkość montażu

Badanie Croccolo i in. dotyczące zależności momentu dokręcania od siły napięcia wstępnego podkreśla znaczenie współczynnika tarcia dla uzyskiwania siły napięcia wstępnego.[R2] ISO 16047 zapewnia znormalizowane ramy badania zależności momentu dokręcania od siły zacisku w gwintowanych elementach złącznych.[R17]

Dlatego:

> **„10 N·m” nie jest parametrem złącza, lecz instrukcją procesu zależną od tarcia.**

3.2 Optymalne okno zacisku

Niedostateczny zacisk

Możliwe skutki:

- Mikropoślizg złącza
- Samoluzowanie
- Zużycie frettingowe
- trzask
- Ruch pierścienia łożyska
- zużycie otworu

Nadmierny zacisk

Możliwe skutki:

- Opór łożyska
- Ściskanie tulei dystansowej
- lokalne przeciążenie włókna węglowego lub wkładki
- Zerwanie gwintu

- Uplastycznienie elementu złącznego
- Utrudniony demontaż

Cel

Należy ustanowić:

> **Moment dokręcania → Rozkład siły zacisku → Okno funkcjonalne złącza**

Nie zaś stosować zasadę „im większy moment, tym bezpieczniej”.

Badania publiczne wskazują różne granice ryzyka luzowania, przeciążenia i zmęczenia dla zbyt małej i zbyt dużej siły napięcia wstępnego.[R1]

FIG-05 · Rysunek inżynierski — FIG-05. Koncepcyjne okno zależności momentu dokręcania od siły zacisku. Przedstawia wyłącznie relację, bez serii pomiarowej, wartości momentu ani wyniku siły zacisku. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

3.3 Zmiana powłoki lub smarowania wymaga ponownej walidacji momentu dokręcania

Jeżeli w łańcuchu dostaw nastąpi zmiana:

- Zn → Zn-Ni
- Na sucho → ze smarowaniem
- Bez powłoki zabezpieczającej → Wstępnie naniesiona powłoka zabezpieczająca

- Tytan montowany na sucho → środek przeciwzatarciowy
- Zmieniona powierzchnia podkładki
- Inna wkładka z gwintem wewnętrznym

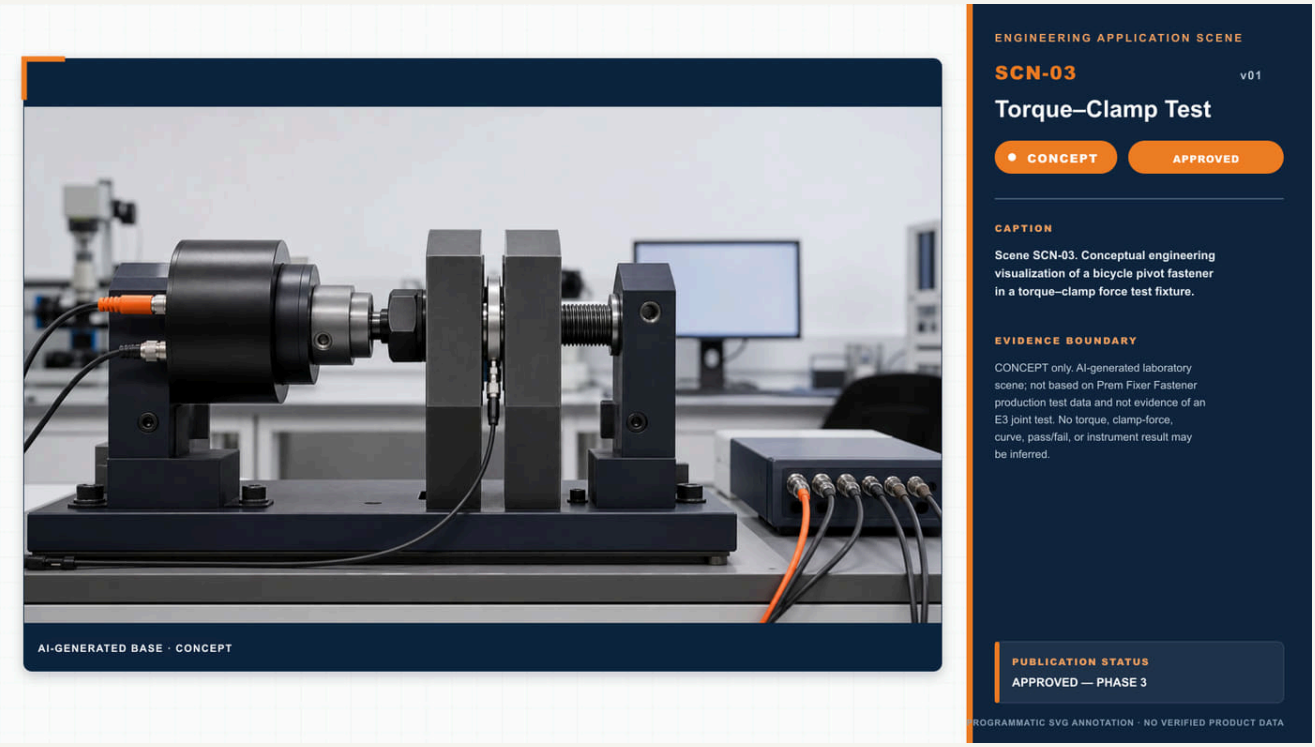
poprzedniej wartości momentu dokręcania nie należy stosować automatycznie.

V2.0 zaleca:

Badanie odbiorcze zależności momentu dokręcania od siły zacisku

Minimalny zakres wyników:

- Średnia siła zacisku
- Minimum / maksimum
- Rozrzut
- Krzywa momentu dokręcania
- moment demontażu
- Tryb uszkodzenia



SCN-03 · Scena zastosowania — SCN-03. Koncepcyjna wizualizacja elementu złącznego przegubu na stanowisku do badania zależności momentu dokręcania od siły zacisku. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

3.4 Geometria gniazda napędowego: interfejs montażowy, nie stylistyka

Parametry wewnętrznego sześciowypustowego lub sześciokątnego gniazda napędowego zależą od:

- głębokości

- zbieżności
- geometrii naroży
- współosiowości
- zadziorów
- twardości
- zazębienia narzędzia

Zalecana walidacja:

Graniczny moment niszczący gniazdo napędowe

Porównanie:

- Nowa końcówka narzędzia
- Zużyta końcówka
- moment nominalny
- Margines przeciążenia momentem
- Niewielka niewspółosiowość

„Wskaźnik uszkodzenia gniazda ≤0.05%” nie może być stałym twierdzeniem bez źródła.

Jeżeli ma pozostać:

> [PF-VERIFY] **Należy go dowieść rzeczywistymi danymi PPM montażu.**

3.5 Wstępnie naniesiony środek zabezpieczający gwint: od substancji chemicznej do interfejsu procesu

Publiczne materiały Henkel pokazują, że wstępnie naniesiony, suchy w dotyku środek zabezpieczający gwint można nanieść przed wejściem śruby na linię montażową, eliminując dodatkowy etap nanoszenia. Niektóre produkty mikrokapsułkowe uwalniają aktywne składniki mechanicznie podczas montażu.[R13][R14]

Wartość można podzielić na:

Wartość procesu

- mniej czynności pobierania cieczy;
- standaryzacja ilości kleju;
- mniej pominięć;
- mniej zanieczyszczeń przez wyciek;
- lepsza zgodność z automatyzacją.

Wartość złącza

- zachowanie zabezpieczenia;

- pewien poziom uszczelnienia;
- zmiana stanu tarcia.

Nie jest to tylko:

> „Naniesienie klientowi warstwy niebieskiego kleju.”

Lecz:

> **Kontrolowany proces, który należy uwzględnić w zasadach zależności momentu dokręcania od siły zacisku, okresu trwałości, długości naniesienia i ponownego użycia.**

3.6 „1,5–2 minuty oszczędności na rower” wymaga badania czasu

Publiczne materiały mogą wykazać:

> Wstępnie nanoszony środek eliminuje osobne nanoszenie kleju na stanowisku.[R13]

Rzeczywista oszczędność taktu zależy od:

- liczby obrabianych części na rower;
- układu linii;
- położenia butelki lub dozownika;
- ruchu operatora;
- kontroli;
- wycierania i czyszczenia;
- przeróbek.

Formalne sformułowanie V2.0:

> [PF-VERIFY] **PremFixer Fasteners ustali rzeczywistą korzyść dla taktu poprzez badanie czasu na tym samym stanowisku, porównujące ręczne nanoszenie płynnego środka z zabezpieczeniem wstępnie naniesionym.**

3.7 Obciążenie poprzeczne i dynamiczne samoluzowanie

Badania samoluzowania gwintowanych elementów złącznych od dawna koncentrują się na cyklicznym obciążeniu poprzecznym. Badanie Yang i in. wskazuje, że siła napięcia wstępnego jest istotną zmienną wpływającą na luzowanie i zmęczenie oraz że istnieje ważna zależność między obciążeniem poprzecznym a uszkodzeniem wskutek luzowania.[R1]

Formalny zakres ISO 16130:2015 dotyczy dynamicznego badania zachowania zabezpieczenia połączeń śrubowych serii lotniczej pod obciążeniem poprzecznym, głównie w pracach rozwojowych.[R18]

Właściwe zastosowanie w V2.0:

> **Wykorzystać koncepcję porównawczej próby drgań poprzecznych do zdefiniowania własnego oprzyrządowania, przemieszczenia, częstotliwości, początkowej siły zacisku i kryteriów akceptacji projektu rowerowego.**

Nie należy pisać:

> „Śruba przegubowa do roweru ma certyfikat ISO 16130.”

3.8 3000 cykli / ≤5% nie jest stałym wnioskiem branżowym

PremFixer Fasteners może w przyszłości wybrać jako cele wewnętrzne:

- 3000 cykli
- pozostała siła zacisku ≥95%

Muszą jednak być związane z:

- elementem złącznym
- złączem
- początkową siłą zacisku
- przemieszczeniem
- częstotliwością
- powłoką
- środkiem zabezpieczającym gwint
- oprzyrządowaniem
- liczebnością próby

Końcowy format publikacji:

> „W zdefiniowanych warunkach próby drgań poprzecznych wariant B zachował X% początkowej siły zacisku po N cyklach, a wariant bazowy A — Y%.”

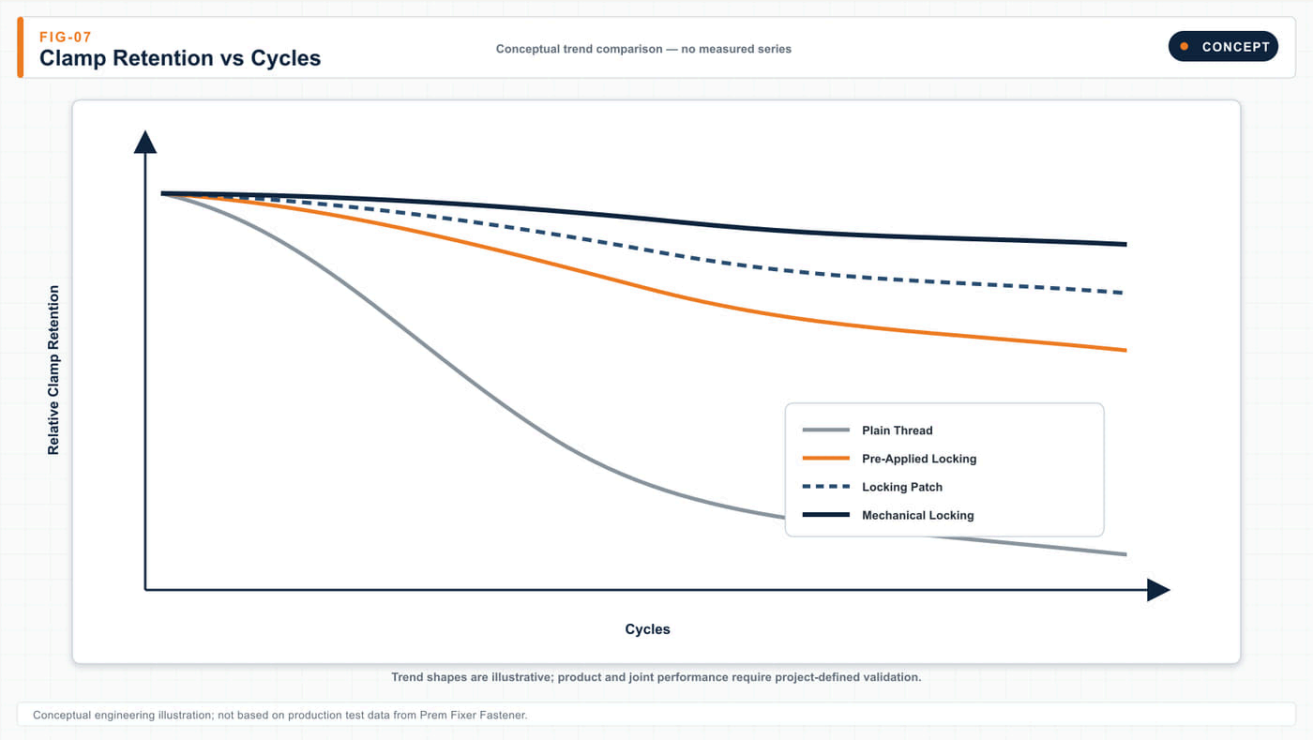


FIG-07 · Rysunek inżynierski — FIG-07. Koncepcyjne porównanie trendu utrzymania zacisku. Krzywe są ilustracyjne i nie zawierają zmierzonej liczby cykli, wyniku retencji ani twierdzenia produktowego. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

3.9 Wielokrotny demontaż: pierwszy moment nie reprezentuje ósmego cyklu

Badania wielokrotnego dokręcania wykazują zmianę współczynnika tarcia podczas kolejnych montaży.[R15]

Twierdzenie „obsługuje 5–8 cykli montażu” wymaga zdefiniowania:

- technologii zabezpieczenia
- liczby cykli
- momentu montażowego
- momentu odkręcania
- momentu oporowego
- stanu gwintu
- zużycia powłoki
- kryteriów akceptacji funkcjonalnej

Dla często serwisowanego MTB zaleca się co najmniej:

Porównanie cyklu 1 / 3 / 5 / 8

Ostateczną liczbę cykli określa wymaganie projektu, nie slogan marketingowy.

3.10 Praktyka OEM: jedna rama nie oznacza „jednego kleju i jednego momentu”

Publiczny schemat elementów złącznych Mach 429 SL V3 firmy Pivot Cycles pokazuje różne rozwiązania zależnie od położenia:

- smar
- środek zabezpieczający gwint
- smar na trzpieniu śruby + środek zabezpieczający na gwincie
- środek przeciwzatarciowy
- środek ustalający
- wartości momentu dokręcania

Na przykład elementy M8 górnego łącznika lub amortyzatora i elementy M14 dolnego łącznika wymagają odmiennych momentów dokręcania i odmiennego przygotowania interfejsu.[R8]

Ta praktyka wspiera ważny wniosek V2.0:

> **Specyfikacja odbiorcza złącza musi jednocześnie definiować przygotowanie trzpienia, przygotowanie gwintu i moment dokręcania; sam rysunek śruby nie wystarcza.**

3.11 Arkusz specyfikacji montażu przegubu

Zalecany wynik dla każdego projektu klienta:

```
Położenie przegubu:
PN elementu złącznego:
Rewizja rysunku:
Łożysko:
Tuleja dystansowa:
Gwint wewnętrzny:
Materiał elementu złącznego:
Powłoka:
Smarowanie osi:
Smarowanie gwintu:
Środek blokujący gwint:
Środek przeciw zatarciu:
Środek ustalający:
Moment montażowy:
Tolerancja momentu:
Docelowy zacisk:
Moment demontażu:
Reguła ponownego użycia:
Reguła wymiany:
```

Brama dowodowa rozdziału

Dowody zewnętrzne

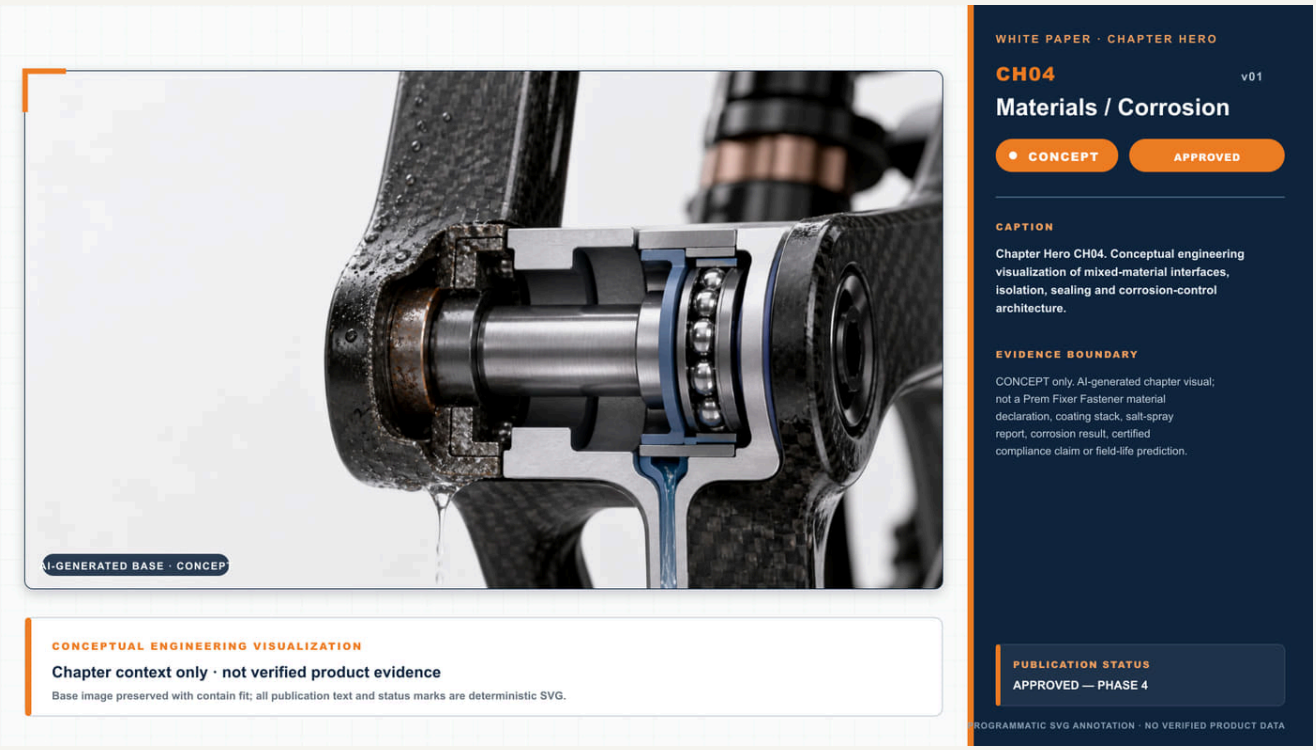
- Siła napięcia wstępnego / luzowanie: [R1]
- Moment dokręcania / tarcie: [R2][R17]
- Wielokrotne dokręcanie: [R15]
- Wstępnie nanoszone zabezpieczenie gwintu: [R13][R14]
- Przygotowanie montażowe OEM: [R8]
- Zakres ISO 16130: [R18]

PremFixer Fasteners

- Zależność momentu dokręcania od siły zacisku: C03-007 / E0 → T08
- Oszczędność taktu: C03-004 / E0 → Badanie czasu
- Drgania: C03-008 / E0 → T11
- Cykle ponownego użycia: C03-009 / E0 → T10
- Wskaźnik wad gniazda napędowego: C03-002 / E0 → PPM produkcyjne

Rozdział 4: materiałoznawstwo, inżynieria powierzchni i korozja

4. Materiały, inżynieria powierzchni i ochrona przed korozją



CH04 · Ilustracja rozdziału — CH04. Koncepcyjna wizualizacja interfejsów mieszanych materiałów, izolacji, uszczelnienia i architektury kontroli korozji. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

4.1 Dobór materiału nie jest „rankingiem wytrzymałości”

Dobór materiału przegubu powinien mieć postać:

f(
Strength,
Fatigue,
Density,
Corrosion,
Galling,
Coating,
Manufacturability,
Cost,

Serviceability
)

Nie istnieje więc jeden materiał zawsze optymalny dla wszystkich rowerów.

4.2 Aluminium 7075-T6: wartość i granice redukcji masy

Odpowiedni do:

- zastosowań wrażliwych na masę
- większych przekrojów
- konstrukcji osi drążonych
- lekkich konstrukcji premium

Jego zastosowanie wymaga uwzględnienia:

- przyrostu warstwy obróbki powierzchniowej
- wytrzymałości gwintu
- trwałości zmęczeniowej
- lokalnego nacisku łożyska
- korozji na interfejsach
- uszkodzeń serwisowych

Właściwy przekaz nie brzmi:

> „Aluminium lotnicze, więc na pewno bezpieczne.”

Lecz:

> **Uzyskanie wymaganej zdolności konstrukcyjnej przy niższej gęstości, w zdefiniowanej geometrii i warunkach walidacji.**

4.3 Ti-6Al-4V / klasa 5: premium nie oznacza braku konserwacji

Zalety stopu tytanu:

- Wysoka wytrzymałość właściwa
- Odporność na korozję
- Pozycjonowanie materiału premium

Badania tribologiczne wskazują jednak, że tytan jest podatny na tarcie i zatarcie, a sposób smarowania znacząco wpływa na oba te zjawiska.[R12]

Dlatego:

> **„Tytan odporny na korozję” nie oznacza, że „gwinty tytanowe należy montować na sucho”.**

Należy zweryfikować:

- Środek smarny / środek przeciwzatarciowy
- powłokę
- Materiał gwintu wewnętrznego
- prędkość montażu
- zależność momentu dokręcania od siły zacisku
- moment demontażu
- powtarzane cykle

4.4 Stal stopowa: często pomijana kruchość wodorowa

Stal wysokowytrzymała oferuje świetną sprawność przekroju, lecz podczas galwanizacji wymaga kontroli kruchości wodorowej.

ISO 4042:2022 określa wymagania dotyczące galwanizowanych stalowych elementów złącznych, w tym ograniczania ryzyka kruchości wodorowej; ISO 4042:2022/Amd 1:2026 wydano w 2026 r.[R20][R21]

Ponadto:

- ISO 15330 zapewnia metodę próby obciążenia wstępnego służącej wykrywaniu kruchości wodorowej.[R22]
- ISO/TR 20491 opisuje podstawy kruchości wodorowej stalowych elementów złącznych.[R23]

Odbiór stalowego elementu przegubu nie może opierać się wyłącznie na:

> Twardość + Próba w mgle solnej.

Należy ocenić:

- Gatunek stali
- UTS / twardość
- Czyszczenie / trawienie
- Przebieg procesu galwanizacji
- Czas do wygrzewania (jeśli dotyczy)
- Proces wygrzewania (jeśli dotyczy)
- Nadzór dostawcy
- Identyfikowalność partii
- metodę wykrywania / walidacji

4.5 Stal nierdzewna: należy podawać konkretny gatunek i klasę własności

ISO 3506-1:2020 klasyfikuje właściwości mechaniczne i fizyczne odpornych na korozję śrub, wkrętów i śrub dwustronnych ze stali nierdzewnej.[R25]

Nie należy pisać tylko:

> „Śruba przegubowa ze stali nierdzewnej”

Należy określić:

- dokładny gatunek
- klasę własności
- gwint
- stan po obróbce plastycznej na zimno / cieplnej
- środowisko korozyjne
- skłonność do zatarcia

4.6 Powłoka jest systemem wielu celów, nie tylko kolorem

Inżynieria powierzchni wpływa jednocześnie na:

- korozję
- tarcie
- Zużycie
- Wygląd
- Wymiar
- Pasowanie gwintu
- zależność momentu dokręcania od siły zacisku
- Demontaż
- zgodność chemiczna

ISO 4042 dotycząca galwanizowanych stalowych elementów złącznych obejmuje nie tylko korozję, lecz także wymiary, warstwę nawierzchniową, środek smarny i ryzyko kruchości wodorowej.[R20]

ISO 10683:2018 dotyczy nieelektrolitycznie nanoszonych systemów powłok z płatków cynku na stalowych elementach złącznych.[R24]

4.7 Próba w mgle solnej: cenna, lecz często nadużywana

Opis ISO 9227 jest jednoznaczny.

Metody mgły solnej mogą:

- sprawdzać utrzymanie jakości ochronnej;

- wykrywać wady powłoki.

Nie powinny jednak:

- służyć do prostego długoterminowego rankingu różnych materiałów;
- przewidywać długoterminowej rzeczywistej trwałości korozyjnej.[R19]

Należy usunąć stwierdzenie:

> „200 godzin mgły solnej = dwa lata jazdy.”

4.8 Nowy raport z 2026 r. o badaniu śrub w mgle solnej: ISO/TR 19852

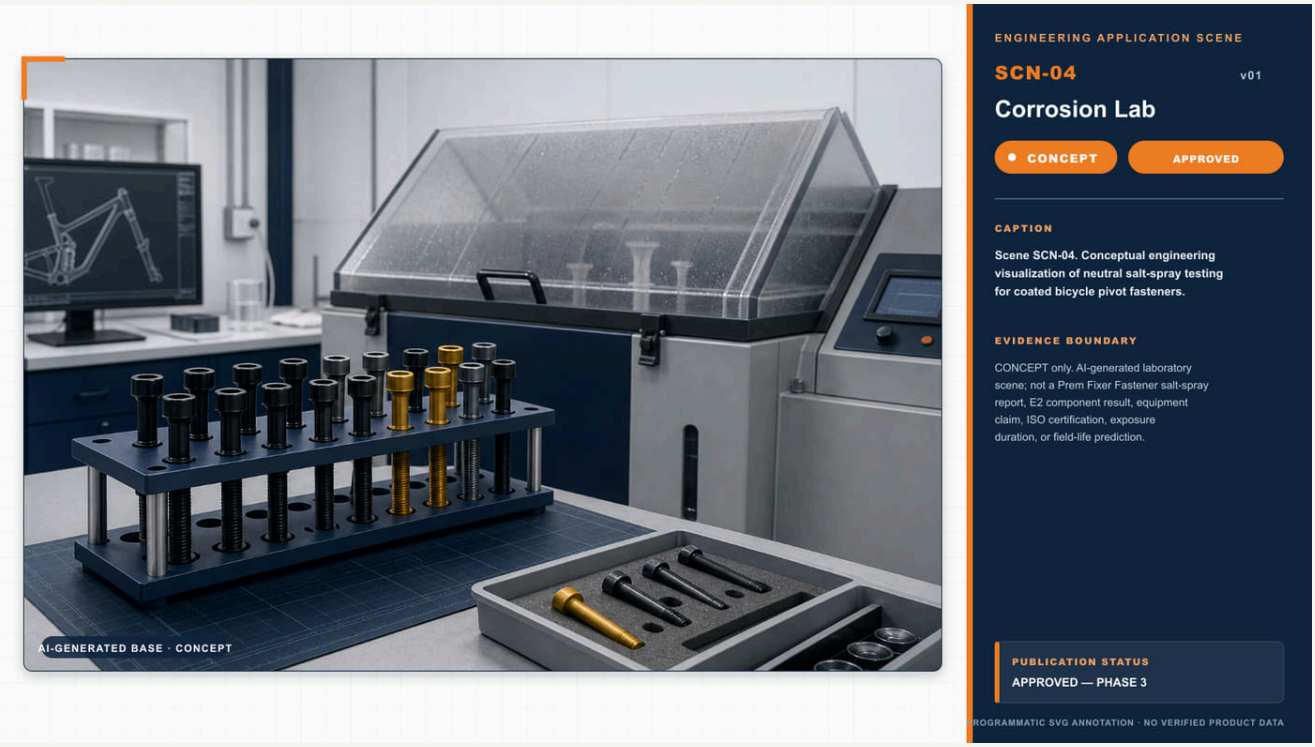
ISO/TR 19852:2026 opisuje międzylaboratoryjne badanie obojętnej mgły solnej na powlekanych śrubach M6×50, rejestrujące szary nalot, białą i czerwoną korozję oraz oceniające odtwarzalność między laboratoriami.[R26]

Znaczenie dla białej księgi:

> **Sam raport z mgły solnej również wymaga „dowodu jakości badania”.**

Przyszły pakiet dowodowy badania w mgle solnej PremFixer Fasteners powinien rejestrować:

```
Laboratorium:
Komora:
Materiał bazowy:
Powłoka:
Przygotowanie:
Grubość:
Rodzaj próby:
Temperatura:
Warunki pH / zbierania:
Liczba próbek:
Orientacja:
Interwał kontroli:
Kryterium białej korozji:
Kryterium czerwonej korozji:
Nr raportu:
```



SCN-04 · Scena zastosowania — SCN-04. Koncepcyjna wizualizacja neutralnej mgły solnej dla powlekanych elementów przegubu. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

4.9 Tradycyjne czernienie a powłoka wysokowydajna: bez bezwarunkowych deklaracji liczby godzin

V1.0 używała:

> Czernienie <24 h
> Powłoka wysokiej klasy 96–200 h

V2.0 zastępuje to:

> **Równoległą próbą konkretnych układów powłok na tym samym podłożu, przy tej samej geometrii próbek i według tej samej metody ISO 9227.**

Jeśli przyszłe wyniki wyniosą:

- A = 24 h
- B = 192 h

publikacja powinna podać:

> **„W tej konkretnej próbie..."**

Bez uogólniania na wszystkie powłoki oksydowane na czarno lub PVD.

4.10 Korozja cykliczna: narzędzie rozwoju bliższe rzeczywistości

Środowisko MTB to zwykle:

Mokro → Błoto → Sucho → Mycie → Sól → Zmiana temperatury → Drgania

Projekty premium mogą więc definiować cykliczną próbę środowiskową.

System ISO obejmuje próby cykliczne z etapami mokrymi, mgłą solną, suszeniem i wilgocią, służące ocenie właściwości powłoki w złożonych warunkach.[R27]

Projekt rowerowy powinien ustalić cykl właściwy dla zastosowania na podstawie:

- regionu użytkowania
- ekspozycji na sól zimową
- praktyki mycia
- wilgotności
- narażenia na błoto

4.11 CFRP + aluminium: korozja galwaniczna w DFM przegubu

Badania wskazują, że CFRP i aluminium w obecności elektrolitu tworzą silną parę galwaniczną, przyspieszając korozję aluminium.[R11]

Jest to ważne w karbonowym MTB premium, gdzie współistnieją:

- Rama karbonowa
- Łącznik aluminiowy / wkładka
- Elementy złączne z tytanu / stali
- łożysko ze stali nierdzewnej

Ryzyko nie powstaje wyłącznie dlatego, że „różne materiały stykają się ze sobą"; wymaga jednoczesnego spełnienia wszystkich trzech poniższych warunków:

1. materiały o różnych potencjałach;
2. połączenie przewodzące;
3. elektrolit.

Środki ograniczania ryzyka:

- Izolacja elektryczna
- Powłoka barierowa
- Izolacyjna podkładka/tuleja
- Uszczelnienie
- Odprowadzanie wody

- Smar / środek przeciwzatarciowy, gdy jest odpowiedni
- Ograniczenie zatrzymywania wody w szczelinach

4.12 Izolacja polimerowa jako kierunek walidacji

Badania połączeń śrubowych kompozyt–metal potwierdzają, że izolacja polimerowa może ograniczać sprzężenie galwaniczne.[R28]

Mimo innego systemu materiałowego wspierają tezę:

> **Izolacja elektryczna jest weryfikowalną strategią wartą włączenia do DFM systemu przegubów.**

Strategia ta nadal wymaga próby środowiskowej rzeczywistej kombinacji materiałów PremFixer Fasteners i klienta.

Brama dowodowa rozdziału

Dowody zewnętrzne

- Zatarcie tytanu: [R12]
- Korozja galwaniczna CFRP/Al: [R11]
- Izolacja polimerowa: [R28]
- ISO 4042 / kruchość wodorowa: [R20]-[R23]
- ISO 9227: [R19]
- ISO/TR 19852: [R26]
- ISO 10683: [R24]
- ISO 3506-1: [R25]

PremFixer Fasteners

- Powiązanie MTC materiału: C04-001/002/003/004 / E0
- Mgła solna konkretnej powłoki: C04-006 / E0 → E2
- Układ powłoki Zn-Ni: C04-007 / E0
- Demontaż / zatarcie tytanu: C04-011 / E0 → E3
- Środki kontroli kruchości wodorowej: C04-012 / E0 → dowody dostawcy/procesu

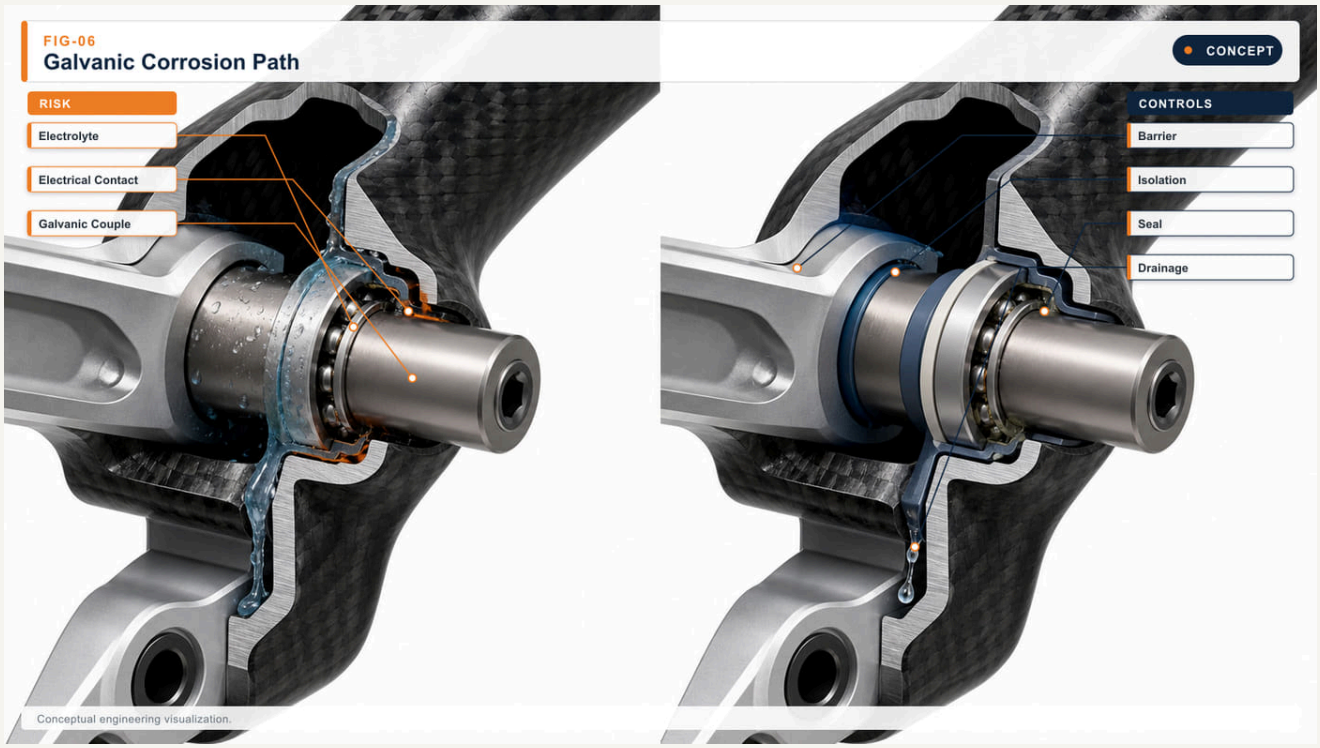
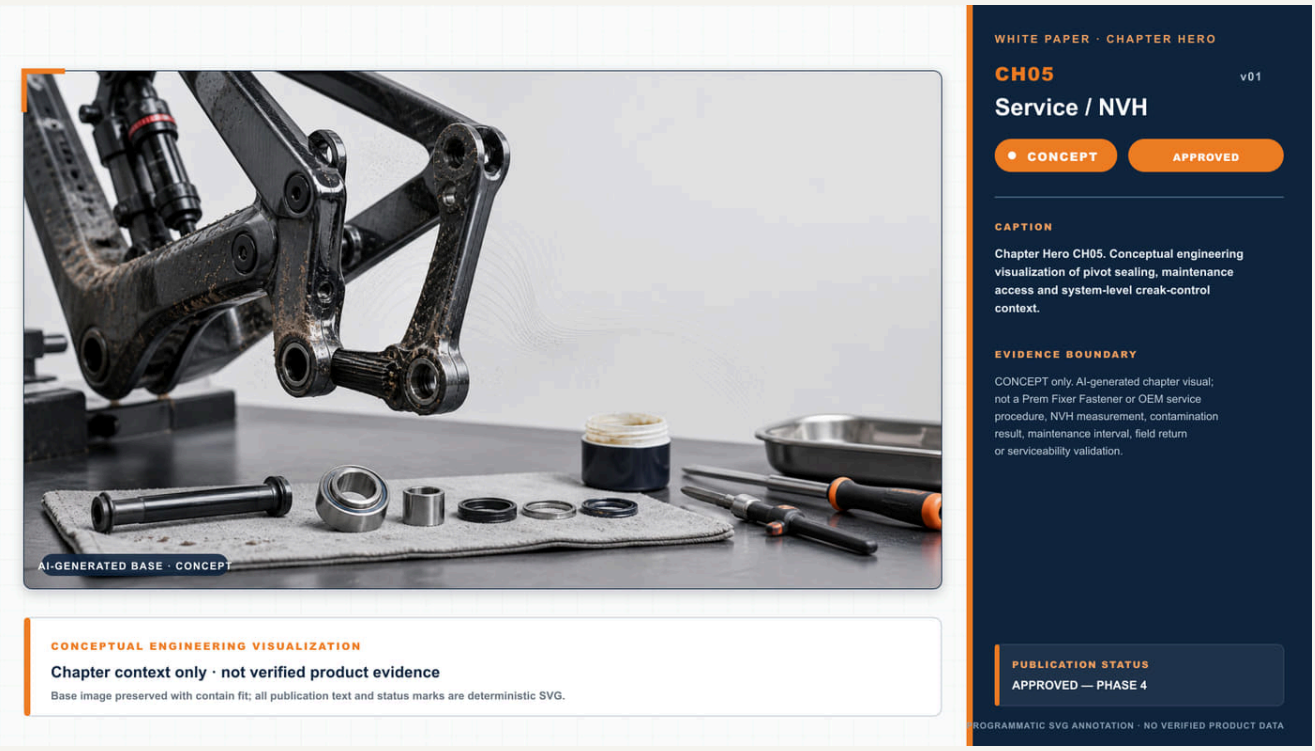


FIG-06 · Rysunek inżynierski — FIG-06. Ścieżka korozji galwanicznej i strategia izolacji. Wizualizacja koncepcyjna bez zweryfikowanego zestawu stopów ani wyniku korozji. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

Rozdział 5: uszczelnienie, zanieczyszczenie, NVH i serwisowalność

5. Ochrona przed zanieczyszczeniami, kontrola trzasków i serwisowalność



CH05 · Ilustracja rozdziału — CH05. Koncepcyjna wizualizacja uszczelnienia przegubu, dostępu serwisowego i systemowego kontekstu kontroli trzasków. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

5.1 Rzeczywiste środowisko MTB nie jest laboratorium

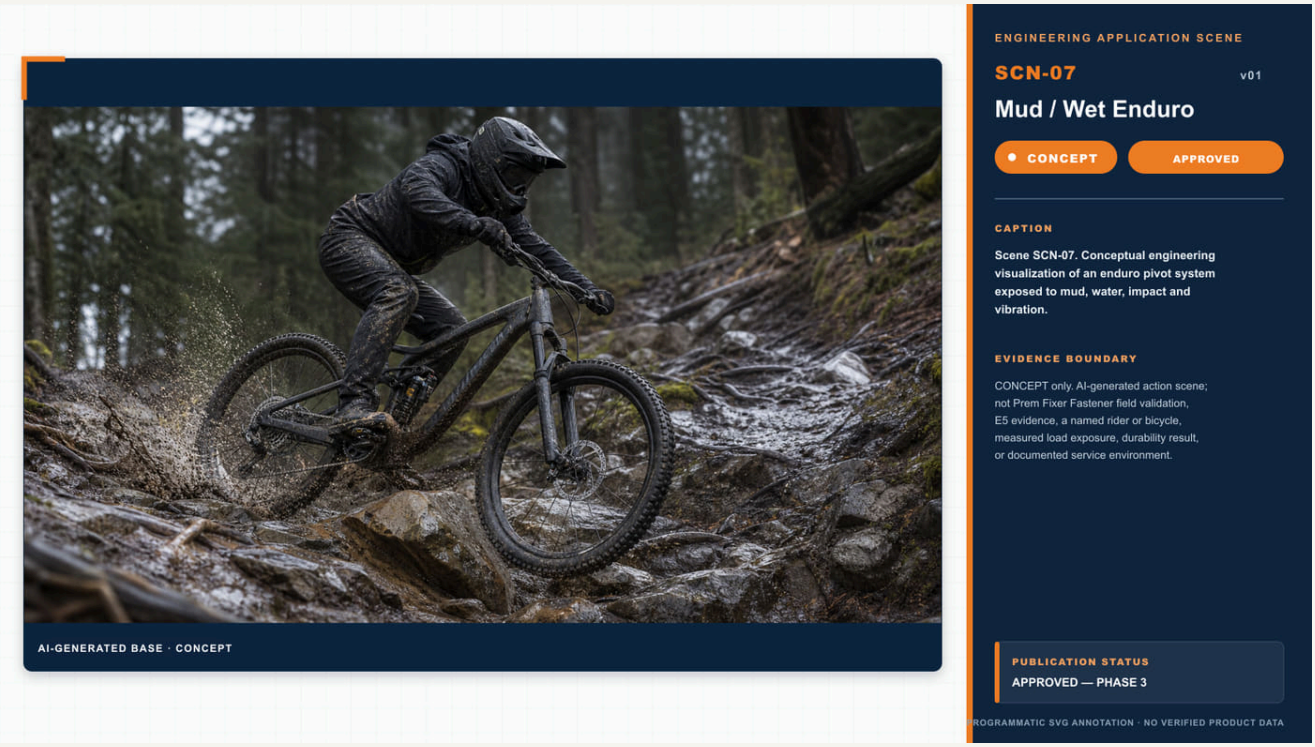
System przegubów jest narażony na:

- Woda
- Błoto
- Drobny pył
- Piasek
- Pot
- Sól drogowa
- Środek odtłuszczający
- Środek do mycia roweru
- Mycie ciśnieniowe

- Zmiany temperatury

Materiały dotyczące łożysk wskazują, że wilgoć i mikroruch sprzyjają uszkodzeniom łożyska oraz zużyciu frettingowemu.[R5][R6]

Santa Cruz zaleca częstsze kontrole łożysk przegubów w warunkach mokrych, piaszczystych i zapylonych.[R9]



SCN-07 · Scena zastosowania — SCN-07. Koncepcyjna wizualizacja systemu Enduro wystawionego na błoto, wodę, udar i drgania. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

5.2 Wielowarstwowa ochrona przed zanieczyszczeniem

Uszczelnienie należy rozumieć jako układ wielu barier:

Warstwa 1 — Geometria zewnętrzna

Odbijanie wody i błota

Warstwa 2 — O-Ring / Podkładka uszczelniająca

Ograniczenie bezpośredniej drogi wnikania

Warstwa 3 — Labirynt

Wydłużenie drogi zanieczyszczenia

Warstwa 4 — Uszczelnienie łożyska

Ostatnia linia obrony

Warstwa 5 — Bariera smarowa

Smarowanie + dodatkowa bariera

Warstwa 6 — Odprowadzanie wody

Odprowadzenie wody, której nie da się całkowicie uniknąć

Zasada:

> **Nie należy oczekiwać, że jedno uszczelnienie powstrzyma wszystkie mechanizmy wnikania zanieczyszczeń.**

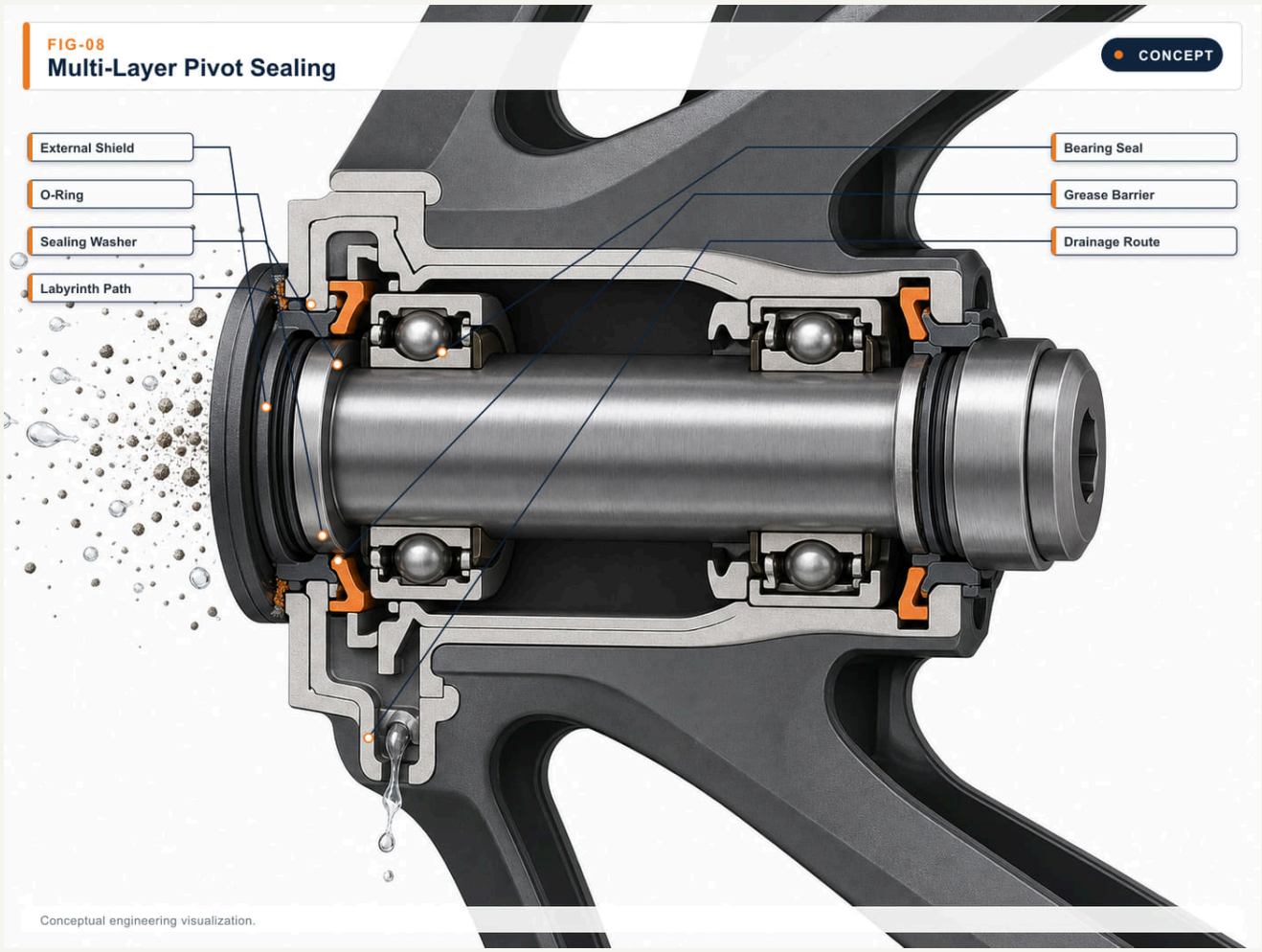


FIG-08 · Rysunek inżynierski — FIG-08. Wielowarstwowa architektura uszczelnienia. Wizualizacja koncepcyjna, a nie zweryfikowany dowód wnikania, mycia lub trwałości. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

5.3 Mycie wysokociśnieniowe

Strumień może:

- przedostać się przez wargę uszczelnienia;

- rozcieńczyć / wypłukać smar;
- wprowadzić środek czyszczący;
- przyspieszyć korozję łożyska.

Można ustanowić:

Rozwojowa próba mycia / wnikania

Oceniane parametry:

- masa / wnikanie wody
- wyczuwalna praca łożyska
- korozja
- stan smaru
- moment obrotowy

5.4 Trzaski są objawem systemowym

Materiały Santa Cruz dotyczące diagnostyki trzasków wskazują zabrudzone lub zużyte łożyska jako częste źródło hałasu.[R29]

Potencjalnymi źródłami trzasków przegubu są:

- Pierścień wewnętrzny łożyska / oś
- Pierścień zewnętrzny łożyska / rama
- Tuleja dystansowa
- powierzchnia oporowa stopnia
- Podkładka
- Powierzchnia osadzenia łba śruby
- Gwint
- Wkładka
- Łącznik
- Suchy kontakt

Dlatego:

> **Trzasku nie można po prostu przypisywać poluzowanej śrubie.**

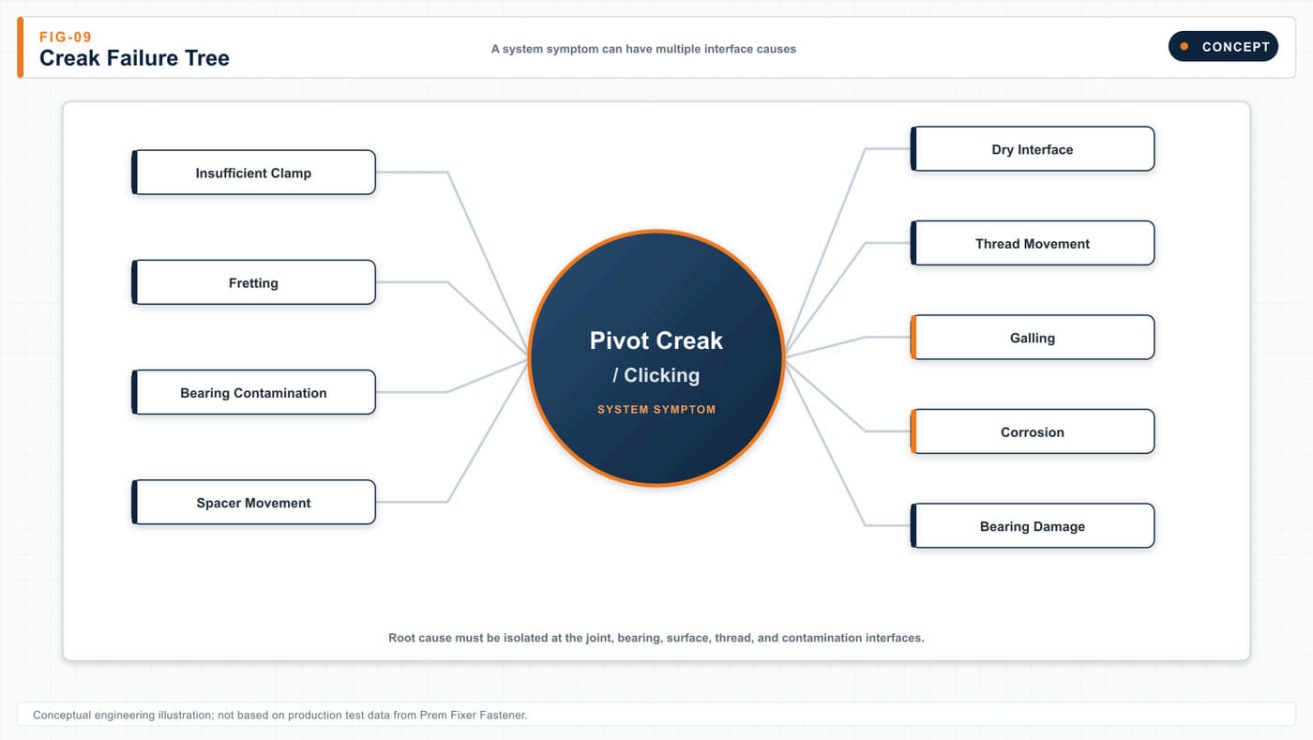


FIG-09 · Rysunek inżynierski — FIG-09. Koncepcyjne drzewo wielu możliwych przyczyn trzasków. Jest ramą diagnostyczną, nie dowodem częstości uszkodzeń. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

5.5 Mikropoślizg i zużycie frettingowe

Mikroruch może:

- uszkodzić warstwę powierzchniową;
- wytworzyć produkty zużycia;
- zmienić tarcie kontaktowe;
- zwiększyć luz;
- wywołać hałas;
- przyspieszyć korozję.

Kontrola:

- Prawidłowa siła napięcia wstępnego
- Pasowanie funkcjonalne
- Stabilna powierzchnia podparcia
- Stan powierzchni
- Odpowiednie smarowanie
- Zabezpieczenie przed luzowaniem
- Kontrola zanieczyszczeń

5.6 Funkcjonalny stos łożysko–oś–tuleja dystansowa

Każdy projekt musi odpowiedzieć:

1. Który pierścień łożyska jest zaciskany?
2. Która część obraca się względem której?
3. Który interfejs przenosi ścinanie?
4. Czy gwint wchodzi w główną płaszczyznę ścinania?
5. Jak tuleja dystansowa zamyka osiową ścieżkę obciążenia?
6. Czy moment dokręcania wywołuje nieprawidłowe obciążenie boczne łożyska?

Właściwa ścieżka obciążenia powinna być pokazana w przekroju CAD.

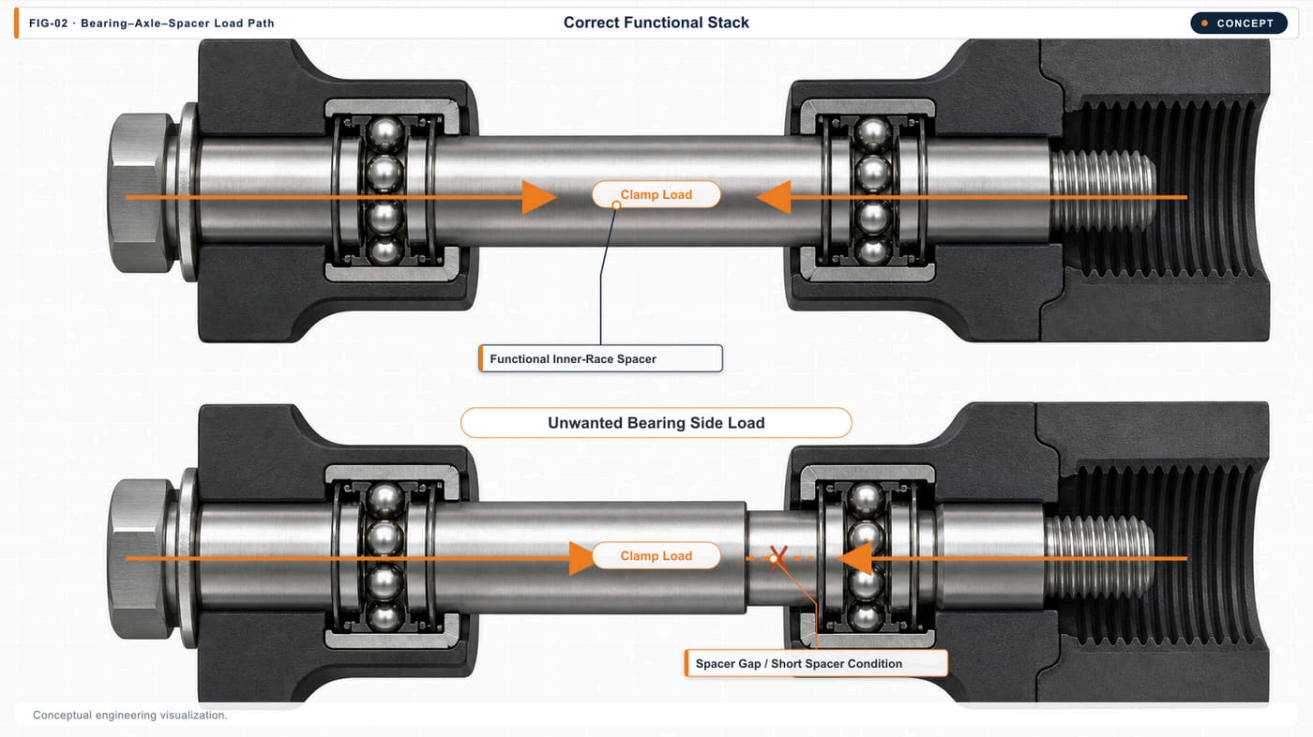


FIG-02 · Rysunek inżynierski — FIG-02. Funkcjonalna ścieżka obciążenia łożysko–oś–tuleja dystansowa oraz stan obciążenia bocznego przy zbyt krótkiej tulei dystansowej. Wizualizacja koncepcyjna; nie przedstawia ilościowo siły ani zatwierdzonego układu elementów. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

5.7 Serwisowalność: trzeci demontaż jest prawdziwym sprawdzianem

Nie wystarczy pytać:

> „Czy fabryka zmontuje poprawnie za pierwszym razem?”

Trzeba też zapytać:

> „Czy serwis bez problemu rozbierze złącze po dwóch latach jazdy?”

Wskaźniki:

- Dostęp narzędzia
- Trwałość gniazda napędowego
- moment demontażu
- Zatarcie korozyjne
- Zatarcie
- Części niewypadające
- Identyfikacja części
- Dostępność części zamiennych
- Reguła ponownego użycia

5.8 Obsługa OEM potwierdza rzeczywistą potrzebę serwisowalności

Santa Cruz opisuje okresową kontrolę i smarowanie osi oraz łożysk przegubów.[R9] Specialized zapewnia dla części rowerów długoterminowe wsparcie wymiany łożysk przegubów zawieszenia.[R10]

Nie oznacza to złej jakości łożysk, lecz że:

> **Marki premium traktują łożysko przegubu jako serwisowalny element cyklu życia roweru.**

Proponowane narzędzie oceny:

Wskaźnik serwisowalności

Może oceniać:

- Ujednolicenie narzędzi
- dostęp
- Demontaż
- Wymiana łożyska
- Zestaw zamienny
- Specyfikacja momentu dokręcania
- Ryzyko zatarcia
- Powtarzalność ponownego montażu

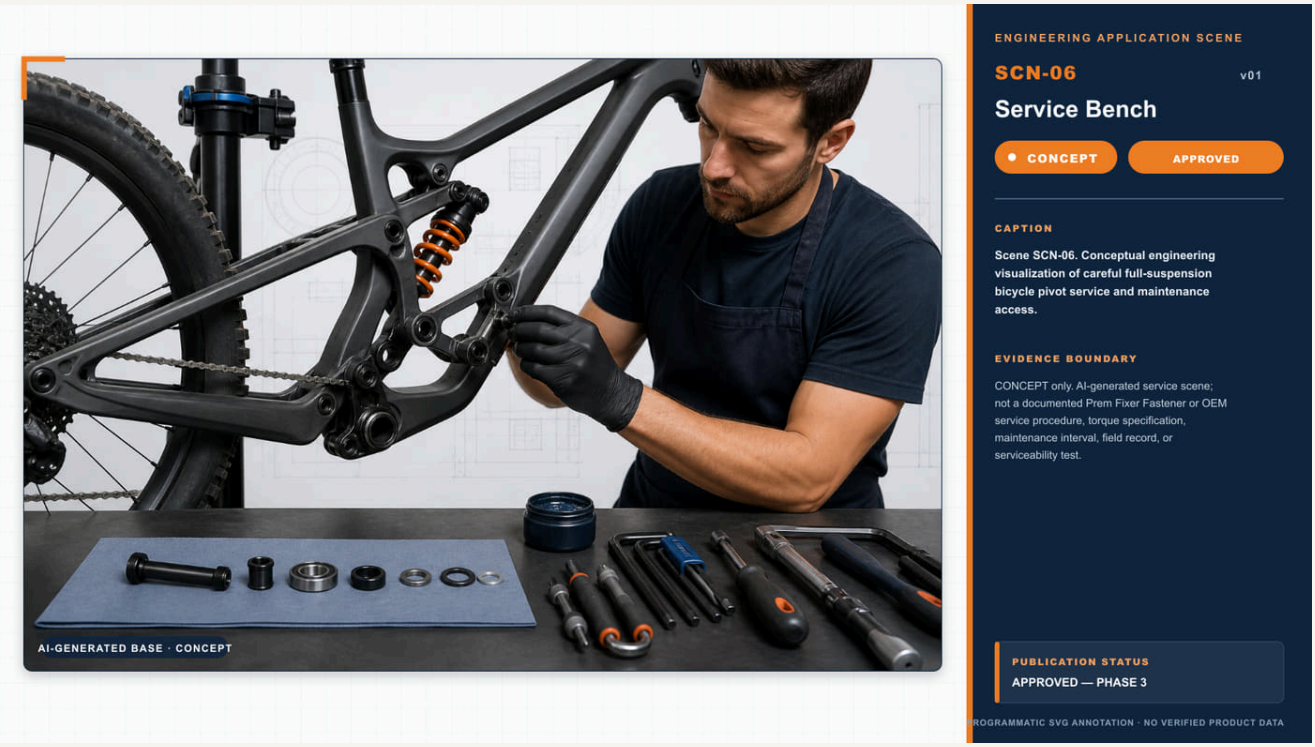
Brama dowodowa rozdziału

Dowody zewnętrzne

- Zużycie frettingowe / wilgoć: [R5][R6]
- Konserwacja według Santa Cruz: [R9]
- Diagnostyka trzasków: [R29]
- Wsparcie łożysk według Specialized: [R10]

PremFixer Fasteners

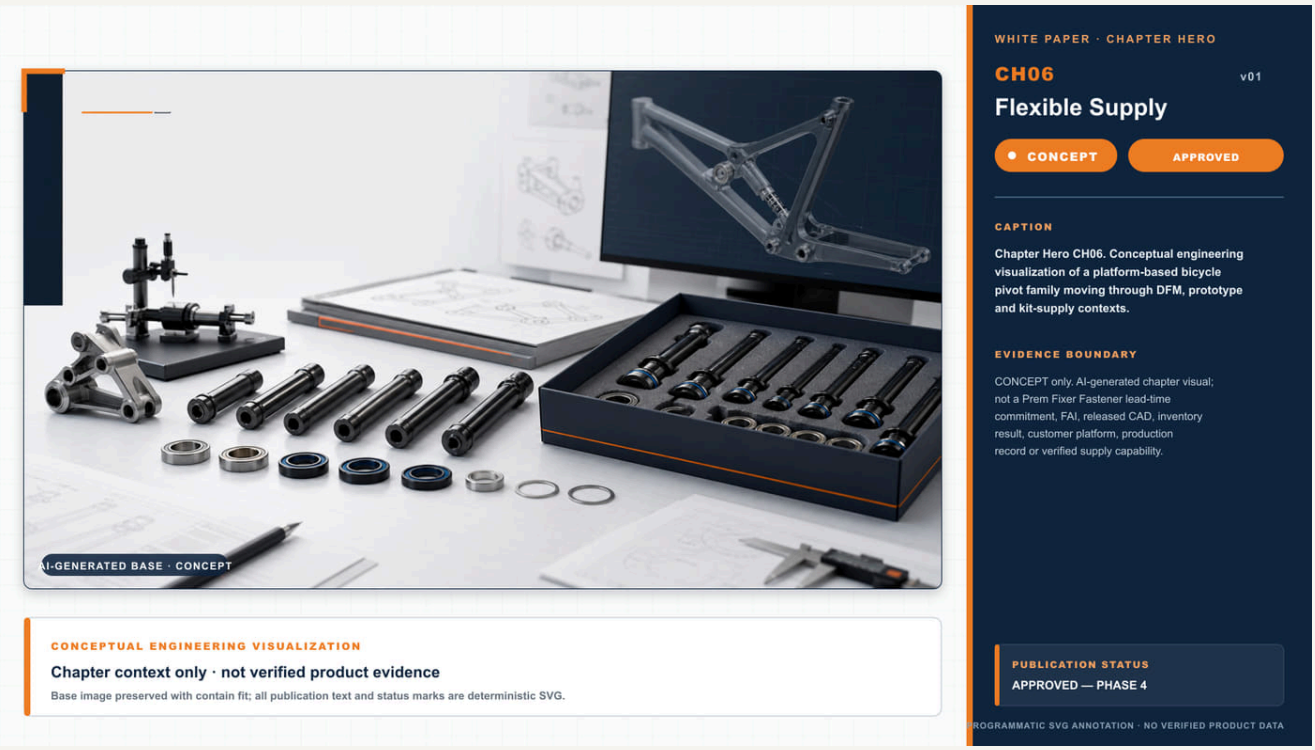
- Próba wnikania: C05-001 / E0
- Poprawa NVH: C05-004 / E0
- Moment demontażu: C05-005 / E0
- Powtarzalność trzeciego serwisu: C05-007 / E0



SCN-06 · Scena zastosowania — SCN-06. Koncepcyjna wizualizacja starannej obsługi przegubu roweru z pełnym zawieszeniem. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

Rozdział 6: szybki rozwój, platformizacja i elastyczność dostaw

6. Szybki rozwój, strategia platformy i elastyczne dostawy



CH06 · Ilustracja rozdziału — CH06. Koncepcyjna wizualizacja rodziny przegubów opartej na platformie, przechodzącej przez DFM, prototyp i dostawę zestawów. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

6.1 Produkcja według rysunku już nie wystarcza

Proces tradycyjny:

> Rysunek → Wycena → Obróbka

Zalecany proces premium:

> Wymaganie
> → DFM
> → Przegląd ryzyka
> → Definicja złącza

→ Materiał / Powłoka
→ Prototyp
→ FAI
→ Badanie złącza
→ Pilotaż
→ Odbiór

6.2 Pytania pierwszej rundy DFM

Geometria

- Czy gwint znajduje się w obszarze wysokiego ścinania?
- Czy zakończenie otworu drążonego tworzy karb?
- Czy stopień zapewnia podparcie?
- Czy zazębienie narzędzia jest wystarczające?

Pasowanie

- Średnica wewnętrzna łożyska
- Trzpień
- Tuleja dystansowa
- Łącznik
- Powłoka

Materiał

- Wytrzymałość
- Trwałość zmęczeniowa
- Korozja
- Zatarcie
- Zgodność z powłoką

Montaż

- Moment dokręcania
- Smarowanie
- Środek zabezpieczający gwint
- dostęp
- Zapobieganie błędom

Serwis

- Demontaż
- Ponowne użycie

- części zamienne
- Oznakowanie

6.3 Prototyp 7–10 dni wyłącznie jako cel warunkowy

V2.0 zaleca:

> [TARGET] **Gdy materiał, narzędzia, obróbka cieplna i powierzchniowa są dostępne, można ustanowić cel szybkiego wykonania prototypu w ciągu 7–10 dni roboczych; rzeczywisty czas realizacji zależy od ścieżki krytycznej projektu.**

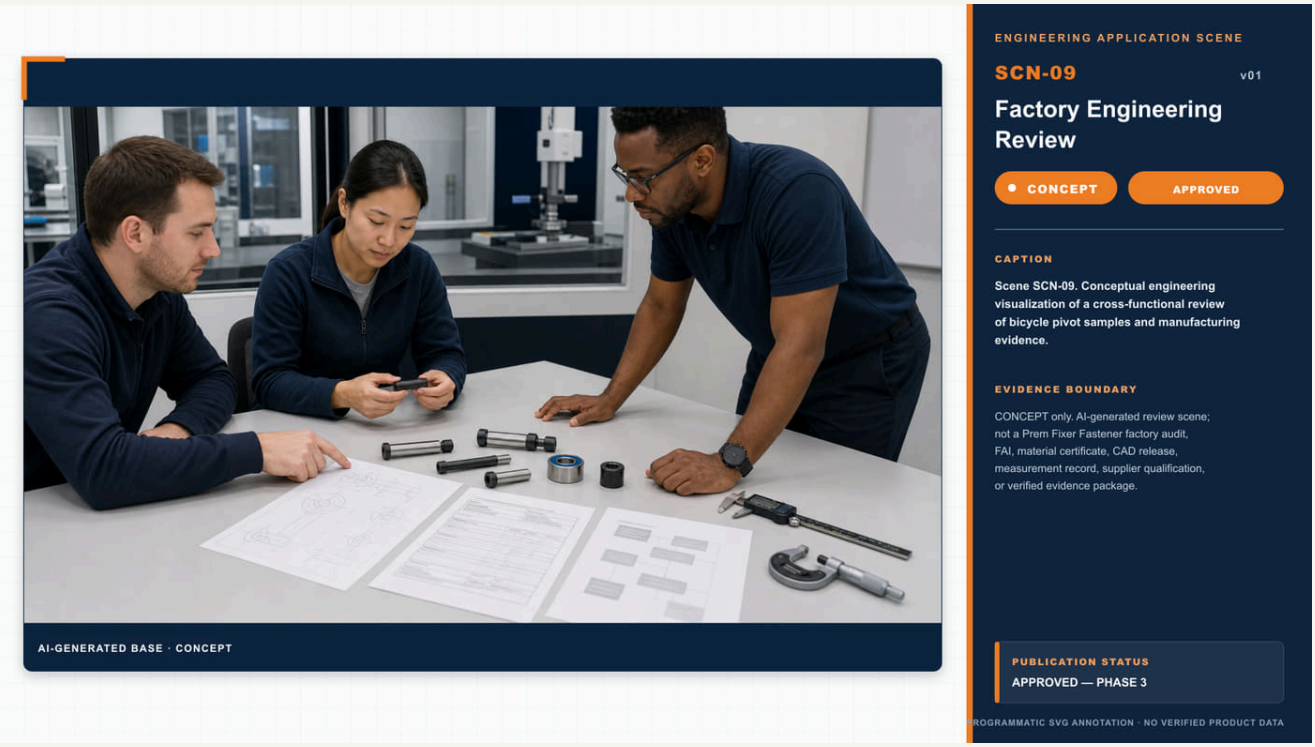
Do potwierdzenia faktu potrzebne są:

- Data zapytania ofertowego
- Zamrożenie rysunku
- Data ukończenia próbki
- Data FAI
- Informacje zwrotne klienta

6.4 FAI to nie „pomiar kilku wymiarów”

Pełna FAI powinna obejmować:

- Rysunek balonowy
- Pełny raport wymiarowy
- Certyfikat materiału
- obróbkę cieplną
- Certyfikat powłoki
- Wynik kontroli gwintu sprawdzianem
- Pasowanie funkcjonalne
- Masa
- Zdjęcia
- Rewizja
- Odchylenia



SCN-09 · Scena zastosowania — SCN-09. Koncepcyjna wizualizacja międzyfunkcyjnego przeglądu próbek i dowodów produkcyjnych. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

6.5 Platformizacja

Wspólne dla wielu modeli mogą być:

- Rodzina gwintów
- Gniazdo napędowe
- interfejs łożyska
- Powłoka
- materiał
- Rodzina podkładek
- Logika numeracji części

Zmienne:

- Długość stopnia
- Długość całkowita
- Głębokość otworu drążonego
- Geometria łba

Cel:

> **Ograniczać zbędną zmienność, nie zmuszając wszystkich modeli do korzystania z tej samej części.**

6.6 „Redukcja SKU o 30–50%” wymaga BOM klienta

Ogólna biała księga zachowuje model:

$$
\begin{gathered}
\text{Savings_\{SKU\}} \\
= \\
\text{C_\{inventory\}} \\
+ \\
\text{C_\{MOQ\}} \\
+ \\
\text{C_\{planning\}} \\
+ \\
\text{C_\{quality\}} \\
+ \\
\text{C_\{service\}}
\end{gathered}
$$

Wyznaczenie rzeczywistego procentu wymaga:

- liczby SKU przed zmianą
- liczby SKU po zmianie
- wolumenu
- MOQ
- zapasu bezpieczeństwa
- zapotrzebowania na części zamienne

6.7 Jeden rower / jeden zestaw przegubów

Logika pakowania dla montażu obejmuje:

- Jeden zestaw na ramę
- Oznakowanie położenia
- Kod QR / partia
- Kolejność montażu
- Wartość referencyjna momentu dokręcania
- Nadzór nad rewizją

Może ograniczyć:

- Brakujące części
- Pomieszanie długości
- Pobieranie części przy linii
- Pomylenie rewizji

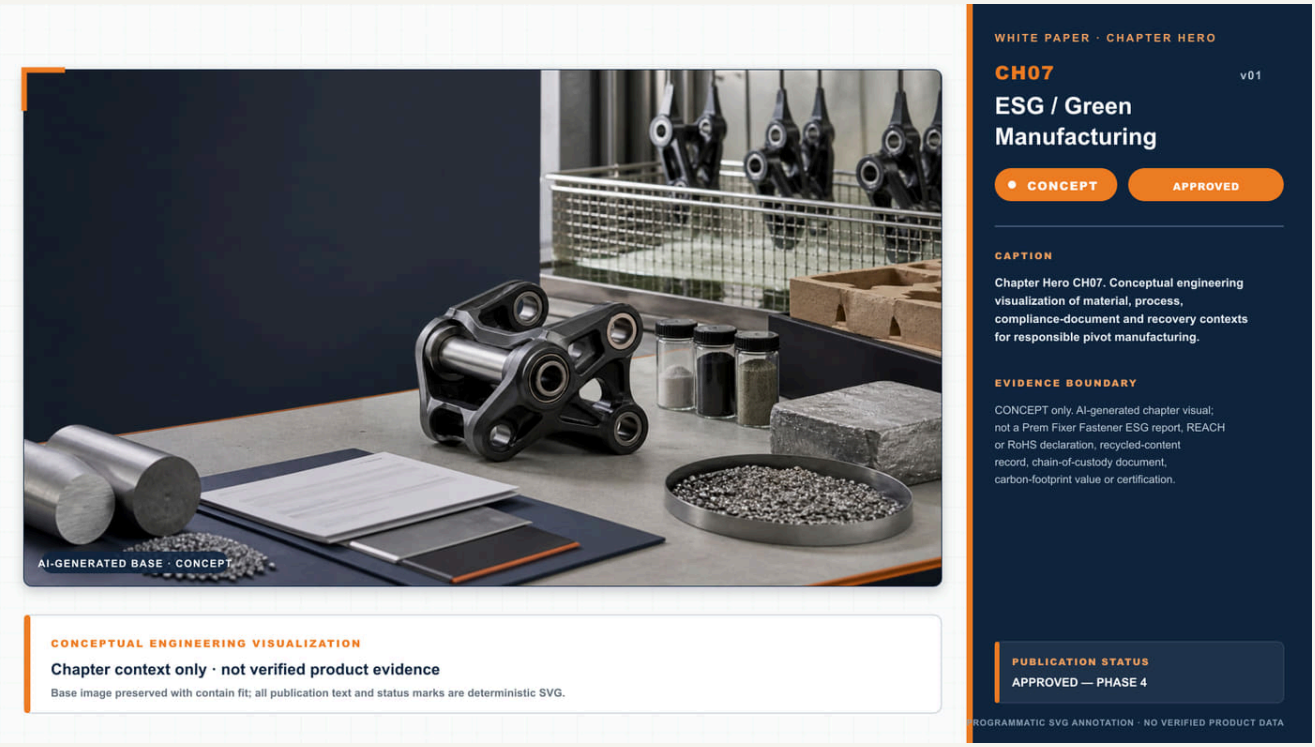
Brama dowodowa rozdziału

PremFixer Fasteners

- Czas wykonania prototypu: C06-001 / E0
- Zdolność FAI: C06-002 / E0
- Dostawa zestawów: C06-003 / E0
- Redukcja TCO: C06-004 / E0-E1
- Redukcja liczby SKU: C06-005 / E0

Rozdział 7: ESG, REACH, RoHS i zielona produkcja

7. ESG, zgodność chemiczna i zielona produkcja



CH07 · Ilustracja rozdziału — CH07. Koncepcyjna wizualizacja materiałów, procesów, dokumentów zgodności i odzysku w odpowiedzialnej produkcji przegubów. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

7.1 ESG nie kończy się na „materiale ekologicznym”

Łańcuch dostaw marki premium może wymagać:

- kontroli substancji ograniczonych
- identyfikowalności
- kontroli Cr(VI)
- udokumentowania zawartości materiału z recyklingu
- łańcucha kontroli pochodzenia
- określenia śladu węglowego
- zarządzania środowiskowego dostawcy

7.2 REACH: lista kandydacka jest dynamiczna

Lista kandydacka ECHA jest aktualizowana, dlatego deklaracja wymaga:

- daty wydania
- daty odniesienia listy kandydackiej
- zakresu materiału / SKU
- wersji deklaracji dostawcy
- próby / kontroli przesiewowej, jeśli jest wymagana

Nie można pisać:

> „Zgodny z REACH na zawsze.”

7.3 RoHS: prawidłowy zakres stosowania

Dyrektywa RoHS 2011/65/UE dotyczy przede wszystkim sprzętu elektrycznego i elektronicznego.[R30]

Potrzebę dowodów zgodności z RoHS dla mechanicznych elementów systemu przegubów ocenia się według:

- zakresu końcowego roweru elektrycznego / EEE;
- BOM klienta;
- wykazu substancji ograniczonych klienta;
- umowy.

Prawidłowe stwierdzenie:

> **„Odpowiednią deklarację materiałową można dostarczyć zgodnie z zakresem przepisów dla produktu końcowego i specyfikacją substancji ograniczonych klienta.”**

7.4 Bez Cr(VI)

Ryzyko można ograniczać przez:

- pasywację trójwartościową
- warstwę nawierzchniową bez Cr(VI)
- odpowiednie systemy płatkowe cynku
- powłoki alternatywne

„Bez Cr(VI)” wymaga:

- deklaracji dostawcy
- specyfikacji chemicznej

- raportu z badań, gdy jest wymagany

7.5 Zawartość materiału z recyklingu: ustanowić łańcuch kontroli pochodzenia

Aktualizacje ISO z 2026 r. dotyczące twierdzeń środowiskowych i łańcucha kontroli pochodzenia podkreślają potrzebę wiarygodnego przypisania i identyfikowalności materiału.[R31][R32]

Jeśli PremFixer Fasteners będzie deklarować:

> „X% aluminium z recyklingu”

należy zachować:

- dostawcę surowca
- partię
- deklarację
- model łańcucha kontroli pochodzenia
- metodę obliczeniową
- zasady bilansu masy, jeśli mają zastosowanie

7.6 Ślad węglowy

Możliwy przyszły model:

CFP =
Raw\ Material
+ Machining
+ Heat\ Treatment
+ Coating
+ Packaging
+ Transport

Jednostki wyniku:

- kg CO_2e / 1 000 szt.
- kg CO_2e / zestaw przegubów

Najpierw definiuje się:

- granicę systemu
- źródło danych
- alokację
- miks energetyczny

- założenia transportowe

Brama dowodowa rozdziału

Dowody zewnętrzne

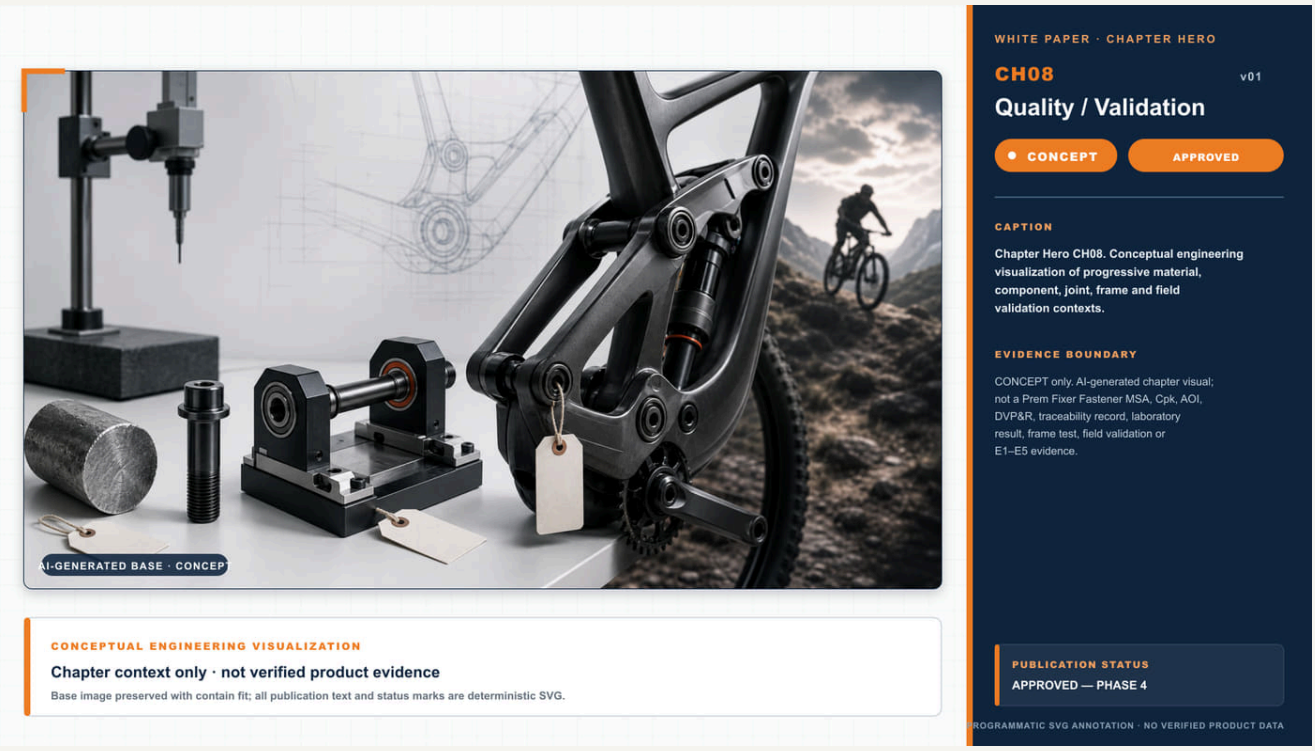
- ECHA / REACH: [R33]
- RoHS: [R30]
- ISO 14021 / łańcuch kontroli pochodzenia: [R31][R32]

PremFixer Fasteners

- Deklaracje REACH: C07-001 / E0
- Dowód braku Cr(VI): C07-002 / E0
- Zawartość materiału z recyklingu: C07-004 / E0
- CFP: C07-005 / E0

Rozdział 8: inżynieria jakości, DVP&R i inteligentna produkcja

8. Inżynieria jakości, walidacja i cyfrowa identyfikowalność



CH08 · Ilustracja rozdziału — CH08. Koncepcyjna wizualizacja stopniowej walidacji materiału, komponentu, złącza, ramy i eksploatacji terenowej. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

8.1 DFMEA: od „wykrywania wad” do „zapobiegania uszkodzeniom”

Przykład:

Tryb uszkodzenia	Potencjalna przyczyna	Potencjalny skutek	Zapobieganie
Samoluzowanie	Utrata zacisku / drgania	Luz / trzask	Projekt złącza + zabezpieczenie
Zerwanie gwintu	Nadmierny moment / zbyt słaby gwint wewnętrzny	Utrata zamocowania	Długość zazębienia gwintu + moment dokręcania
Zużycie frettingowe	Pasowanie / mikropoślizg	Zużycie / trzask	Pasowanie + zacisk
Zatarcie	Suchy kontakt Ti/SS	Zatarcie	Smarowanie/powłoka

Tryb uszkodzenia	Potencjalna przyczyna	Potencjalny skutek	Zapobieganie
Korozja	Powłoka / oddziaływanie galwaniczne	Zatarcie / utrata wytrzymałości	Powierzchnia + izolacja
Pęknięcie zmęczeniowe	Koncentracja naprężeń	Uszkodzenie konstrukcji	Geometria + próba zmęczeniowa
Opór łożyska	Nadmierny zacisk / tuleja dystansowa	Słaba praca zawieszenia	Projekt stosu
Uszkodzenie gniazda napędowego	Narzędzie / geometria	Przeróbka	Kontrola interfejsu gniazda napędowego

8.2 PFMEA + plan kontroli

Ryzyka produkcji:

- Pomylenie materiałów
- Niewłaściwy program
- Zużycie narzędzia
- Uszkodzenie gwintu
- Niewłaściwa powłoka
- Niewłaściwe położenie powłoki zabezpieczającej
- Pomieszanie rewizji
- Niewłaściwe pakowanie

Każde z tych ryzyk należy powiązać z:

- zapobieganiem
- wykrywaniem
- częstotliwością kontroli
- planem reakcji
- identyfikowalnością

8.3 CTQ

Typowe CTQ przegubu:

- Średnica trzpienia funkcjonalnego
- Długość stopnia
- Powierzchnia funkcjonalna
- Kontrola gwintu sprawdzianem GO/NO-GO
- Położenie gwintu
- Bicie
- Geometria gniazda napędowego
- Twardość

- Grubość powłoki
- Tarcie / zachowanie momentu dokręcania, gdy jest kontrolowane
- Położenie powłoki zabezpieczającej

8.4 MSA przed Cpk

Jeśli system pomiarowy nie jest wiarygodny:

> Cpk to „dokładne obliczenie błędnych danych”.

Proces:

Dobór przyrządu pomiarowego
→ Kalibracja
→ MSA / powtarzalność i odtwarzalność systemu pomiarowego
→ SPC
→ Cp/Cpk

Przy wąskiej tolerancji należy sprawdzić:

- rozdzielczość przyrządu
- temperaturę
- operatora
- oprzyrządowanie
- wykończenie powierzchni
- powłokę

8.5 Cpk ≥1.33 jest bramą projektu, nie reklamą bez dowodu

V2.0 może stosować:

- Cpk ≥1.33
- Cpk ≥1.67

jako zalecenie projektu lub cel uzgodniony z klientem.

Każde zewnętrzne twierdzenie PremFixer Fasteners musi określać:

- cechę
- specyfikację
- stabilny proces
- logikę próbki / podgrupy
- MSA
- rzeczywisty zbiór danych

8.6 Kontrola przesiewowa AOI 100% ≠ gwarancja 0 PPM

AOI może wykrywać:

- brakującą cechę
- wadę łba
- długość
- wadę powierzchni
- pomieszanie części
- wybrane cechy wymiarowe

Nie wykrywa automatycznie:

- niewłaściwy skład chemiczny materiału
- pęknięcie wewnętrzne
- kruchość wodorową
- osłabienie zmęczeniowe
- każdy wymiar wewnętrzny

Właściwe stwierdzenie:

> **100% automatycznej kontroli przesiewowej zdefiniowanych, wykrywalnych cech.**

Nie:

> „AOI = 0 PPM.”

8.7 Piramida walidacji

Poziom 1 — Materiał

- Skład chemiczny
- Twardość
- Dane mechaniczne
- Grubość powłoki

Poziom 2 — Element złączny

- Wymiar
- Moment graniczny gniazda napędowego
- Zerwanie gwintu

- Rozciąganie / ścinanie
- Korozja

Poziom 3 — Złącze

- Zależność momentu dokręcania od siły zacisku
- Wielokrotny montaż
- Demontaż
- Drgania poprzeczne
- Opór łożyska
- Zużycie frettingowe

Poziom 4 — Rama

- Statyka
- Zmęczenie
- Udar
- Rzeczywista konfiguracja przegubu

Poziom 5 — Eksploatacja terenowa

- Rowery pilotażowe
- Godziny jazdy
- Dane gwarancyjne
- Informacje zwrotne sprzedawcy

FIG-15 · Rysunek inżynierski — FIG-15. Koncepcyjna piramida DVP&R od kontroli materiału i elementu po dowody dotyczące złącza, ramy i eksploatacji terenowej. Nie jest ukończonym zapisem walidacji PremFixer Fasteners. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

8.8 ISO 4210 i granica zastosowań ekstremalnych

ISO 4210-2:2023 obejmuje m.in. rowery górskie, lecz wyłącza część rowerów zaprojektowanych do zastosowań ekstremalnych, takich jak oficjalne zawody lub jazda akrobatyczna.[R34]

ISO 4210-6:2023 podaje metody badań ram i widelców odpowiadające ISO 4210-2.[R35]

Dlatego:

> **ISO 4210 może być ważnym punktem odniesienia dla kompletnego roweru lub ramy, lecz ekstremalne projekty DH, wyścigowe lub freeride mogą wymagać własnych przypadków obciążeń do ciężkich zastosowań określonych przez markę.**

8.9 Macierz podstawowa DVP&R

Próba	Cel	Poziom dowodu
Zdolność wymiarowa	Stabilne pasowanie	E2
Przyrost powłoki	Pasowanie końcowe	E2
Zależność momentu dokręcania od siły zacisku	Siła napięcia wstępnego złącza	E3
Moment graniczny gniazda	Margines montażu	E2

Próba	Cel	Poziom dowodu
Zerwanie gwintu	Zdolność gwintu	E2 / E3
Wielokrotny montaż	Serwis	E3
Drgania poprzeczne	Blokada	E3
Próba w mgle solnej	Jakość powłoki	E2
Korozja cykliczna	Środowisko	E2 / E3
Badanie zużycia frettingowego złącza	Interfejs złącza	E3
Zmęczenie ramy	System	E4
Pilotaż terenowy	Cykl życia	E5

8.10 Identyfikowalność

Zalecany łańcuch:

Zamówienie klienta
→ Partia pakowania
→ Kontrola końcowa
→ Partia powłoki
→ Partia CNC / rewizja programu
→ Partia materiału / wytop
→ MTC

Cel przy reklamacji:

> **Prześledzić drogę od jednego elementu do materiału i procesu.**

Brama dowodowa rozdziału

Dowody zewnętrzne

- ISO 4210-2: [R34]
- ISO 4210-6: [R35]
- ISO 9227 / 19852: [R19][R26]
- ISO 16047: [R17]

PremFixer Fasteners

- CTQ / plan kontroli: C08-001 / E0
- Cpk: C08-002 / E0

- Zakres AOI: C08-003 / E0
- Identyfikowalność materiału: C08-005 / E0
- Identyfikowalność powłoki: C08-006 / E0

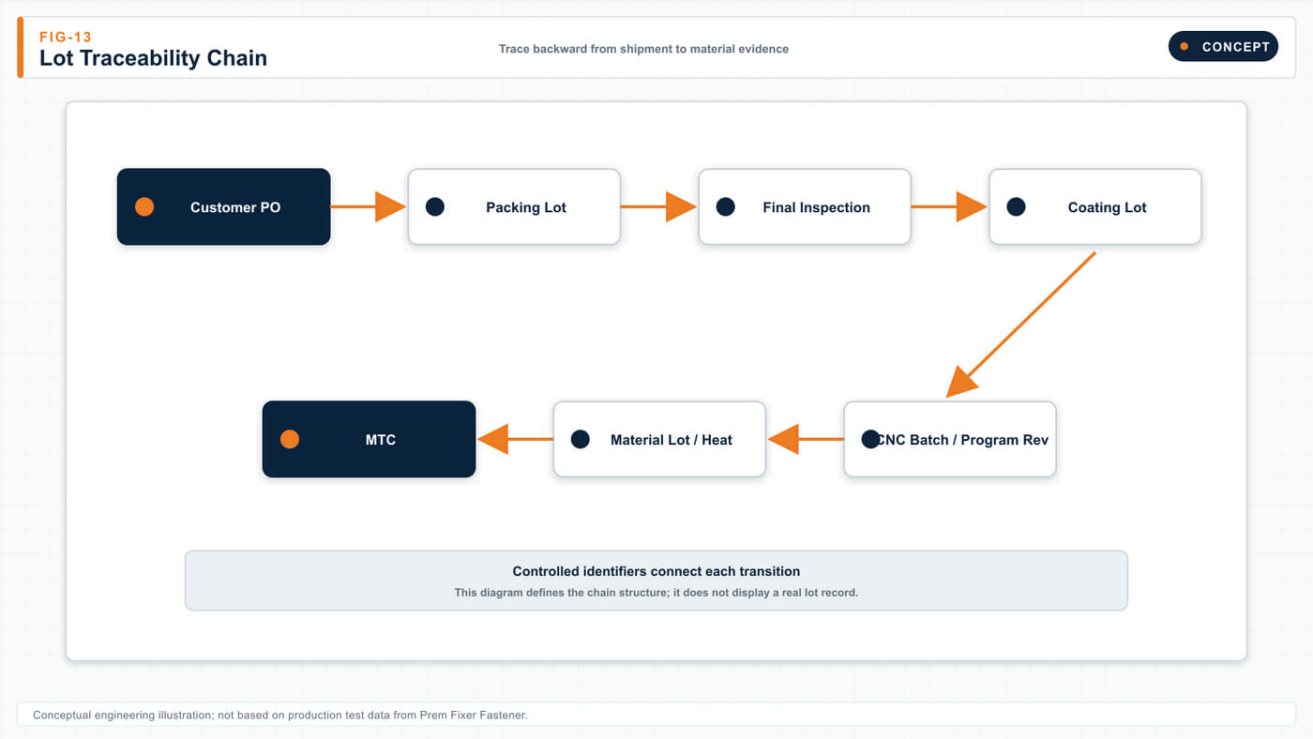
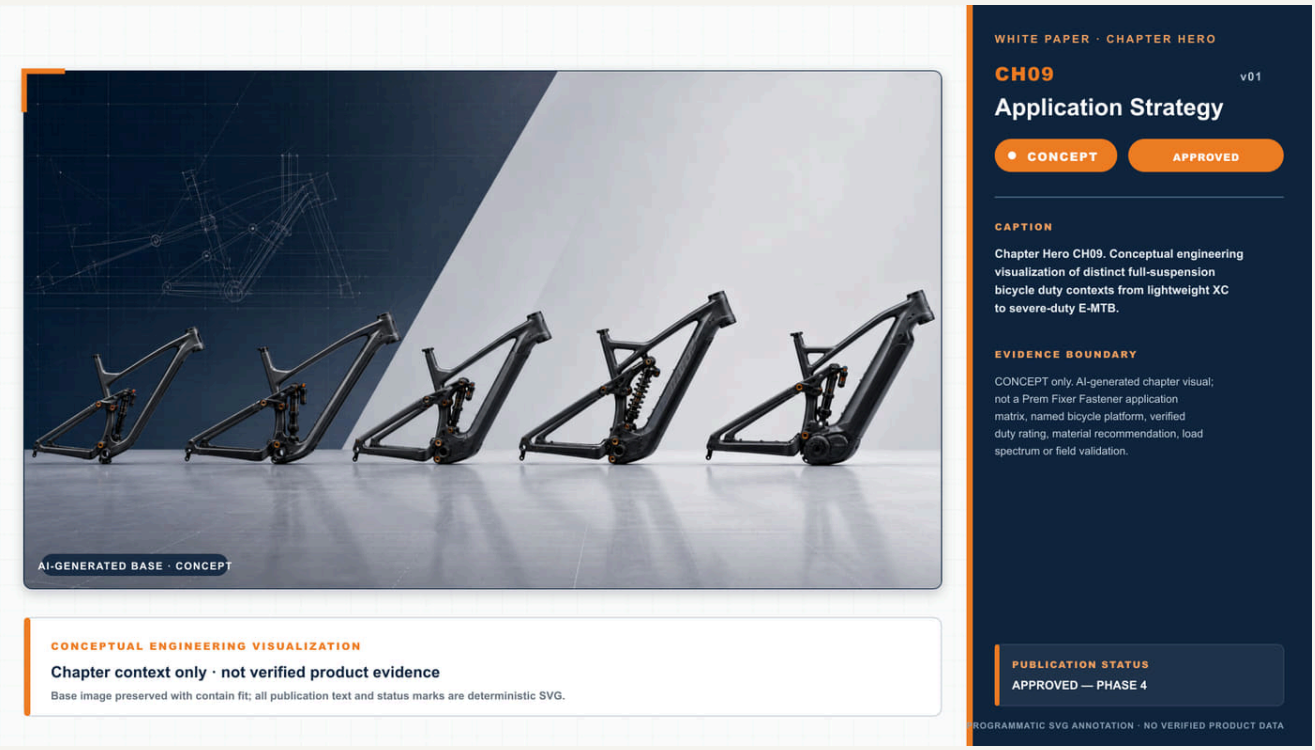


FIG-13 · Rysunek inżynierski — FIG-13. Koncepcyjny łańcuch wsteczny od wysyłki i kontroli po proces i materiał. Nie jest zapisem produkcyjnym PremFixer Fasteners. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

Rozdział 9: strategia przegubów dla konkretnego typu roweru

9. Strategia przegubów zależna od zastosowania



CH09 · Ilustracja rozdziału — CH09. Koncepcyjna wizualizacja odmiennych warunków użytkowania roweru z pełnym zawieszeniem, od lekkiego XC po ciężkie E-MTB. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

9.1 XC / Downcountry

Priorytety:

1. Masa
2. Sztywność względem masy
3. Niskie opory ruchu
4. Niezawodność

Możliwe kierunki:

- 7075
- selektywne zastosowanie tytanu
- Oś drążona

- Zwarty łeb
- Zoptymalizowane uszczelnienie

Unikać:

- osłabienia gniazda napędowego w celu redukcji masy;
- utworzenia punktu inicjacji zmęczeniowej na zakończeniu otworu drążonego;
- niewystarczającego zazębienia gwintu.

9.2 Trail

Rdzeń:

> **Zrównoważona architektura**

Równowaga:

- Masa
- Błoto
- Serwis
- Koszt
- Trwałość

To dobre zastosowanie dla wspólnej specyfikacji platformowej.

9.3 Enduro

Priorytety:

- Udar
- Zmęczenie
- Zabezpieczenie przed luzowaniem
- Ochrona przed błotem
- Wielokrotny serwis
- Odporność gniazda napędowego na uszkodzenia

9.4 Downhill

Priorytety:

- Sztywność złącza
- Duży margines ścinania

- Podparcie łożyska
- Szybkość serwisu
- Walidacja do ciężkich zastosowań

Ponieważ ISO 4210-2 wyłącza część ekstremalnych zastosowań wyczynowych,[R34] wyścigowy projekt DH nie powinien opierać się wyłącznie na minimalnej normie ogólnej.

9.5 E-MTB: nie kopiować specyfikacji MTB bez wspomagania

Publiczne specyfikacje E-MTB o pełnej mocy pokazują odmienne środowisko systemowe.

Trek Rail+ podaje obecnie:

- do 120 N·m
- 800 Wh
- 160 mm skoku przedniego i tylnego zawieszenia.[R36]

Nie pozwala to bezpośrednio przeliczyć wzrostu obciążenia przegubu, ale wskazuje odmienne warunki w zakresie:

- masy systemu
- środowiska momentu napędowego
- czasu jazdy
- powtarzanych cykli podjazdów i zjazdów

w porównaniu z lekkim rowerem typu trail bez wspomagania.

V2.0 zaleca:

Program widma obciążeń przegubów E-MTB

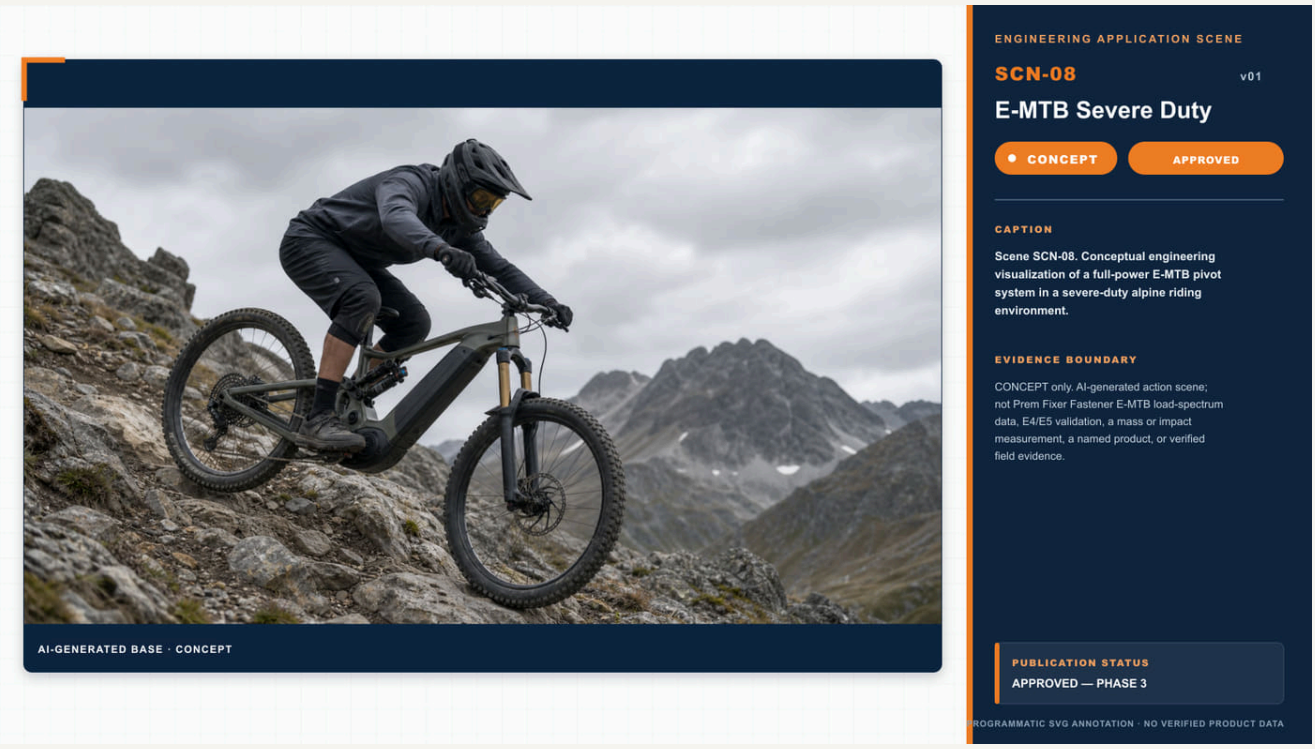
Wejścia:

- Masa roweru
- Masa rowerzysty
- moment silnika
- geometria
- Przełożenie
- Obciążenie hamowania
- Widmo udarów
- Skok zawieszenia
- Profil użytkowania

Wyjścia:

- Statyczne przypadki projektowe
- Widmo zmęczeniowe
- Badanie zabezpieczenia przed luzowaniem
- Trwałość łożyska

- Interwał obsługi pod kątem korozji



SCN-08 · Scena zastosowania — SCN-08. Koncepcyjna wizualizacja E-MTB o pełnej mocy w ciężkim środowisku alpejskim. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

Brama dowodowa rozdziału

Dowody zewnętrzne

- Badanie strukturalne DH z pełnym zawieszeniem: [R7]
- Granica zastosowań ekstremalnych według ISO: [R34]
- Kontekst aktualnej specyfikacji E-MTB: [R36]

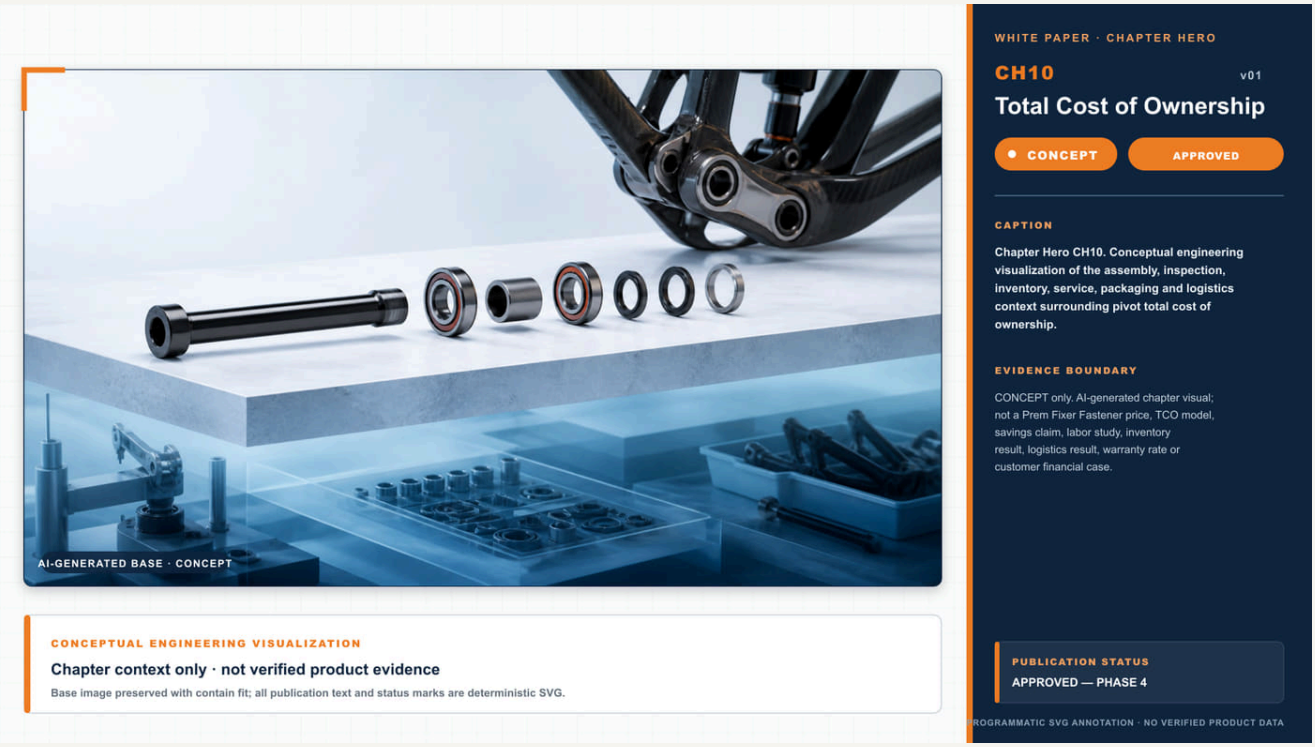
PremFixer Fasteners

- Widmo obciążeń E-MTB: NEW-T25 / E0-E1
- Rama / złącza: E3-E4 do uzupełnienia

FIG-14 · Rysunek inżynierski — FIG-14. Koncepcyjna macierz XC, Trail, Enduro, DH i E-MTB. Nie jest obowiązkową regułą materiałową ani zweryfikowaną klasą użytkową. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

Rozdział 10: całkowity koszt posiadania systemu przegubów

10. Ekonomika cyklu życia



CH10 · Ilustracja rozdziału — CH10. Koncepcyjna wizualizacja montażu, kontroli, zapasów, serwisu, pakowania i logistyki wokół całkowitego kosztu przegubu. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

10.1 Najtańsza część nie musi oznaczać najniższego kosztu

Porównanie:

Opcja A

Niska cena zakupu

Może jednak oznaczać:

- większą zmienność montażu
- więcej przeróbek
- mały margines odporności na korozję
- utrudniony demontaż
- niejasną identyfikowalność

Opcja B

Wyższa cena zakupu

Może obniżyć koszt cyklu poprzez:

- stabilne złącze
- wstępnie naniesione zabezpieczenie
- kontrolowaną powłokę
- pakowanie zestawu
- serwisowalność
- dowody jakości

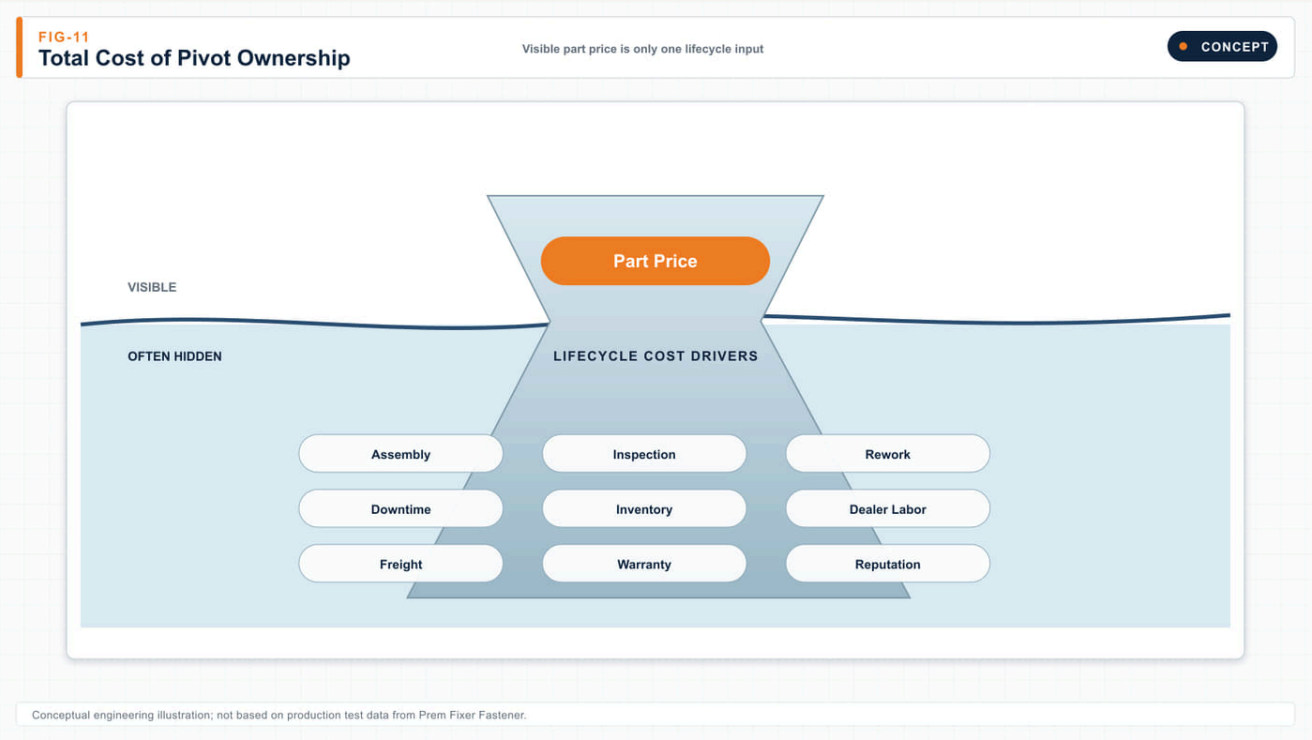


FIG-11 · Rysunek inżynierski — FIG-11. Koncepcyjna góra lodowa TCO. Kategorie kosztów są ilustracyjne; nie stanowią wyniku finansowego PremFixer Fasteners ani klienta. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

10.2 Model kosztu oczekiwanego

$$E(C)= C_{part} + P_{rework}C_{rework} + P_{warranty}C_{warranty} + C_{inventory}$$

$$+$$

$$C_{inspection}$$

Zakupy powinny porównywać:

> **Koszt na niezawodny rower**

Nie:

> **Koszt na śrubę**

10.3 Koszt gwarancji

$$C_{warranty}$$

$$=$$

$$C_{hardware}$$

$$+$$

$$C_{bearing}$$

$$+$$

$$C_{dealer}$$

$$+$$

$$C_{freight}$$

$$+$$

$$C_{admin}$$

$$+$$

$$C_{customer}$$

Dla marki działającej za granicą robocizna sprzedawcy i logistyka mogą znacznie przekraczać koszt elementów złącznych.

10.4 Źródła danych TCO

Zalecane rzeczywiste dane klienta:

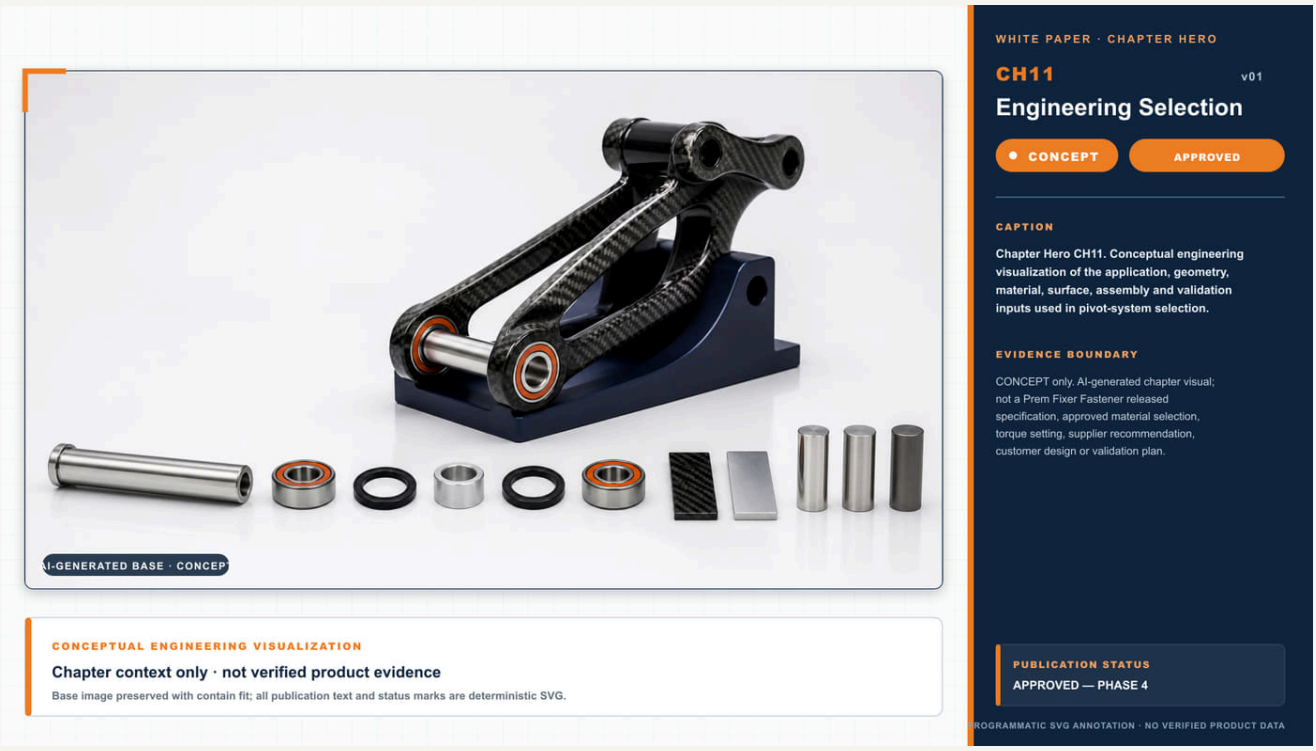
- Roczna liczba rowerów
- Koszt elementów złącznych
- Robocizna montażowa
- Wskaźnik przeróbek
- Koszt przeróbek
- Wskaźnik reklamacji gwarancyjnych
- Średni koszt gwarancji

- Robocizna sprzedawcy
- Transport
- Koszt utrzymania zapasu
- Liczba SKU
- Złom

Celem jest przeliczenie ulepszeń technicznych na wynik finansowy zrozumiały dla zakupów.

Rozdział 11: przewodnik doboru inżynierskiego systemu przegubów

11. Dziewięciostopniowy proces doboru



CH11 · Ilustracja rozdziału — CH11. Koncepcyjna wizualizacja wejść zastosowania, geometrii, materiału, powierzchni, montażu i walidacji używanych przy doborze systemu. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

Krok 1 — Materiał ramy

- Włókno węglowe
- Aluminium
- Konstrukcja mieszana

Konsekwencje dla projektu:

- ryzyko lokalnego nacisku
- ryzyko galwaniczne
- strategia wkładek

Krok 2 — Platforma jazdy

- XC
- Downcountry
- Trail
- Enduro
- DH
- E-MTB

Krok 3 — Definicja obciążenia

Wejścia:

- rowerzysta
- rower
- przełożenie zawieszenia
- położenie przegubu
- hamowanie
- udar
- pedałowanie / silnik

Krok 4 — Materiał

Kandydaci:

- stop aluminium
- tytan
- stal stopowa
- stal nierdzewna

Krok 5 — Geometria

- Trzpień
- stopień
- Gwint
- Łeb
- Promień przejścia
- Otwór drążony
- Gniazdo napędowe

Krok 6 — System powłok

- Powłoka
- Grubość
- tarcie
- Korozja
- Kolor
- zgodność chemiczna

Krok 7 — Strategia blokowania

- Płynny środek zabezpieczający gwint
- Wstępnie naniesiony klej
- powłoka zabezpieczająca
- Zabezpieczenie mechaniczne
- nakrętka
- Konstrukcyjne zabezpieczenie przed obrotem

Krok 8 — Kalibracja zależności momentu dokręcania od siły zacisku

Należy określić:

- Stan powierzchni
- Moment dokręcania
- siłę zacisku
- Rozrzut
- Demontaż
- Ponowne użycie

Krok 9 — Odbiór DVP&R

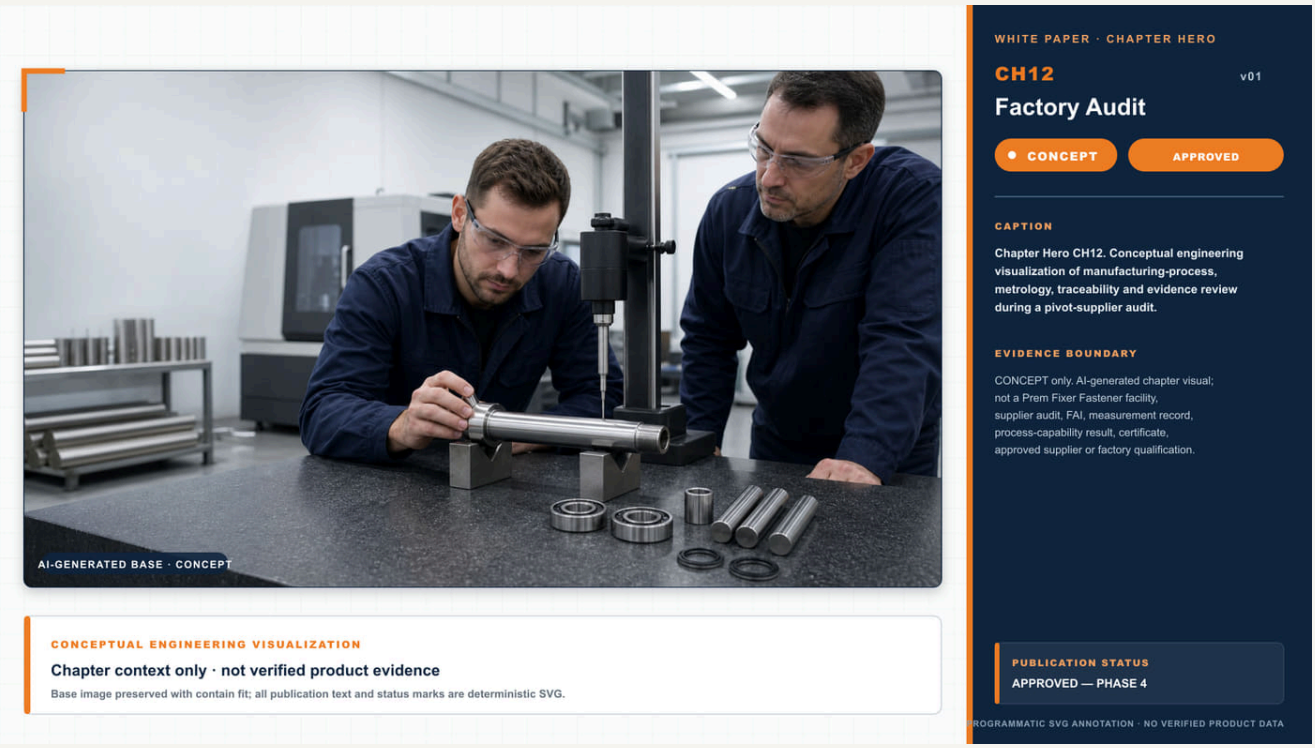
Co najmniej:

- Rysunek
- FAI
- MTC
- Powłoka
- CTQ
- Moment dokręcania
- Korozja
- Identyfikowalność

Rozdział 12: audyt fabryki dostawcy

12. Audyt inżynierski — 100 punktów

Moduł	Punkty
Inżynieria i DFM	15
Materiał i identyfikowalność	10
CNC / proces precyzyjny	15
Proces gwintowania	10
Obróbka powierzchniowa	10
Pomiary / MSA	15
Jakość / SPC	10
Pakowanie / identyfikowalność	5
ESG / zgodność chemiczna	5
Dostawa / zarządzanie zmianą	5
Razem	**100**



CH12 · Ilustracja rozdziału — CH12. Koncepcyjna wizualizacja przeglądu procesu, metrologii, identyfikowalności i dowodów podczas audytu dostawcy. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

12.1 Inżynieria i DFM — 15

Zakres kontroli:

- Przegląd rysunku
- Stos tolerancji
- interfejs łożyska
- Płaszczyzna ścinania
- Naddatek na powłokę
- Znajomość zależności momentu dokręcania od siły zacisku
- Serwisowalność
- Zarządzanie zmianą

12.2 Materiał — 10

- MTC
- Wytop/partia
- Segregacja
- Kontrola wejściowa
- Weryfikacja gatunku
- Powiązanie certyfikatu

12.3 CNC — 15

- Zdolność maszyny
- Nadzór nad programem
- Oprzyrządowanie
- Trwałość narzędzia
- Kompensacja
- Pomiar w toku procesu

12.4 Gwint — 10

- Walcowanie / skrawanie
- Sprawdzian
- Bicie
- Zadzior
- Integralność dna gwintu
- Identyfikowalność

Publiczne badania zmęczeniowe wspierają traktowanie sposobu wytwarzania gwintu jako ważnej zmiennej.[R3]

12.5 Powierzchnia — 10

- Kwalifikowane źródło
- Obróbka wstępna
- Grubość
- Próba w mgle solnej
- tarcie
- kruchość wodorowa
- Partia
- zgodność chemiczna

12.6 Pomiary — 15

Nie wystarczy pytać:

> „Czy jest CMM?”

Należy pytać:

> **„Czy przyrząd pomiarowy dla CTQ rzeczywiście ma wystarczającą zdolność pomiarową?”**

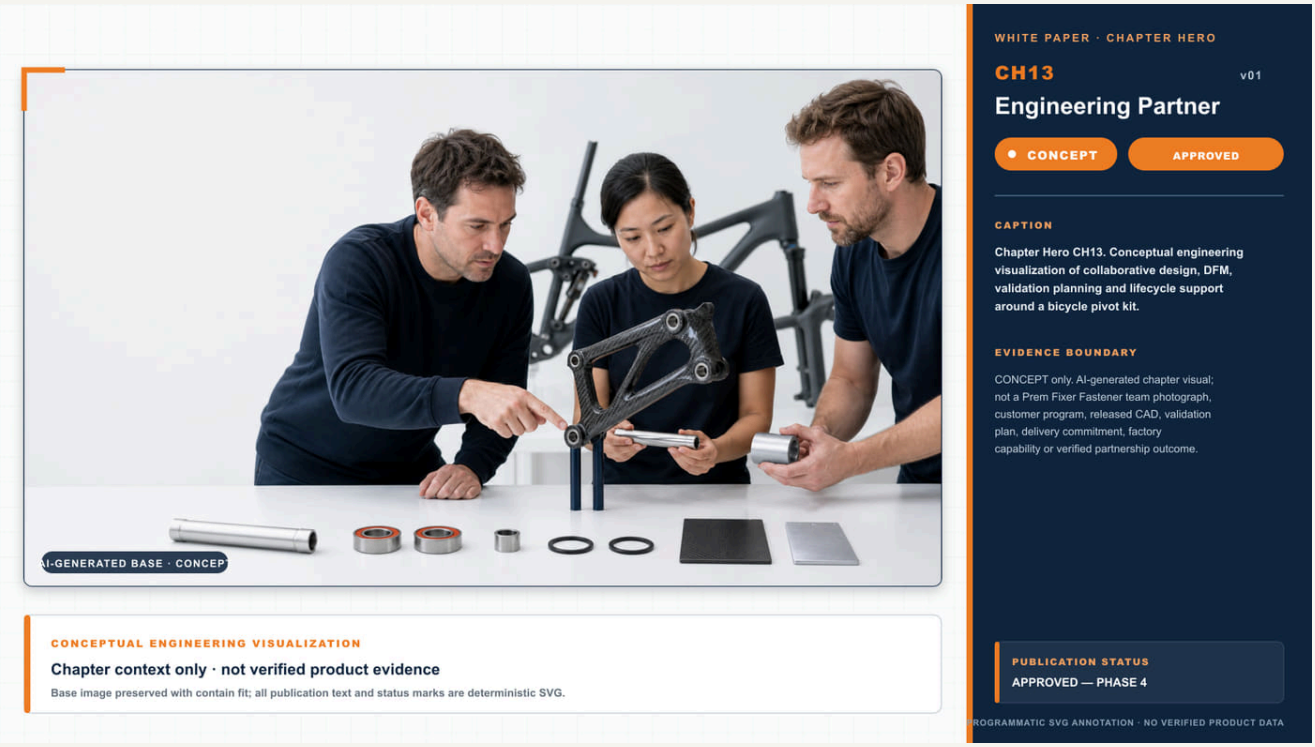
Wyposażenie może obejmować:

- mikrometr
- średnicówkę pneumatyczną
- system wizyjny
- CMM
- profilometr
- miernik grubości powłoki
- twardościomierz
- stanowisko do badania zależności momentu dokręcania od siły zacisku
- komorę do prób w mgle solnej

Rozdział 13: model partnerstwa PremFixer Fasteners oparty na dowodach

13. Od dostawcy elementów złącznych do partnera inżynierii przegubów

> Rozdział definiuje sposób pracy projektu PremFixer Fasteners V2.0.
> Każda konkretna zdolność opisana jako „już dostępna w fabryce” może wejść do wersji publicznej dopiero po uzyskaniu rzeczywistych dowodów.



CH13 · Ilustracja rozdziału — CH13. Koncepcyjna wizualizacja wspólnego projektu, DFM, planowania walidacji i wsparcia cyklu życia zestawu przegubu. **Wyłącznie CONCEPT.** Ta ilustracja nie jest dowodem produktu, fabryki, kontroli, próby, parametrów terenowych ani certyfikacji PremFixer Fasteners.

13.1 Inżynieria ukierunkowana na wartość

Proces docelowy:

Wymaganie klienta
→ DFM
→ Przegląd ryzyka uszkodzeń
→ Materiał / Powłoka

→ **Prototyp**
→ **FAI**
→ **DVP&R**
→ **Pilotaż**
→ **Produkcja seryjna**
→ **Identyfikowalność partii**
→ **Informacje zwrotne z eksploatacji**

13.2 Pakiet dowodowy reprezentatywnych SKU

Priorytetowe reprezentatywne SKU:

Wariant A — Lekki

7075 / otwór drążony / nacisk na redukcję masy

Wariant B — Premium

Ti / serwisowalność / kontrola zatarcia

Wariant C — O wysokiej trwałości

Stal / korozja / zmęczenie / powłoka

Dla każdego SKU:

```
01_Rysunek
02_CAD
03_Materiał
04_Wymiar
05_MSA
06_Proces
07_Powłoka
08_Moment
09_Wytrzymałość
10_Korozja
11_Drgania
12_Montaż
13_Identyfikowalność
14_Zdjęcia_produktu
15_Zdjęcia_fabryki
16_Ilustracje_białej_księgi
```

13.3 Pierwsze dowody wymagające zamknięcia

P0-1 Zdolność funkcjonalnego trzpienia

Cel: Dowód rzeczywistej zdolności wymiarowej produkcji seryjnej.

P0-2 Identyfikowalność materiału

Cel: MTC → SKU → Partia.

P0-3 Powłoka

Cel: Określony układ powłok + grubość + próba w mgle solnej + deklaracja chemiczna.

P0-4 Zależność momentu dokręcania od siły zacisku

Cel: Rzeczywista krzywa dla powłoki, smarowania i zabezpieczenia.

P0-5 Wielokrotny montaż

Cel: Cykl montażu i demontażu.

P0-6 Zabezpieczenie

Cel: Porównawcza próba drgań poprzecznych.

P0-7 Identyfikowalność

Cel: PO → Partia wyrobu gotowego → Powłoka → CNC → Materiał.

13.4 Klient końcowy otrzymuje więcej niż ofertę

Dojrzały projekt systemu przegubów może obejmować następujące elementy dostawy dla klienta:

1. Oferta
2. Przegląd DFM
3. Rysunek
4. Certyfikat materiału
5. FAI
6. Specyfikacja momentu / montażu
7. DVP&R
8. Plan kontroli
9. Identyfikowalność
10. Plan pakowania / zestawu części zamiennych

Na tym polega:

> **Partnerstwo inżynieryjne i produkcyjne w zakresie elementów systemu przegubów rowerowych**

Rozdział 14: wnioski inżynierskie V2.0

14. Wnioski inżynierskie

Po pierwszej rundzie weryfikacji na podstawie publicznych norm, badań recenzowanych i oficjalnych praktyk marek MTB można sformułować następujące mocne wnioski:

Wniosek 1

Elementów systemu przegubów nie można projektować tak, jak projektuje się standardowe elementy złączne.

Pełnią one jednocześnie funkcje precyzyjnych elementów osiowych, złącza o kontrolowanej sile napięcia wstępnego, interfejsu łożyska i serwisowalnych elementów złącznych.

Wniosek 2

Moment dokręcania nie jest siłą zacisku.

Zmiana powłoki, smarowania, środka zabezpieczającego gwint lub powierzchni współpracującej może zmienić rzeczywistą siłę napięcia wstępnego.[R2][R17]

Wniosek 3

Pasowanie funkcjonalne jest ważniejsze niż „jedna wartość tolerancji".

Zużycie frettingowe wiąże się z mikroruchem, pasowaniem i stanem kontaktu.[R5][R6]

Wniosek 4

Próba w mgle solnej nie jest zegarem trwałości eksploatacyjnej.

ISO 9227 nie wspiera bezpośredniego przeliczania wyniku mgły solnej na długą trwałość.[R19]

Wniosek 5

Interfejs CFRP / aluminium wymaga kontroli korozji galwanicznej.

Izolacja, powłoka, uszczelnienie i odprowadzanie wody należą do projektu konstrukcji.[R11][R28]

Wniosek 6

Wartość premium tytanu wymaga jednoczesnej kontroli zatarcia oraz wpływu tarcia na moment dokręcania. [R12]

Wniosek 7

Galwanizowane elementy ze stali wysokowytrzymałej wymagają kontroli kruchości wodorowej. [R20]-[R23]

Wniosek 8

Sposób wytwarzania gwintu jest zmienną inżynierii zmęczenia. [R3]

Wniosek 9

Serwisowalność nie jest dodatkiem posprzedażnym, lecz KPI projektu systemu przegubów. [R9][R10]

Wniosek 10

E-MTB wymaga odrębnego widma obciążeń, a nie skopiowanej walidacji MTB bez wspomagania. [R36]

Załącznik A: macierz doboru materiału

Materiał	Gęstość	Potencjał wytrzymałości	Odporność na korozję	Ryzyko zatarcia	Redukcja masy	Typowa rola
6061-T6	Niska	Średni	Dobra z wykończeniem	Niski	Wysoka	Tuleja dystansowa / średnie obciążenie
7075-T6	Niska	Wysoki	Zależna od interfejsu	Niski–średni	Bardzo wysoka	Lekka oś/śruba
Ti-6Al-4V	Średnia	Bardzo wysoki	Wysoka	Wysokie	Wysoka	Oś/śruba premium
Stal stopowa	Wysoka	Bardzo wysoki	Zależna od powłoki	Niski–średni	Niska	Duże obciążenie / mały przekrój
Stal nierdzewna	Wysoka	Zależny od gatunku	Wysoka	Średni–wysoki	Niska	Korozja / serwis

Załącznik B: przesiewowa ocena ryzyka galwanicznego

> Poniższe zestawienie służy do przesiewowej oceny projektowej; nie jest dokładną tabelą potencjałów galwanicznych.

Kombinacja	Ryzyko przy wilgoci / soli	Główne działanie
Al ↔ Al	Średnie	wykończenie + uszczelnienie
Al ↔ Stal nierdzewna	Średnie–wysokie	izolacja + uszczelnienie
Al ↔ Tytan	Średnie–wysokie	bariera / uszczelnienie
CFRP ↔ Aluminium	Wysokie	izolacja elektryczna
Tytan ↔ Stal nierdzewna	Niskie–średnie galwaniczne; przegląd ryzyka zatarcia	środek smarny / serwis
Stal ↔ Aluminium	Średnie–wysokie	powłoka + izolacja

Załącznik C: macierz inżynierii powierzchni

Proces	Podłoże	Główna wartość	Główne ryzyko
Anodowanie	Al	korozja / wygląd	przyrost grubości / pasowanie
Anodowanie twarde	Al	zużycie / korozja	wpływ wymiarowy
System cynkowy	Stal	korozja	kruchość wodorowa / tarcie
Zn-Ni	Stal	korozja	proces / moment dokręcania
Powłoka płatkowa cynku	Stal	korozja / funkcjonalność	pasowanie / tarcie
PVD	Różne	zużycie / wygląd	korozja zależna od systemu
Pasywacja	Stal nierdzewna	stan powierzchni	gatunek materiału bazowego nadal ma znaczenie
Środek przeciwzatarciowy	Gwint	ograniczenie zatarcia	ponowna kalibracja momentu dokręcania

Załącznik D: arkusz zależności momentu dokręcania od siły zacisku

Projekt:
Rama:
Położenie przegubu:
PN:
Rewizja rysunku:
Materiał:
Gwint:
Powłoka:
Smarowanie:
Środek blokujący gwint:
Materiał gwintu wewnętrznego:
Moment docelowy:
Tolerancja momentu:
Zacisk docelowy:
Okno zacisku:
Moment demontażu:
Cykle ponownego użycia:

Załącznik E: podstawowy szablon DVP&R

Wymaganie	Uszkodzenie	Próba	Metoda	Próbka	Akceptacja	Dowód
Pasowanie	Zużycie frettingowe	Wymiar + złącze	Wewnętrzna			
Siła napięcia wstępnego	Rozrzut	Zależność momentu dokręcania od siły zacisku	Z inspiracją ISO 16047			
Zabezpieczenie	Samoluzowanie	Drgania poprzeczne	Projektowa			
Korozja	Czerwona korozja	NSS	ISO 9227			
Serwis	Zatarcie	Wielokrotny montaż	Wewnętrzna			
Konstrukcja	Zmęczenie	Badanie ramy	ISO/klient			

Załącznik F: lista kontrolna DFM

Geometria

- ☐ Płaszczyzna ścinania poza gwintem, jeśli wymagana
- ☐ Stopień podpiera interfejs funkcjonalny
- ☐ Promień przejścia wystarczający
- ☐ Przejście otworu drążonego poddano przeglądowi
- ☐ Zazębienie narzędzia wystarczające
- ☐ Zazębienie gwintu wystarczające

Pasowanie

- ☐ Łożysko
- ☐ Trzpień
- ☐ Tuleja dystansowa
- ☐ Rama / łącznik
- ☐ Powłoka
- ☐ Końcowy stos tolerancji

Materiał

- ☐ Gatunek
- ☐ Wytrzymałość
- ☐ Zmęczenie
- ☐ Korozja
- ☐ Zatarcie
- ☐ Oddziaływanie galwaniczne

Montaż

- ☐ Moment dokręcania
- ☐ Siła zacisku
- ☐ Środek zabezpieczający gwint
- ☐ Smarowanie
- ☐ Zapobieganie błędom

Serwis

- ☐ Moment demontażu

- ☐ Ponowne użycie
- ☐ PN części zamiennej
- ☐ Dostęp narzędzia
- ☐ Zatarcie korozyjne

Załącznik G: dowody publiczne → mapa weryfikacji wewnętrznej

Twierdzenie inżynierskie	Wsparcie publiczne	Co PremFixer Fasteners musi sprawdzić
Moment dokręcania ≠ siła zacisku	Tak	Nasze krzywe
Obciążenie poprzeczne może powodować luzowanie	Tak	Nasze złącze
Zużycie frettingowe wskutek mikroruchu	Tak	Nasze pasowanie / zacisk
Wstępne nanoszenie jest dojrzałym procesem	Tak	Nasz takt / zabezpieczenie
Ryzyko galwaniczne CFRP/Al	Tak	Nasz układ materiałów
Ryzyko zatarcia tytanu	Tak	Nasze smarowanie / demontaż
Ryzyko kruchości wodorowej	Tak	Nasz proces powlekania
Mechanizm zmęczeniowy gwintu walcowanego	Tak	Zmęczenie naszego produktu
Granice NSS	Tak	Nasz raport dotyczący powłoki
Środowisko E-MTB jest inne	Tak	Nasze widmo obciążeń

Załącznik H: zalecane ilustracje białej księgi

1. Widok rozstrzelony systemu przegubów
2. Ścieżka obciążenia łożysko–oś–tuleja dystansowa
3. Schemat łańcucha tolerancji
4. Okno inżynierskie zależności momentu dokręcania od siły zacisku
5. Przyrost powłoki przed/po
6. Krzywa utrzymania siły zacisku w próbie typu Junkera
7. Ścieżka korozji galwanicznej
8. Wielowarstwowa architektura uszczelnienia
9. Drzewo przyczyn trzasków
10. Ilustracja przepływu metalu podczas walcowania gwintu
11. Góra lodowa TCO
12. Poziomy dowodów E0–E5
13. Łańcuch identyfikowalności partii
14. Macierz XC / Trail / Enduro / DH / E-MTB

Załącznik I: słownik

Termin podstawowy	Zalecane określenie polskie	Objaśnienie
Przegub	Przegub / punkt obrotu	Punkt obrotu łącznika zawieszenia
Trzpień	Gładki trzpień	Funkcjonalny odcinek bez gwintu
Stopień	Stopień / ramię oporowe	Stopień ustalający / podpierający
Siła zacisku	Siła zacisku	Osiowa siła zacisku złącza
Siła napięcia wstępnego	Siła napięcia wstępnego	Początkowe obciążenie wewnętrzne elementu
Zużycie frettingowe	Zużycie cierne	Uszkodzenie styku o małej amplitudzie
Zatarcie	Zatarcie	Silne zużycie adhezyjne / zakleszczenie
Bicie	Bicie	Odchyłka geometryczna przy obrocie
Środek zabezpieczający gwint	Środek blokujący gwint	Chemiczny system blokowania
TCO	Całkowity koszt posiadania	Koszt cyklu życia
DVP&R	Plan i raport walidacji projektu	Macierz walidacji
CTQ	Krytyczna cecha jakościowa	Cecha krytyczna dla jakości
MSA	Analiza systemu pomiarowego	Ocena wiarygodności systemu pomiarowego
Cpk	Wskaźnik zdolności procesu	Statystyczna miara zdolności procesu względem granic specyfikacji

Materiały źródłowe

> Lista opiera się na publicznych metadanych, streszczeniach i oficjalnych materiałach technicznych. Pełne teksty norm ISO są chronione prawem autorskim i nie są kopiowane. Przed końcową publikacją należy ponownie sprawdzić adres URL, rewizję i zakres każdego źródła internetowego.

[R1] Yang, G., Yang, L., Chen, J., et al. (2021). *Competitive Failure of Bolt Loosening and Fatigue under Different Preloads*. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 34, 141. DOI: 10.1186/s10033-021-00663-3.
https://link.springer.com/article/10.1186/s10033-021-00663-3

[R2] Croccolo, D., De Agostinis, M., Vincenzi, N. (2011). *Failure analysis of bolted joints: Effect of friction coefficients in torque–preloading relationship*. Engineering Failure Analysis.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350630710001676

[R3] du Maire, P., Hoffmeister, J., Öchsner, A., Johlitz, M. (2025). *Investigations On The Fatigue Strength Of Threads Produced By Different Fabrication Techniques*. 15th International Conference on Shot Peening / Purdue e-Pubs. DOI: 10.5703/1288284317919.
https://docs.lib.purdue.edu/icsp15/papers/fatigue1/2/

[R4] Chen, D. et al. (2019). *Tightening behavior of bolted joint with non-parallel bearing surface*. International Journal of Mechanical Sciences.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002074031833409X

[R5] SKF. *Golden opportunities / Fretting Corrosion*.
https://evolution.skf.com/golden-opportunities/

[R6] SKF. *Bearing damage analysis: ISO 15243 is here to help you*.
https://evolution.skf.com/bearing-damage-analysis-iso-15243-is-here-to-help-you/

[R7] Bulej, V., Kuric, I., Sága, M., et al. (2022). *Analysis of Symmetrical/Asymmetrical Loading Influence of the Full-Suspension Downhill Bicycle's Frame...*. Symmetry, 14(2), 255. DOI: 10.3390/sym14020255.
https://www.mdpi.com/2073-8994/14/2/255

[R8] Pivot Cycles. *Mach 429 SL Carbon V3 Hardware / Small Parts Schematic*.
https://portal.pivotcycles.com/portalimages/techspec/Mach%20429%20SL%20V3%20Small%20Parts%20Schematic.pdf

[R9] Santa Cruz Bicycles Rider Support (2026). *Bearing and Pivot Axle Maintenance*.
https://ridersupport.santacruzbicycles.com/how-often-should-i-replace-bearings-and-pivot-axles

[R10] Specialized. Current Stumpjumper 15 product pages — suspension pivot bearing replacement support.
https://www.specialized.com/us/en/stumpjumper-15-expert-sram-gx-axs-fox-performance-elite/p/4221401

[R11] Håkansson, E. et al. (2017). *The role of corrosion product deposition in galvanic corrosion of aluminum/carbon systems*. Corrosion Science.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010938X16309659

[R12] Szpunar, M. et al. (2021). *Effect of Lubricant Type on the Friction Behaviours and Galling of Titanium Alloy*. Materials, 14(13), 3721.
https://www.mdpi.com/1996-1944/14/13/3721

[R13] Henkel. *Pre-applied adhesives and sealants*.
https://next.henkel-adhesives.com/us/en/articles/pre-applied-adhesives-sealants.html

[R14] Henkel. *LOCTITE DRI 2250-W*.
https://next.henkel-adhesives.com/us/en/products/industrial-adhesives/central-pdp.html/loctite-dri-2250-w/124651IB/variation/2879425.html

[R15] Liu, Z. et al. (2020). *Changing behavior of friction coefficient for high strength bolted joints during repeated tightening*. Tribology International.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301679X20303212

[R17] ISO 16047:2005 + Amd 1:2012. *Fasteners — Torque/clamp force testing*.
https://www.iso.org/standard/27788.html

[R18] ISO 16130:2015. *Aerospace series — Dynamic testing of the locking behaviour of bolted connections under transverse loading conditions*.
https://www.iso.org/standard/55728.html

[R19] ISO 9227:2022. *Corrosion tests in artificial atmospheres — Salt spray tests*.
https://www.iso.org/standard/81744.html

[R20] ISO 4042:2022. *Fasteners — Electroplated coating systems*.
https://www.iso.org/standard/77913.html

[R21] ISO 4042:2022/Amd 1:2026. *Fasteners — Electroplated coating systems — Amendment 1*.
https://www.iso.org/standard/91743.html

[R22] ISO 15330:1999. *Fasteners — Preloading test for the detection of hydrogen embrittlement — Parallel bearing surface method*.
https://www.iso.org/ics/21.060.01.html

[R23] ISO/TR 20491:2019. *Fasteners — Fundamentals of hydrogen embrittlement in steel fasteners*.
https://www.iso.org/ics/21.060.01.html

[R24] ISO 10683:2018. *Fasteners — Non-electrolytically applied zinc flake coating systems*.
https://www.iso.org/standard/70609.html

[R25] ISO 3506-1:2020. *Fasteners — Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners — Part 1*.
https://www.iso.org/standard/70045.html

[R26] ISO/TR 19852:2026. *Neutral salt spray test — Results of an international interlaboratory test and conclusions for practical application*.
https://www.iso.org/standard/86004.html

[R27] ISO 14993:2026. *Corrosion of metals and alloys — Accelerated test involving cyclic exposure to salt mist, dry and wet conditions*.
https://www.iso.org/standard/89968.html

[R28] Jun, J. et al. (2021). *Mitigation of Galvanic Corrosion in Bolted Joint of AZ31B and Carbon Fiber-Reinforced Composite Using Polymer Insulation*. Materials, 14(7), 1670.
https://www.mdpi.com/1996-1944/14/7/1670

[R29] Santa Cruz Bicycles Rider Support (2026). *Stop the Creak: A Guide to Silencing Your Bike*.
https://ridersupport.santacruzbicycles.com/creaking

[R30] Directive 2011/65/EU (RoHS).
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32011L0065

[R31] ISO 14021:2026. *Environmental statements and programmes for products — Self-declared environmental claims*.
https://www.iso.org/obp/ui/

[R32] ISO (2026). *New ISO standards bring clarity to chain of custody*.
https://www.iso.org/contents/news/2026/03/new-iso-standards-bring-clarity.html

[R33] ECHA. *Candidate List of Substances of Very High Concern*.
https://chem.echa.europa.eu/

[R34] ISO 4210-2:2023. *Cycles — Safety requirements for bicycles — Part 2*.
https://www.iso.org/standard/78077.html

[R35] ISO 4210-6:2023. *Cycles — Safety requirements for bicycles — Part 6: Frame and fork test methods*.
https://www.iso.org/standard/78081.html

[R36] Trek Bicycle Corporation. *Rail+ — High-powered e-MTB*. Current public product overview.
https://www.trekbikes.com/us/en_US/rail-plus-high-powered-emtb/

Obowiązkowe uzupełnienie dowodów PremFixer Fasteners przed publikacją zewnętrzną

Następujących treści nie wolno przedstawiać jako ostatecznych twierdzeń handlowych bez własnych dowodów:

- ☐ Stabilna zdolność produkcyjna przy tolerancji ±0.008 mm
- ☐ Cpk ≥1.33 dla wybranych CTQ
- ☐ Konkretna liczba godzin w mgle solnej
- ☐ Konkretna odporność korozyjna powłok Zn-Ni / PVD
- ☐ Krzywa zależności momentu dokręcania od siły zacisku
- ☐ Utrzymanie siły zacisku podczas drgań
- ☐ Liczba cykli ponownego użycia
- ☐ Moment demontażu tytanu po starzeniu
- ☐ Środki kontroli kruchości wodorowej stali stopowej
- ☐ Oszczędność czasu taktu dzięki wstępnie naniesionemu zabezpieczeniu
- ☐ Zakres wykrywania AOI / PPM
- ☐ Rzeczywiste zapisy wykonania prototypu w ciągu 7–10 dni
- ☐ Studium przypadku redukcji BOM/SKU
- ☐ Studium przypadku TCO klienta
- ☐ Dane gwarancyjne / eksploatacyjne

Zakończenie

Systemu przegubów wysokowydajnego roweru z pełnym zawieszeniem nie należy w łańcuchu dostaw sprowadzać do:

> **„Zapytania ofertowego na niestandardową śrubę M8 / M10 / M12.”**

Rzeczywiste pytania inżynierskie brzmią:

- Skąd pochodzi obciążenie złącza?
- Jaka jest siła zacisku?
- Jak podparte jest łożysko?
- W którym interfejsie może wystąpić mikropoślizg?
- W jakim stopniu powłoka zmienia tarcie?
- Czy tytan ulegnie zatarciu?
- Czy galwaniczne powlekanie stali stwarza ryzyko opóźnionego pękania?
- Jak odizolować włókno węglowe od aluminium?
- Jak powstrzymać wnikanie błota i wody?
- Czy po dwóch latach możliwy jest bezproblemowy demontaż?
- Czy uszkodzenie można prześledzić do źródła?

Gdy każde pytanie znajduje odpowiedź w:

Rysunek + obliczenia + próba + dane + identyfikowalność

Element systemu przegubów przestaje być „tanim elementem złącznym” i staje się:

> **Kontrolowanym podsystemem mechanicznym wpływającym na niezawodność roweru.**

Cel PremFixer Fasteners V2.0 jest jasny:

> **Nie tylko wykonać śrubę zgodną z rysunkiem, lecz zbudować weryfikowalny, zdolny do produkcji seryjnej, serwisowalny i identyfikowalny system inżynierii elementów systemu przegubów rowerowych.**

KONIEC WYDANIA DOWODOWEGO V2.0 — FORMALNA TREŚĆ