

Silniki satelitowe

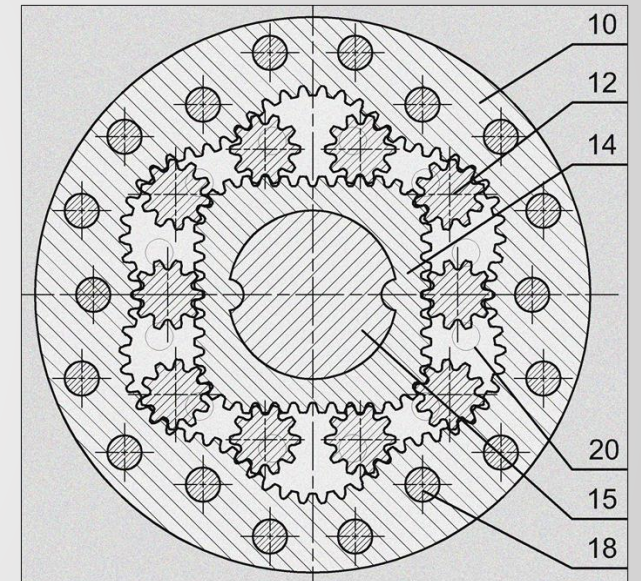
Porównanie technologii silników hydraulicznych

Silniki satelitowe

Porównanie technologii silników hydraulicznych

Cechą charakterystyczną silników satelitowych jest to, że mogą pracować na cieczy roboczej jaką jest emulsja HFA (0.5-3%) wg ISO 12922 przy bezwzględnej filtracji 100 μm .

Dlaczego właściwie silniki satelitowe sprawdzają się w tak trudnych warunkach pracy ?



Przekrój przez mechanizm roboczy silnika satelitowego.

W technicznym żargonie:

14 - planeta

12 - satelita

10 - obwiednia

Trwałość silnika w funkcji parametrów cieczy roboczej

Na trwałość mechanizmów silników hydraulicznych i pomp istotny wpływ mają dwa czynniki:

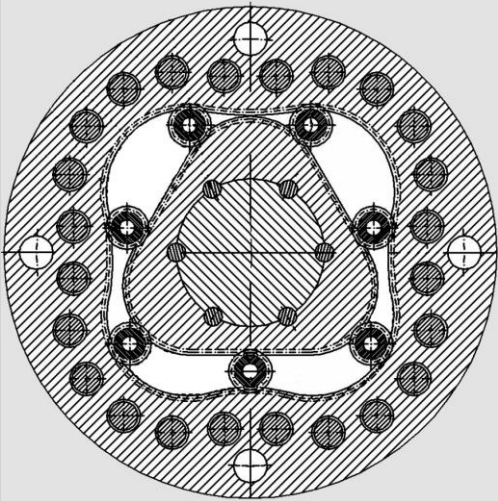
- Właściwości smarne cieczy roboczej. Producent silnika dobiera materiał na pary cierne do określonego medium. Praca na nieodpowiedniej cieczy roboczej może doprowadzić np. do szybkiego zatarcia mechanizmu.
- Czystość cieczy roboczej. Parametr kluczowy. Kiedyś czystość cieczy roboczej określało się poprzez klasę filtracji filtra w układzie hydraulicznym. Obecnie do oceny czystości cieczy roboczej stosujemy normę ISO 4406:2021. Nie ma przelicznika klasy czystości w tej normie na wartość bezwzględną zanieczyszczeń podaną w μm – choć niektórzy takie przeliczniki podają.

Analizator czystości cieczy roboczej ICM 4.0, wyposażony w technologię optyczną zapewniającą pełny ciągły pomiar wg normy ISO 4406/99, (dla 4, 6, 14 μm) zapewnia wszechstronną i ciągłą kontrolę stanu płynów.



Silniki satelitowe – rys historyczny

Historycznie rzecz ujmując, można przyjąć, że uzębione konstrukcje obiegowo-krzywkowe mają już przeszło 100 lat. Nie były jednak szerzej znane komercyjnie wdrożenia aż do lat 70-tych XX wieku, kiedy silniki typu SOK zostały wykorzystane jako napęd układu posuwu w górniczych kombajnach ścianowych (Famur, ZZN). Silniki te były zasilone olejem, który często ulegał zanieczyszczeniu między innymi z powodu prac serwisowych prowadzonych na maszynie w warunkach dołowych. Z doświadczeń wiadomo, że silnik SOK był w stanie pracować na zanieczyszczonym oleju przy filtracji 100 μm .

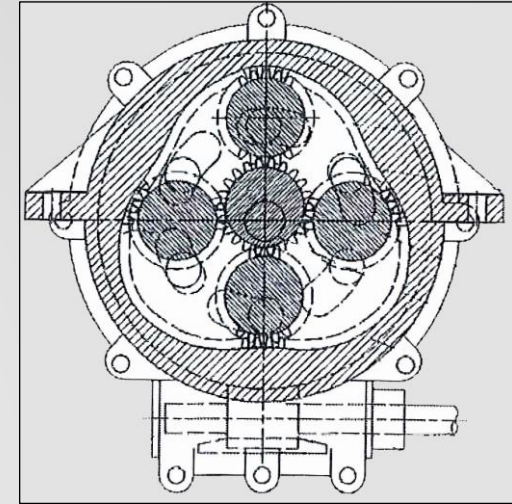


Silnik obiegowo-krzywkowy SOK.
Hydroster, 1974 rok.

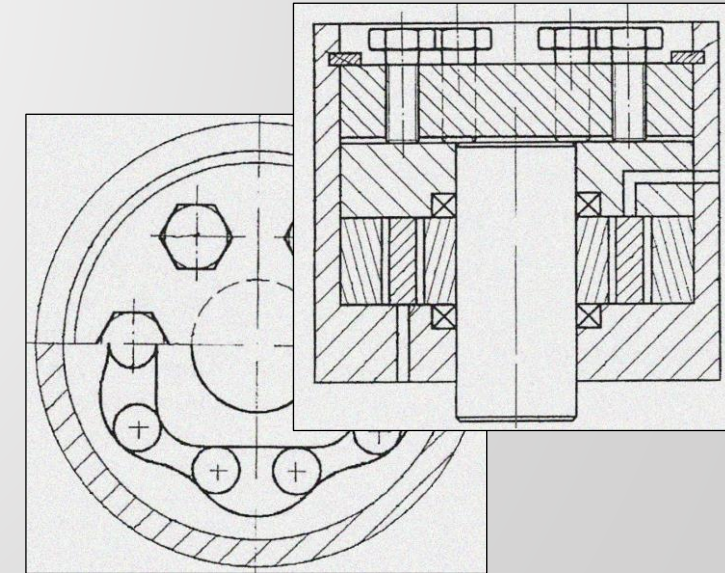
Odporność na znaczne zanieczyszczony olej była największą zaletą silników satelitowych krzywkowo-obiegowych SOK. Duże powierzchnie pokryw silnika i brak kompensacji luzów ograniczały pracę do 16 MPa i wykluczały ciecze robocze o małej lepkości.

Obecne silniki satelitowe typu SM to efekt wieloletnich doświadczeń i ciągłych udoskonaleń. Postać konstrukcyjna silników przejęła z poprzednich rozwiązań odporność na zanieczyszczenia (do 100 μm), jednak przy możliwości pracy z cieczą roboczą o niskiej lepkości jak emulsje HFA (0.5-3%). Silniki SM stały się też kilkukrotnie mniejsze w stosunku do przenoszonego momentu, przez co również lżejsze. Dzięki temu silniki znalazły zastosowanie w wielu urządzeniach przenośnych.

(1) Śliwiński P. Satelitowe maszyny wyporowe. Monografia 155. Pol.Gdańska 2016.

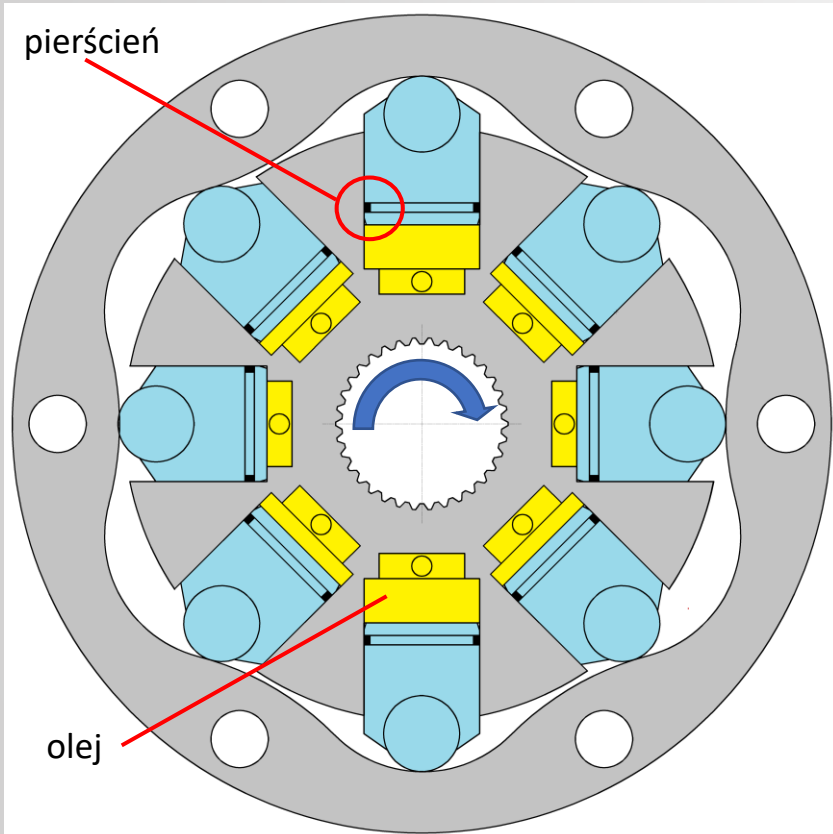


Satelitowy mechanizm rotacyjny.
Patent USA z 1914 roku (1)

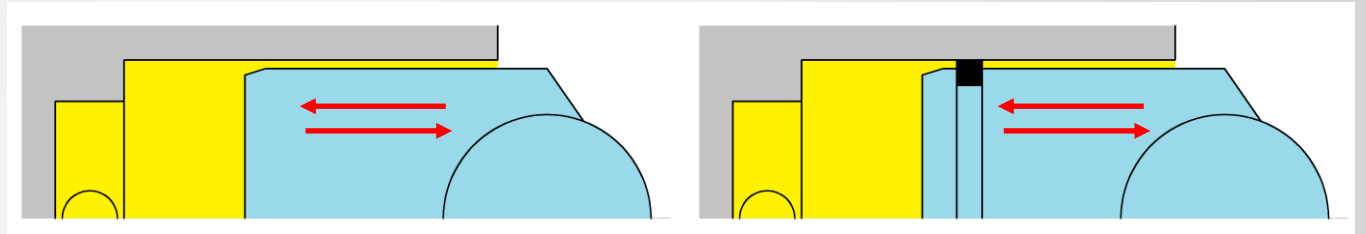


Silnik satelitowy SM. Patent PL 200588 z 2004 roku

Silniki wielotłoczkowe



Uszczelnienie pomiędzy tłokiem a cylindrem stanowi sama szczelina, która może być wspomagana pierścieniem. Luz szczeliny wynosi kilka μm .

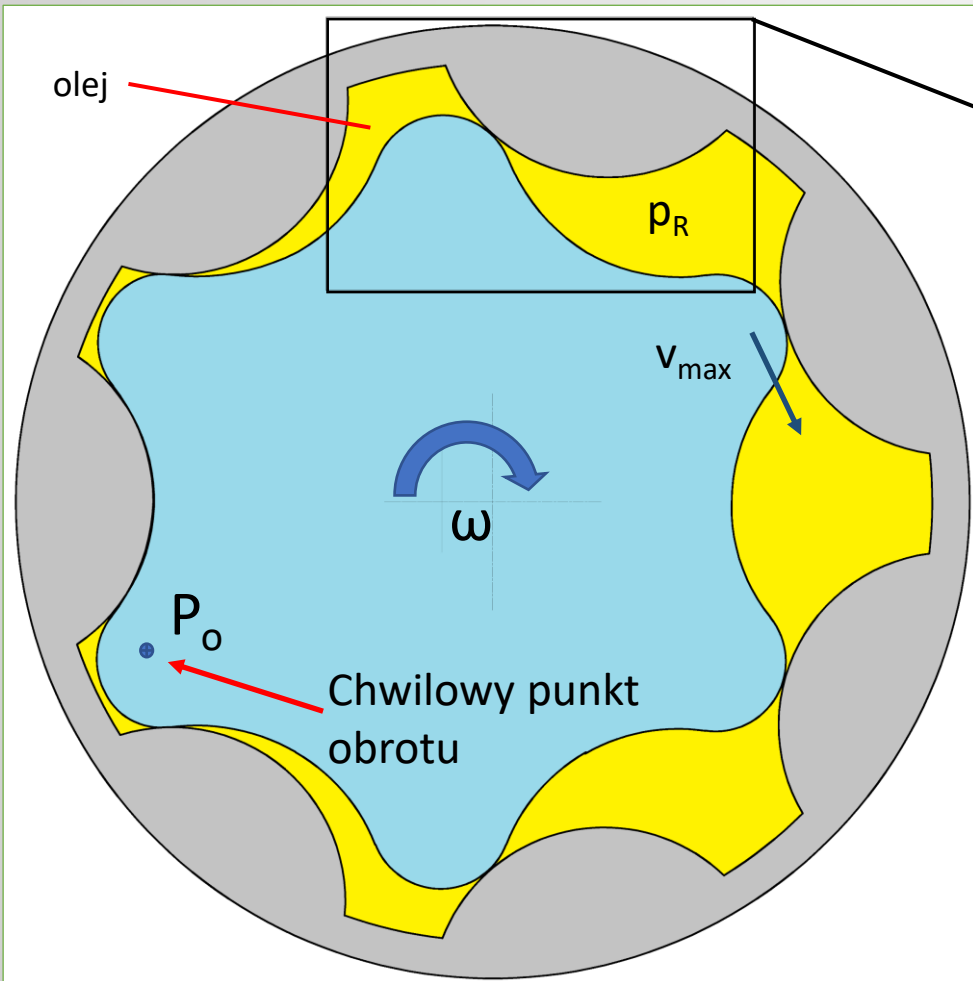


Uszczelnienia w silnikach wielotłoczkowych pracują w ruchu posuwisto-zwrotnym. Silniki te powinny być zasilone olejem w klasie czystości co najmniej 18/16/13 ISO4406:2021 (lepiej niż 10-20 μm).

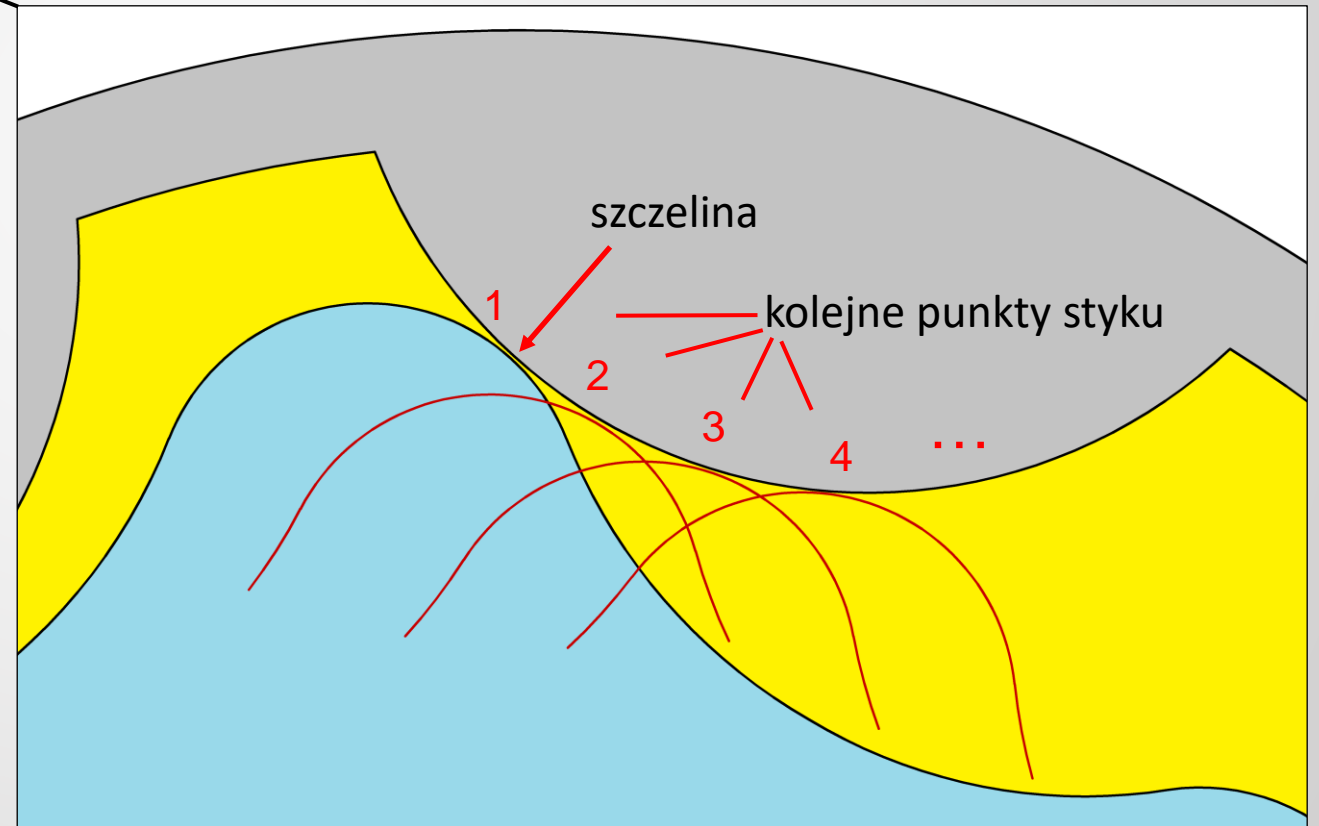
Zasilenie olejem o gorszej filtracji niż 20 μm w krótkim czasie zniszczy uszczelnienia w silniku.

Dodatkowo silniki te mogą posiadać system smarowania elementów trących wykorzystujący medium robocze. Z tego powodu **uboga emulsja HFA (0.5-2% oleju w wodzie) nie jest w stanie zapewnić odpowiedniego smarowania.**

Silniki gerotorowe



W silnikach gerotorowych komora wyporowa jest uszczelniona na styku zębów obracającego się wału oraz zębów wieńca. Punkt styku w rzeczywistości tworzy w przybliżeniu liniową szczelinę. W punkcie nr 3 prędkość liniowa zęba wału gerotorowego v jest największa, występuje tutaj największy poślizg. Ten obszar jest szczególnie narażony na oddziaływanie cząstek ściernych w oleju czy emulsji HFA-E.



Silniki gerotorowe

Producenci silników gerotorowych (orbital motors) podają parametry urządzenia w odniesieniu do zalecanego oleju przy czystości co najmniej 18/16/13 ISO4406:2021 (lepiej niż 10-20 μm).

Jeden z producentów silników odnosi się do cieczy niepalnych wg normy ISO 12922 (hydrauliczne ciecze niepalne), podając szacunkowe zmniejszenie trwałości silnika oraz łożysk dla emulsji HFA 5%.

Silnik miałby mieć 50 razy a łożyska przeszło 20 razy mniejszą trwałość.

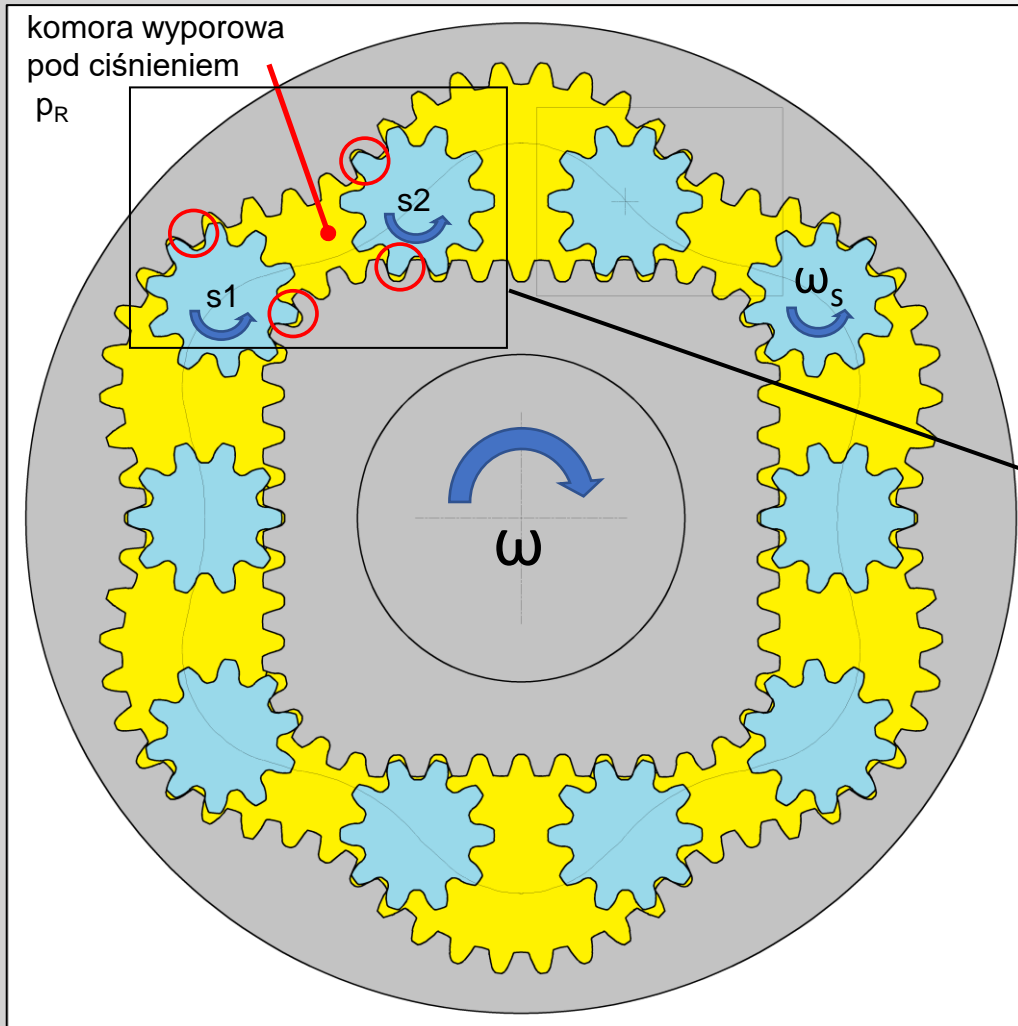
Wartości te odnoszą się do relatywnie czystej cieczy roboczej.

REQUIREMENTS FOR FIRE RESISTANT HYDRAULIC FLUIDS *Orbital Motors Type MM*

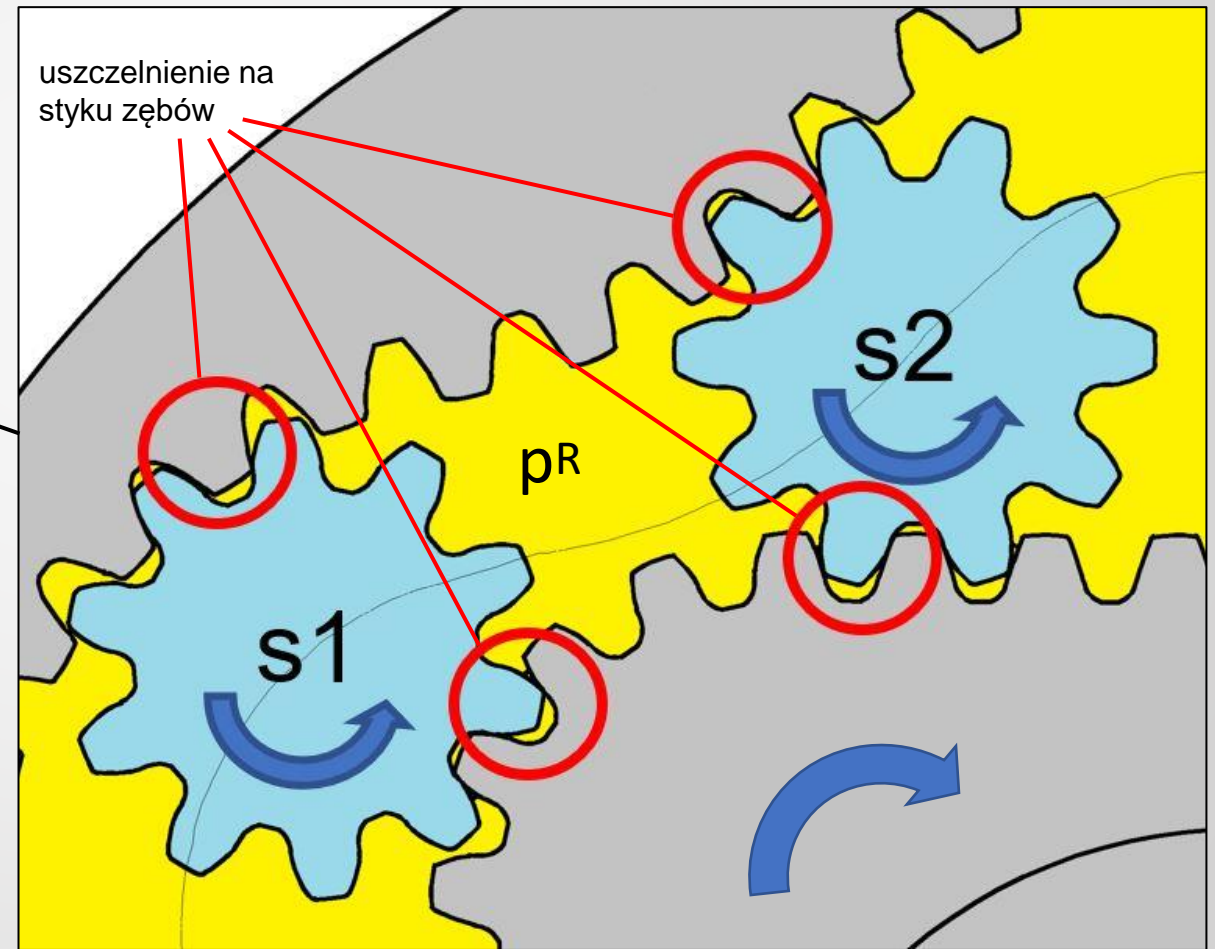
	Type				
	HFA	HFB	HFC	HFD	
Standard	ISO 12922 DIN 24320	ISO 12 922 VDMA 24 317			
Features	Oil in water emulsion	Oil in water emulsion	Watery polymer solution	Water free synthetic fluids	
Max. differential pressure bar	cont.	50	70		
	int.	70	100		
Operating temperature ¹	°C	5 - 55	5 - 60	-20 - 60	10 - 70
Water content ¹	%	>80	>40	>35	-
Typical roller bearing life (mineral based fluid is 100%)		<5	30 - 35	10 - 20	50 - 100
Estimated life time (mineral based fluid is 100%)		2 - 5 %	10-20 %	10-15 %	80-100 %

¹ The temperature range and the water content are based on the specific fluid properties.

Silniki satelitowe

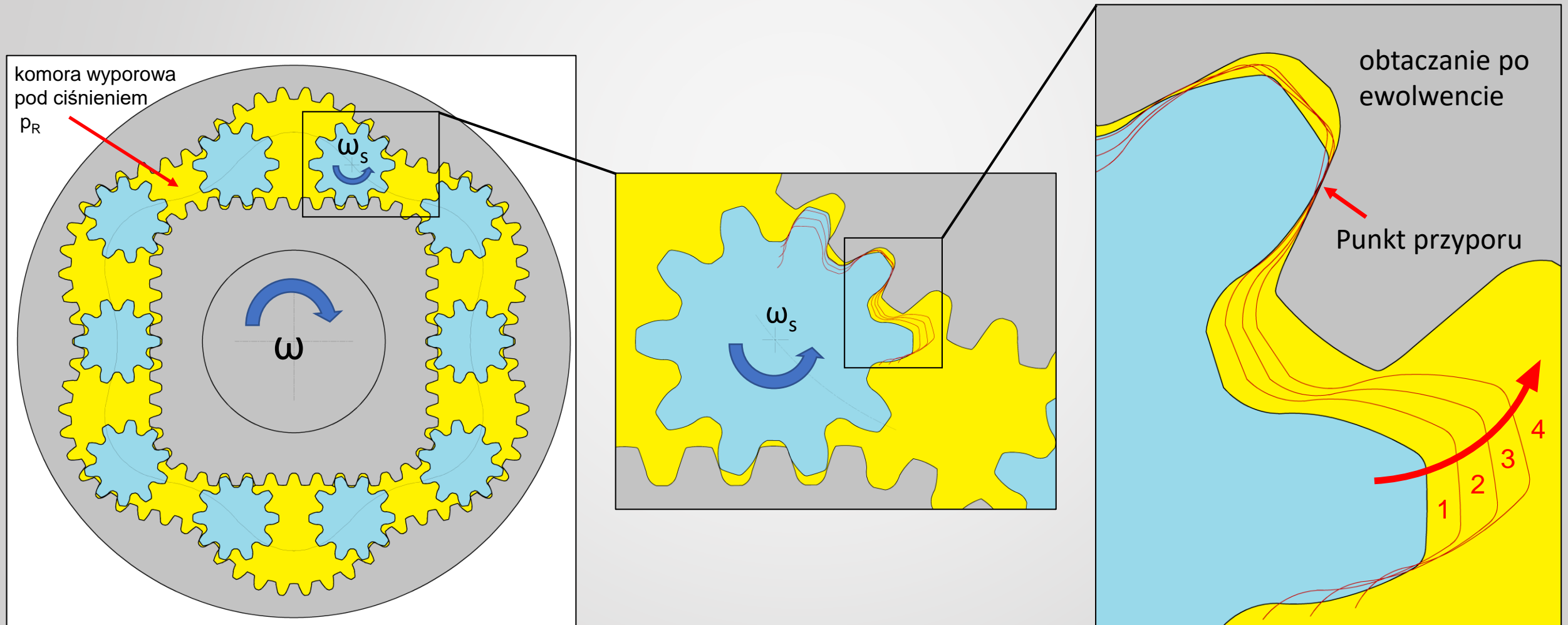


W silnikach satelitowych uszczelnienie komory wyporowej powstaje na styku zębów kół satelitów. W tym przypadku zęby satelitów S_1 i S_2 zamykają komorę pod ciśnieniem p_R .



Silniki satelitowe

W silnikach satelitowych zazębienie ma zarys ewolwentowy który ma tą właściwość, że zęby obtaczają się po sobie. Występujące tutaj przeważające tarcie toczone jest korzystniejsze od ślizgowego pod względem zużycia pary trącej.

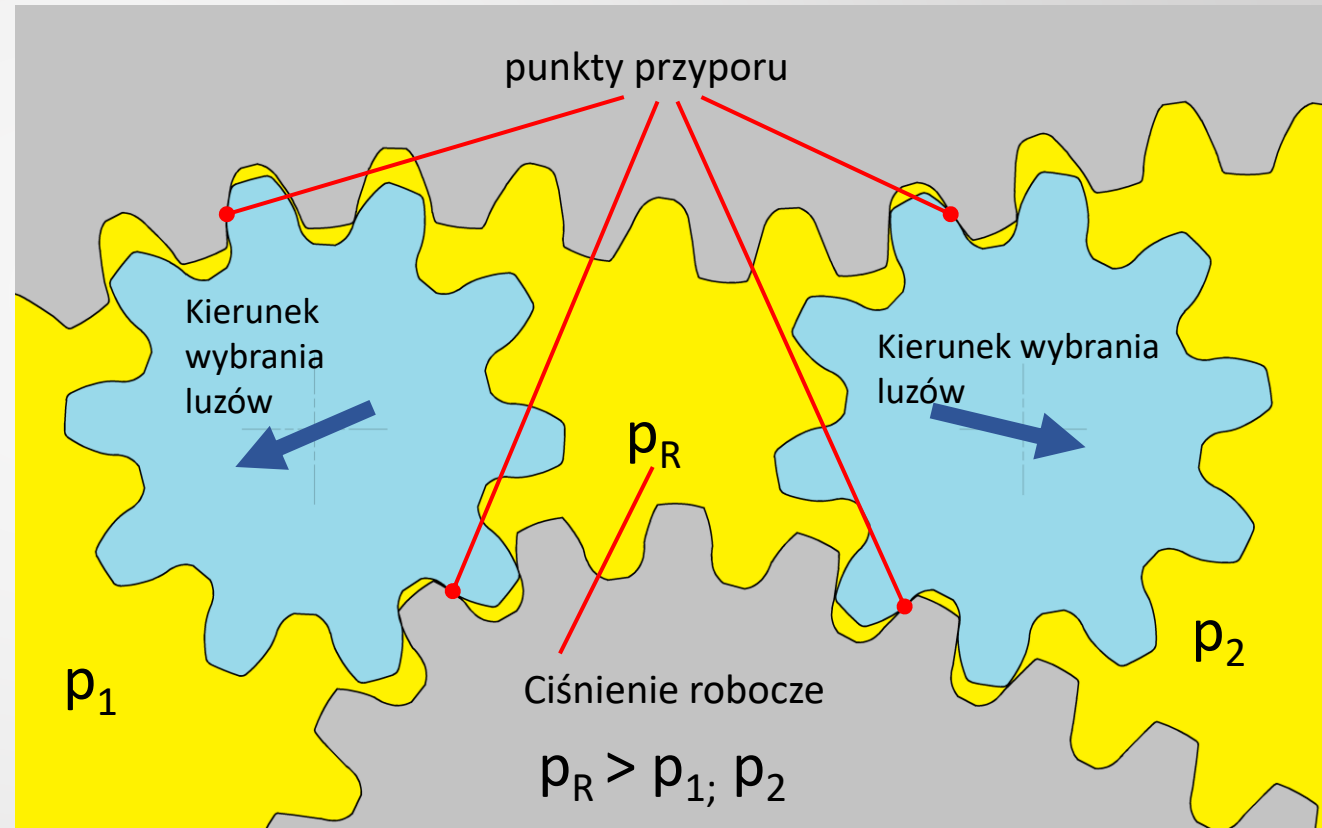


Wpływ zużycia ciernego na pracę silnika

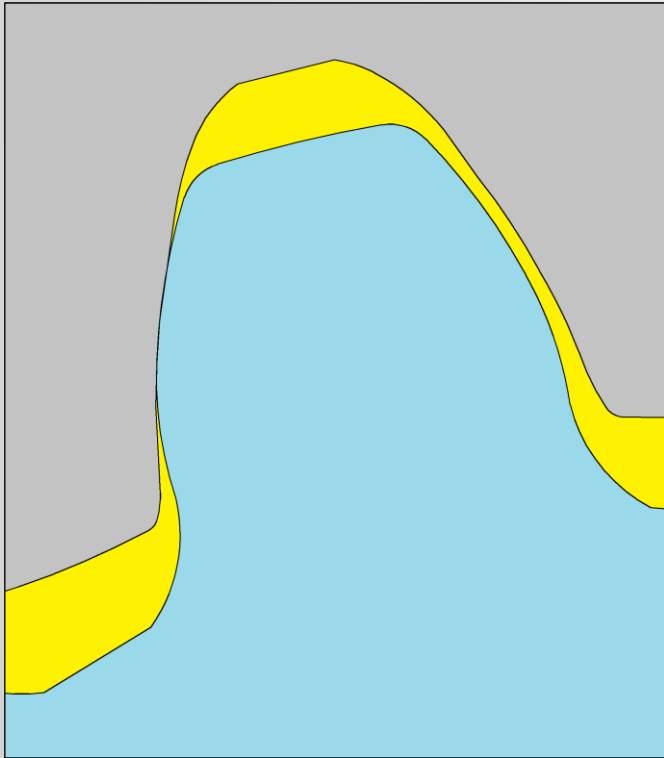
W silnikach satelitowych koła obiegowe (satelity) pełnią dwie role:

- Zamykając przestrzeń pomiędzy sobą tworzą komory wyporowe które uszczelniają zęby kół satelitowych
- Sterują przepływem medium roboczego zamykając i otwierając kanały dolotowe i wylotowe

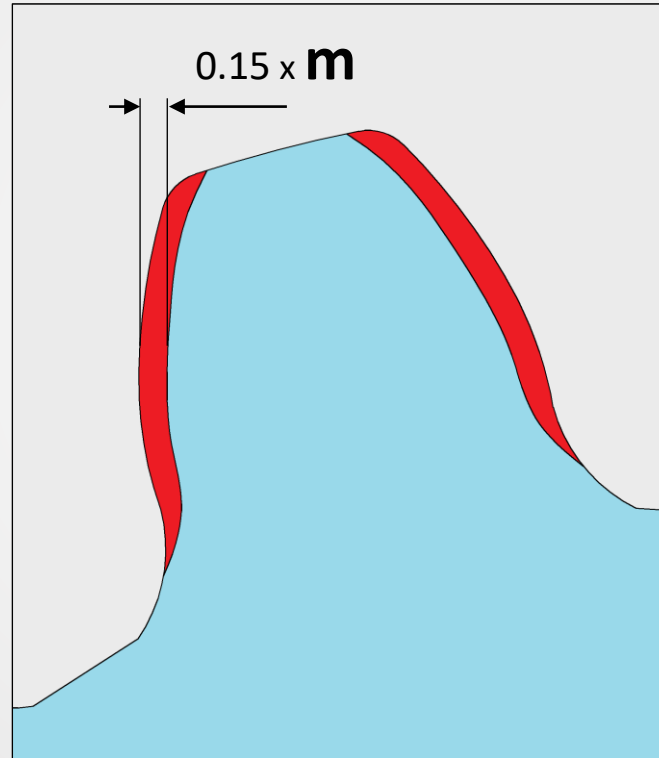
Cechą charakterystyczną tego rozwiązania jest to, że satelity są swobodne, tj. że ich pozycja jest wyznaczona tylko poprzez kontakt zębów. Pod wpływem ciśnienia roboczego p_R satelity wywierają nacisk na wieniec i koło zwane planetą. Punkty styku wyznaczają pozycję kół satelitowych. W ten sposób wybierane są luzy, które w miarę zużycia zębów będą się powiększać. **Luz będzie kompensowany poprzez przesuw swobodnego satelity do czasu prawidłowej współpracy zębów.**



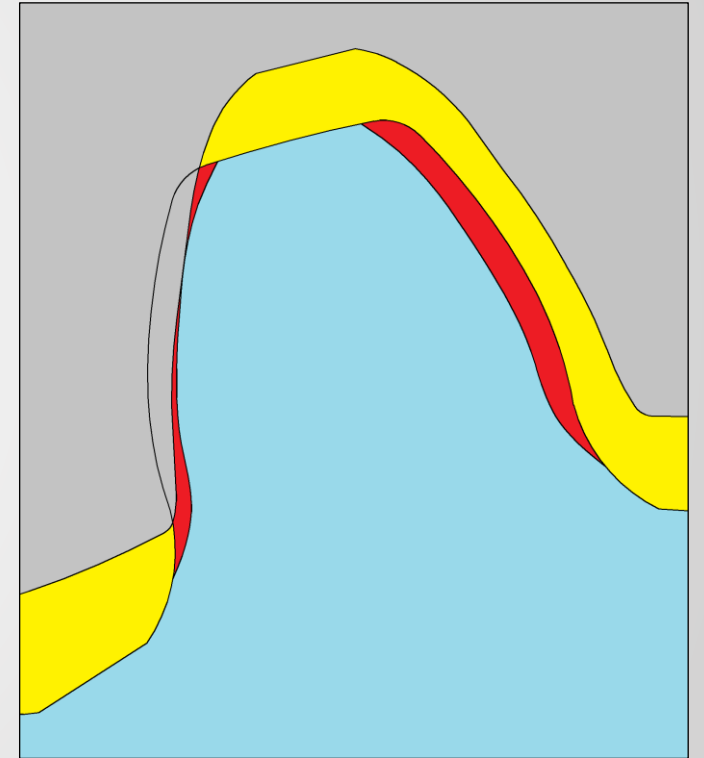
Wpływ zużycia ciernego na pracę silnika



Ząb satelity w kontakcie z uzębionym wieńcem



Zużycie cierne – na modelu wynosi $0.15 \times m$

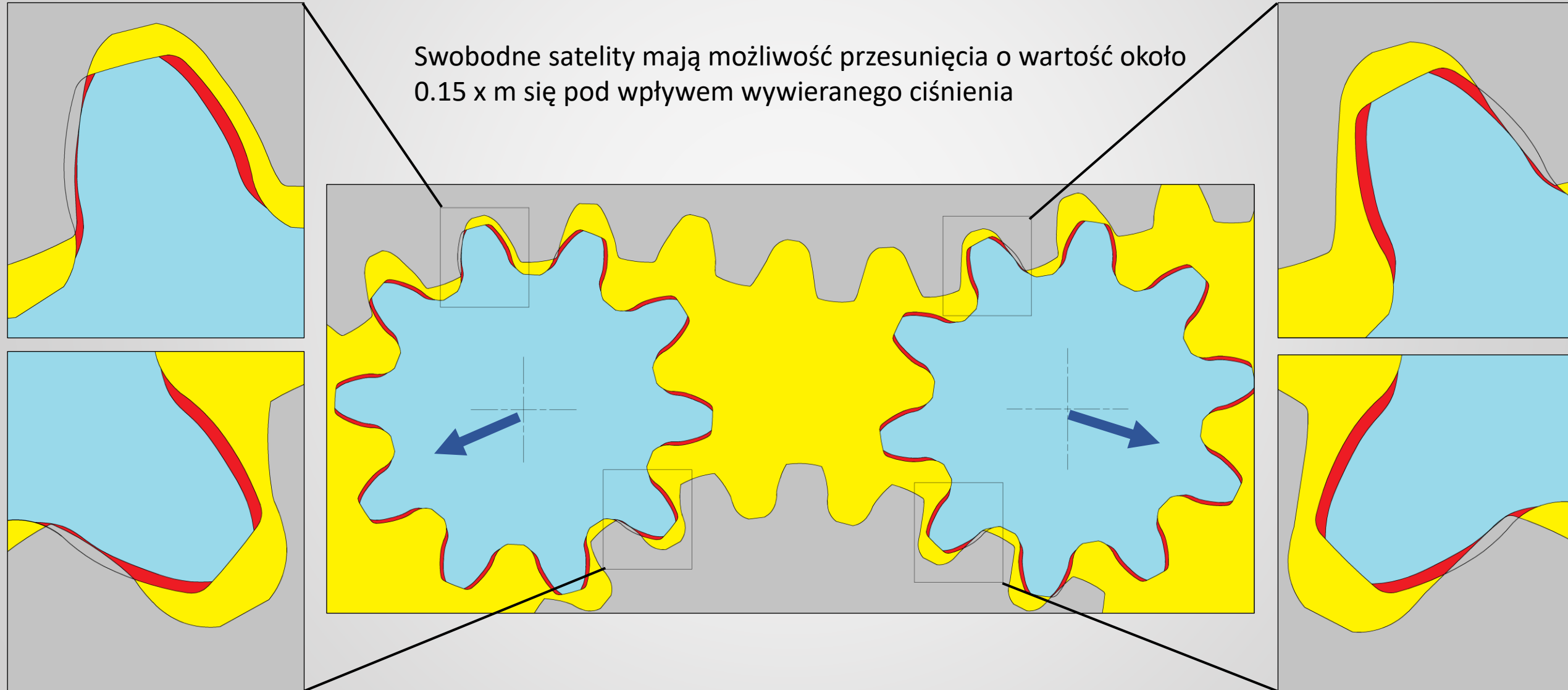


Wypracowany ząb satelity w kontakcie z uzębionym wieńcem

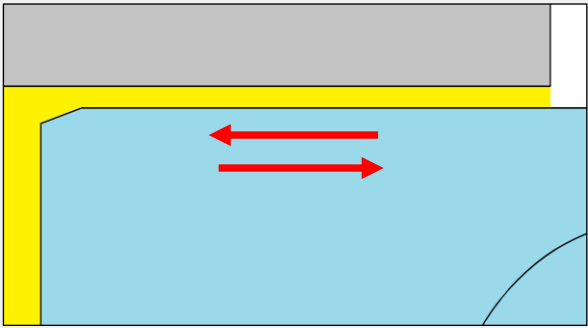
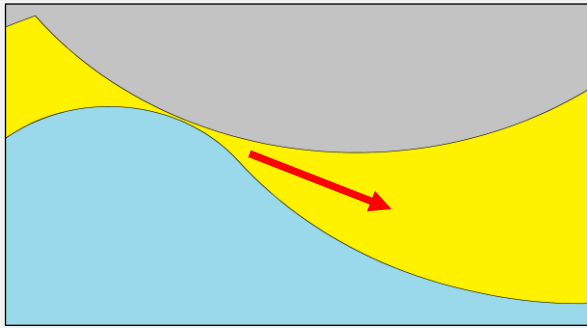
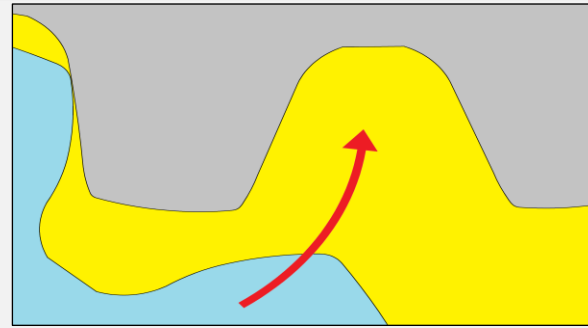
Silniki satelitowe – zalety

Wpływ zużycia ciernego na pracę silnika

Swobodne satelity mają możliwość przesunięcia o wartość około $0.15 \times m$ się pod wpływem wywieranego ciśnienia



Podsumowanie

	Silniki hydrauliczne		
	Wielotłoczkowe	Gerotorowe	Satelitowe
uszczelnienie komory wyporowej	szczelina	styk dwóch zębów	styk zębów 4 satelitów
ruch w obszarze tarcia	posuwisto-zwrotny	złożony: posuwisty + obtaczający	obtaczający
tarcie	ślizgowe	ślizgowe z udziałem tocznego	toczne
schemat zjawiska tarcia w szczelinie			

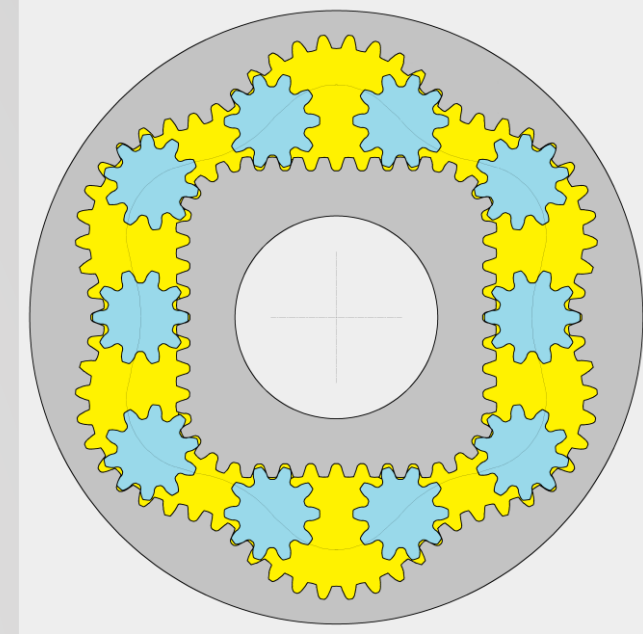
W silnikach hydraulicznych sposób uszczelnienia komory roboczej pracującej pod ciśnieniem ma decydujący wpływ na trwałość silnika. W przypadku zasilania emulsją HFA 0.5-2% i zanieczyszczeniach powyżej 20 μm wiele uznanych technologii się nie sprawdza w praktyce.

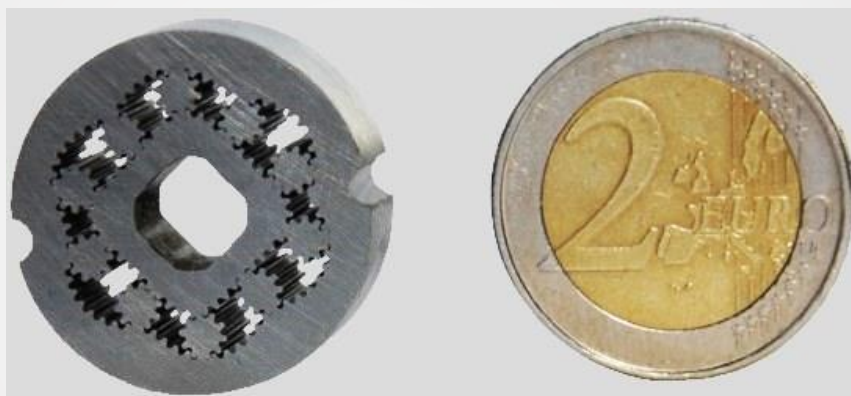
Zalety silników satelitowych wyróżniające je na tle innych technologii

- Możliwość stosowania cieczy napędowych o niskiej lepkości i smarności, takich jak emulsje HFA, emulsje glikolowo-wodne lub biooleje.
- Wysoka tolerancja na zanieczyszczenia w płynie zasilającym (do 100 μm)

Cechy silników satelitowych

- Stabilna praca w zakresie bardzo niskich obrotów (od 2 obr./min.)
- Korzystny, wysoki stosunek momentu obrotowego do masy
- Zwarta konstrukcja, małe gabaryty
- Łatwa wymiana części zużywających się, przez co niewielkim kosztem można przeprowadzić wielokrotną regenerację silników przywracając im pełną początkową wartość użytkową





SM Hydro Sp. z o.o.
40-467 Katowice, POLAND
ul. Karolinki 10B
biuro@smhydro.com.pl