

Technologia wtryskiwania ciekłych silikonów LSR

Opracował: Andrzej Zwierzyński
14.05.2022

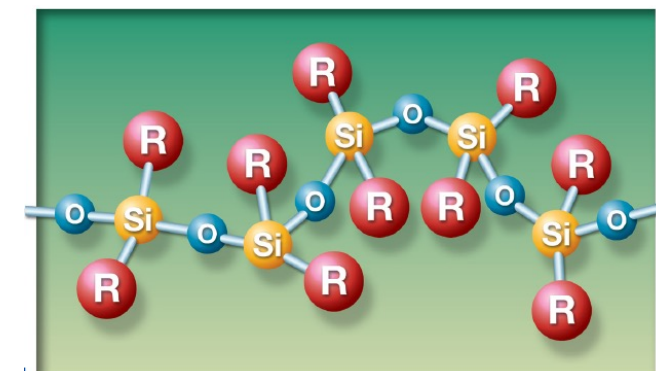
Agenda

- **Charakterystyka silikonów LSR**
- **Charakterystyka procesu wtrysku silikonów LSR**
- **Wtryskarka i odpowiednie środowisko dla LIM (wyposażenie)**
- **Systemy mieszania i dozowania silikonów LSR**
- **Formy wtryskowe (wymagania) i urządzenia odbierające wypraski**
- **Obróbka wykańczająca wyprasek LSR**
- **Zastosowania silikonów LSR**
- **Podsumowanie i wnioski**

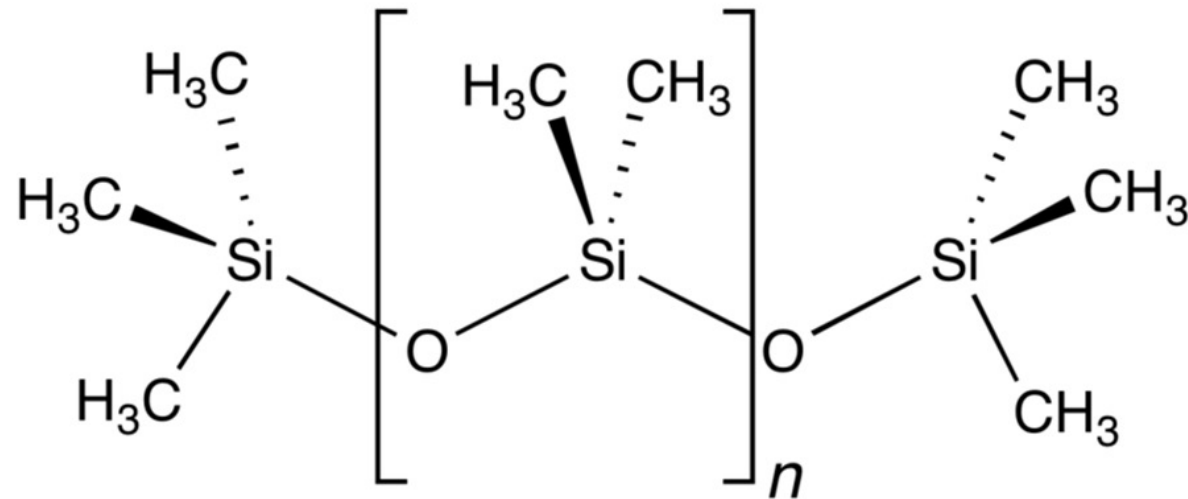
Kauczuk silikonowy

Podstawowym pierwiastkiem w chemii silikonów jest krzem (Si)

- naturalnie występuje jako dwutlenek krzemu SiO_2 (znany jako kwarc lub krzemionka)
- stanowi 25,8% całkowitej masy skorupy ziemskiej
- technologia na bazie krzemu rozpoczęła się w czasach starożytnych w epoce kamienia
- 3500 lat temu ludzie nauczyli się, jak zamieniać piasek w szkło
- 1904 r. angielski chemik Frederick Kipping nadał materiałowi nazwę „silikony”
- 1969 r. Neil Armstrong użył butów z silikonowymi podeszwami, robiąc pierwszy ślad na księżycu
- 1970 r opracowano płynny kauczuk silikonowy (LSR)
- 1990 r. pierwsze soczewki kontaktowe zostały wykonane z hydrożelu silikonowego



Kauczuk silikonowy

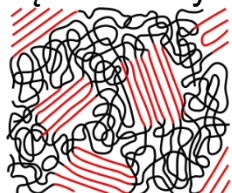


- łańcuch główny często określany jako szkielet tejże struktury składa się z ułożonych naprzemiennie atomów tlenu i krzemu
- **uwaga !** tu inaczej niż w przypadku większości polimerów w łańcuchu podstawowym nie ma węgla

Tworzywa sztuczne - przegląd

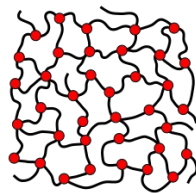
Termoplasty

Nieusieciowane polimery
amorficzne lub
częściowokrystaliczne(czerw)



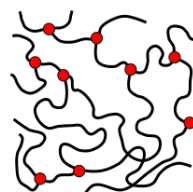
Duroplasty

Polimery **mocno usieciowane**



Elastomery

Polimery **słabo usieciowane**
Słabe usieciowanie pozwala na rozciąganie
materiału pod obciążeniem



Źródło: Wikipedia

Duroplasty sypkie

PF (fenolowe) / MF
(melaminowe) /
UF (mocznikowe)

Duroplasty ciastowate

Urządzenie podające(ubijające)
BMC / DMC / SMC
UP (Polyester) / VE (Vinylester)

Kauczuk silikonowy

Ciekły silikon LSR
mieszanie&dozowanie

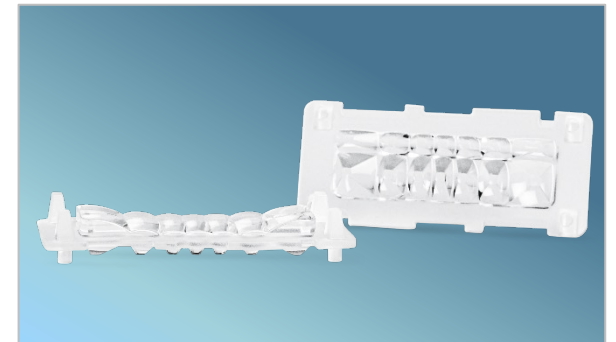
Stały silikon
urządzenie
podające / taśma

Kauczuk naturalny/ Syntetyczny

EPDM / NBR / BR / NR...
urządzenie podające
/taśma

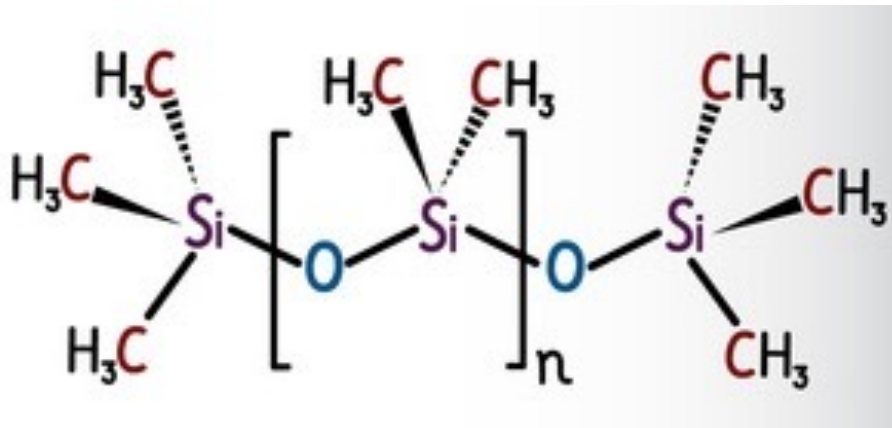
Kauczuk silikonowy

- kauczuk silikonowy to elastomer zawierający krzem z innymi cząsteczkami (węgiel, wodór i tlen)
- struktura to szkielet siloksanu (łańcuch krzem-tlen) i ugrupowanie organiczne związane z krzemem (metyl, winyl, fenyl, trifluoropropyl lub inne)
- właściwości zależą od grupy organicznej
- w strukturze ma wiązanie Si-O, co daje lepszą:
 - wytrzymałość cieplną od -50°C do 350°C zależnie od czasu ekspozycji)
 - stabilność chemiczną
 - izolacja elektryczną
 - odporność na ścieranie
 - odporność na warunki atmosferyczne
 - odporność na ozon
- wypraski narażone na długie działanie wiatru, deszczu i promieni UV nie wykazują zmian właściwości fizycznych
- cechy silikonów wynikają z unikalnej struktury molekularnej, która może mieć właściwości nieorganiczne jak i organiczne

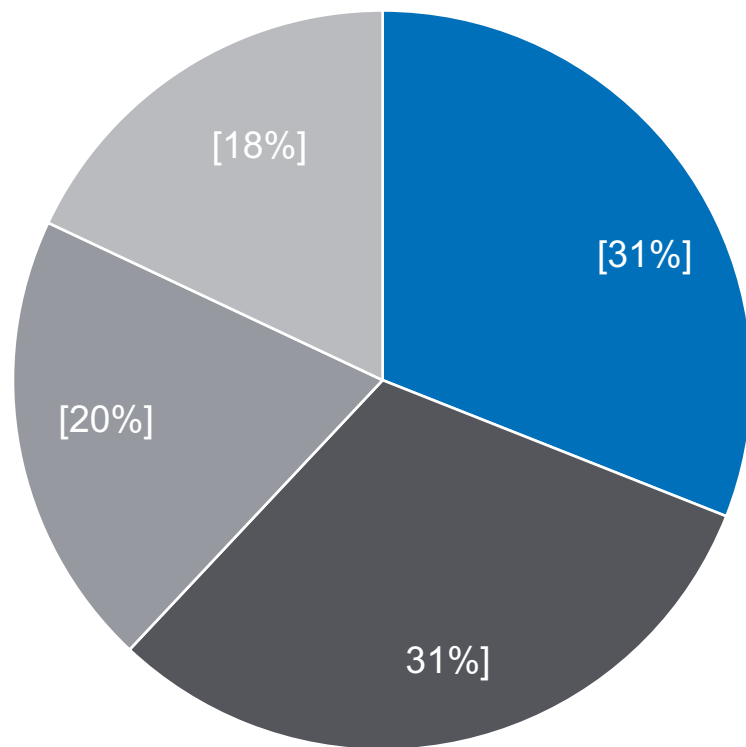


Kauczuk silikonowy jest dostępny w trzech głównych formach:

- stały kauczuk silikonowy HTV (High Temperature Vulcanizing) HCR(High Consistency Rubber)- wulkanizowany w wysokiej temperaturze, o wysokiej masie cząsteczkowej i długim łańcuchu, dostępny w nieutwardzonej formie i przetwarzany podobnie jak guma
- ciekły kauczuk silikonowy, LSR (Liquid Silicone Rubber) - polimer o niższej masie cząsteczkowej i krótszych łańcuchach, ma lepsze właściwości płynięcia, przetwarzany na specjalnie przystosowanych wtryskarkach
- kauczuk silikonowy RTV - wulkanizowany w temperaturze pokojowej, jednoskładnikowy (RTV-1) lub dwuskładnikowy (RTV-2), zakres twardości od miękkiego do średniego, dostępny do zalewania, kapsułkowania, uszczelniania itp.



Kauczuk silikonowy (HCR+LSR)



■ Elektronika ■ Automotive ■ Opieka zdrowotna ■ Pozostałe



Światowe zużycie kauczuku silikonowego
700 k ton (2018)

Przyrost : 6-10%

Cena:

HCR - High Consistency Rubber (silikon stały) 3-5 €/kg

LSR - Liquid Silicone Rubber (silikon ciekły) 8-20 €/kg

Ciekły silikon - forma dostawy

- ciekły silikon jest dostarczany w pojemnikach 20 l lub 200 l dla każdego komponentu
- komponenty są dostarczane przez systemy mieszania i dozowania
- LSR powstaje z mieszaniny składników A i B (składnik B o wyższej zawartości reaktywnej)



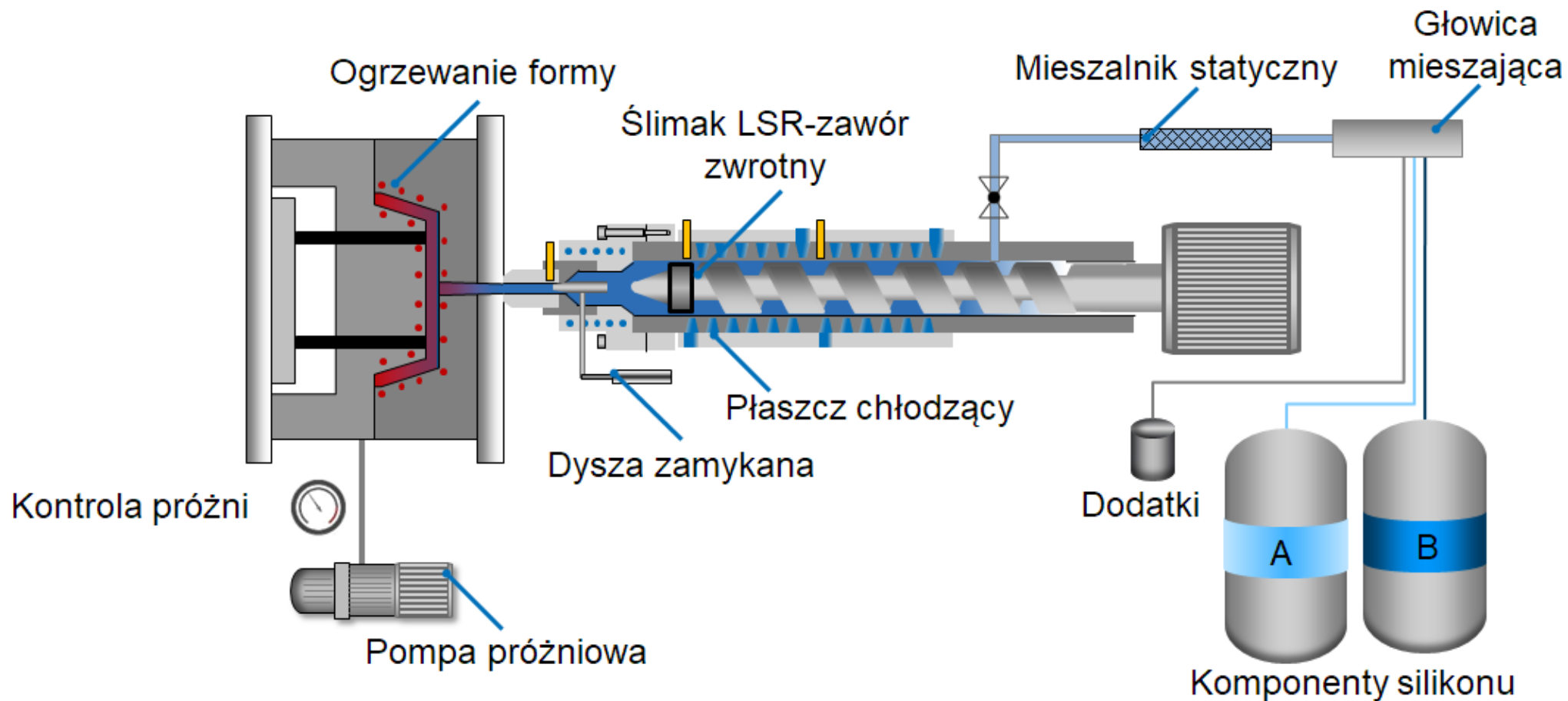
Tuleja wieka pierścienia mocującego,
pojemność 213 ltr.; Ø 571mm; H 880mm



Pojemnik,
pojemność 23 ltr.; Ø 280-284mm; H 400mm

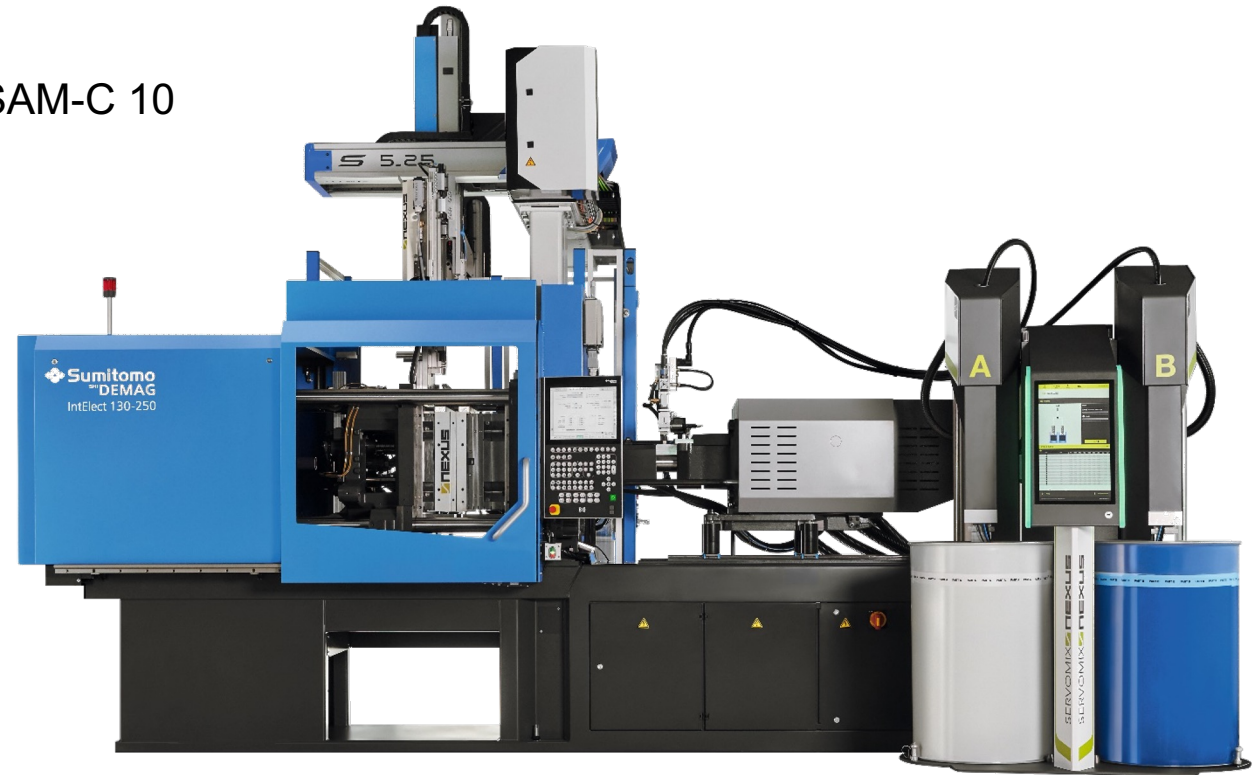


Wtrysk LSR – schemat



Nasze rozwiązanie // IntElect 130/520 – 450

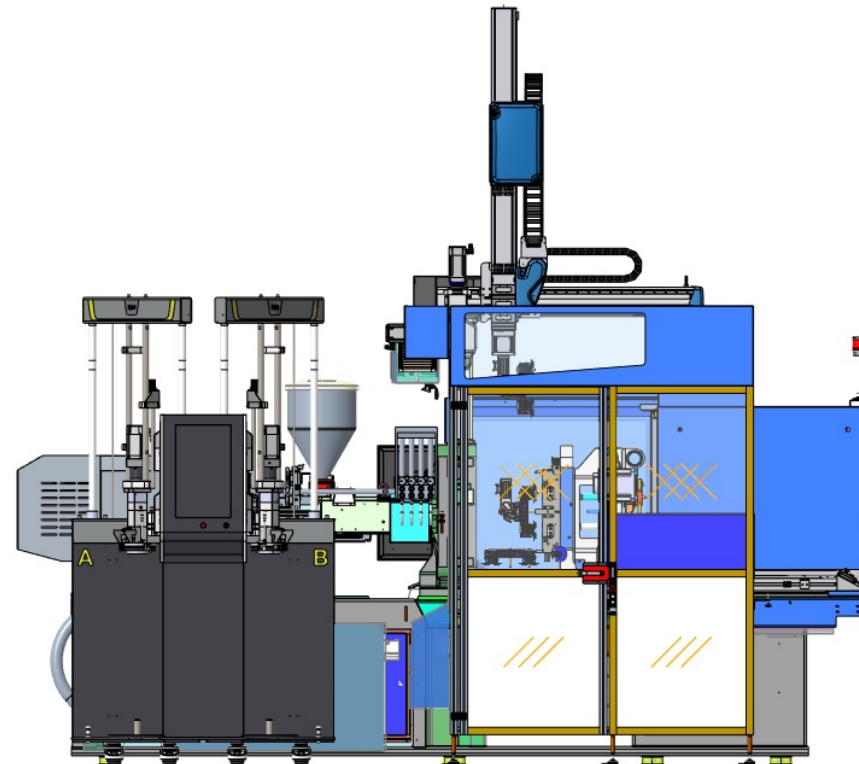
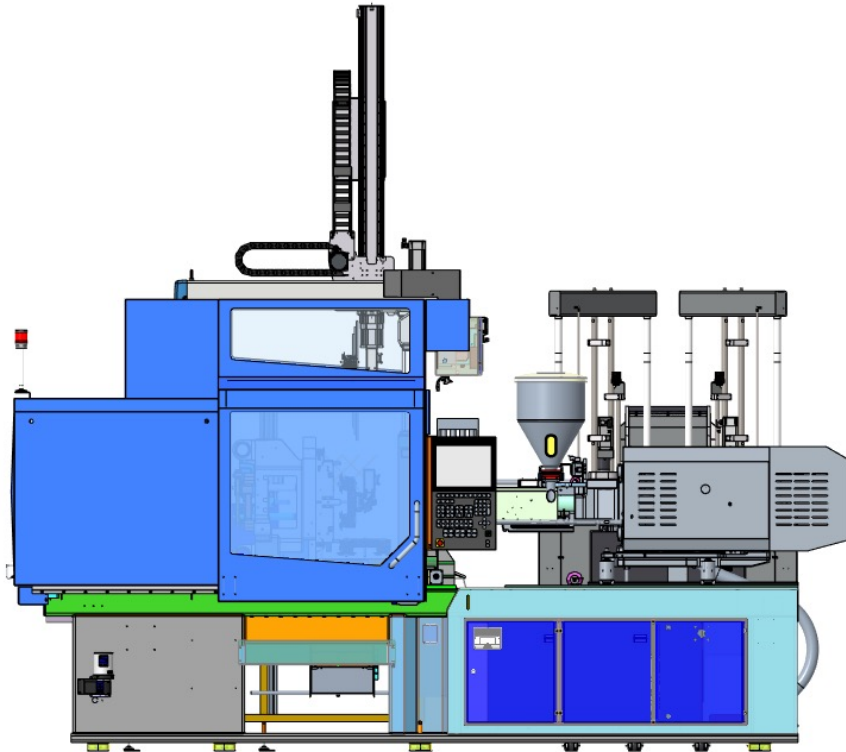
- wtryskarka IntElect 130/520 -450
- pierwsze własne rozwiązanie robota SDG z serii SAM-C 10
- forma i system dozowania Nexus



- bezkompromisowa precyzja i wydajność dzięki IntElect
- spełnia wymagania, takie jak najmniejsze masy wtrysku, wtrysku wielokomponentowego lub procesów specjalnych

Nasze rozwiązanie // IntElect 130/520 – 450

- wtryskarka IntElect 130/520 -450
- pierwsze własne rozwiązanie robota SDG z serii SAM-C 10
- forma i system dozowania Nexus



Hala F 22

Wypożyczenie wymagane do wtrysku silikonów LSR

Ciekłe silikony LSR dostarczane w postaci płynnej (2 składniki) do przetwarzania wymagane jest:

- wtryskarka z układem uplastyczniania dostosowanym do wtrysku silikonów
- specjalne urządzenie dozujące 2 składniki materiału i ewentualnie dodatki
- pompa próżniowa ze sterowaniem
- urządzenia do odbioru/usuwania wyprasek

Wypożyczenie zainstalowane na wtryskarce składa się z:

- cylinder azotowany, chłodzony cieczą,
- ślimak do wtrysku silikonów LSR, hartowany na wskroś, bez kompresji (1:1), o specjalnej geometrii
- specjalny zawór zwrotny, pierścieniowy
- specjalna dysza zamykana do silikonu LSR
- przyłącze do urządzenia podającego

Dodatkowo zaleca się wyposażenie w:

- sterowniki gorących kanałów (ilość wg potrzeb aplikacji)
- zawory pneumatyczne do wspomaganie usuwania wyprasek



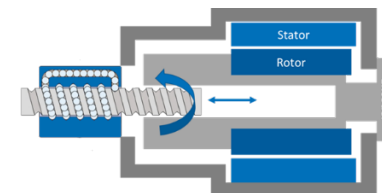
LSR – IntElect

Zalety IntElect do wtrysku LSR

- wysoka precyzja
- elastyczne przebiegi
- minimalne zużycie energii
- dynamiczny wtrysk
 - bezpośrednie napędy
 - Motion Control Mode – szybsze czasy reakcji
 - specjalna konstrukcja silnika



-60 % energii
w porównaniu do maszyny
hydraulicznej



Kombinacja technologii precyzyjnych napędów i specyficznych dla silikonu opcji dokładnie spełniają wymagania przetwarzania silikonu

Parametry procesu wtrysku (LIM) silikonu LSR

- ciśnienie wtrysku zależy od geometrii kanałów 100 - 1000 barów
- czas wtrysku wynosi ok. 0,5 - 3 s
- profil prędkości wolno-szybko-wolno
- ciśnienie docisku do 200 barów (zabezpiecza przed cofaniem tworzywa do wlewu)
- czas docisku ok. 1 do 6 s, przełączenie na docisk zależne od drogi
- ciśnienie uplastyczniania 5-30 barów
- typowe czasy cyklu 15-30 s
- czas wulkanizacji 3-4 s/mm
- wygrzewanie wyprasek (gdy wymagane) 4 h w 200 °C, przepływ powietrza 80-110 l/min
- podciśnienie w formie ok. 200 mbarów



Rozpoczęcie produkcji

- jednostka wtryskowa i zimne kanały ok. 20-25 °C, forma przed pierwszym wtryskiem 180-190 °C utrzymywać przez 10-20 minut(forma zamknięta)
- pierwszą wypraskę wypełnić niedolaną, potem stopniowo zwiększać do wielkości wtrysku 98-99% objętości
- szybkość wtrysku i max. ciśnienie wtrysku ustawić tak, aby gniazda wypełnić w ciągu 0,5-3 s
- pod koniec napełniania prędkość wtrysku zmniejszyć, aby usunąć powietrze z gniazda
- ciśnienie docisku 50-200 barów (przeciwdziała wypychaniu materiału poza gniazdo)
- czas docisku zależy od geometria przewężki i zwykle wynosi 0,5-4 s
- czas wulkanizacji jako wartość standardową należy przyjąć 3-5 s / mm.
- na początku zdolność usuwania wyprasek z formy bywa ograniczona (przywieranie do stali) poprawia się po kilku cyklach (siloksany ulatniające z silikonu, osadzają się na powierzchni gniazd)
- środek antyadhezyjny bez silikonu stosować w pierwszych cyklach np. wodę z mydłem i spryskać atomizerem



Zakończenie produkcji

- na koniec produkcji po wyłączeniu grzałek, układy chłodzenia zimnokanałowego i dyszy zamykanej jednostki wtryskowej muszą być nadal włączone, aby nie przyspieszać wulkanizacji i skracać żywotności LSR
- jeśli maszyna ma przestój nie dłużej niż trzy dni, np. w weekend, nie potrzeba podejmowania specjalnych środków
- w temperaturach poniżej 35 °C zmieszany LSR pozostanie zdatny do przetwarzania przez co najmniej trzy dni, chyba że określono inaczej.
- jeśli maszyna stoi przez dłuższy czas, mixer, układ wtrysku i zimne kanały należy przepłukać składnikiem A
- części zawierające mieszany materiał można również przechowywać w zamrażarce, aby zapobiec utwardzaniu przez dłuższy czas
- przy ciągłej produkcji, co ok. 6 miesięcy należy dokładnie wyczyścić mixer i jednostkę wtryskową



Nasz eksponat // IntElect 130/520 – 450

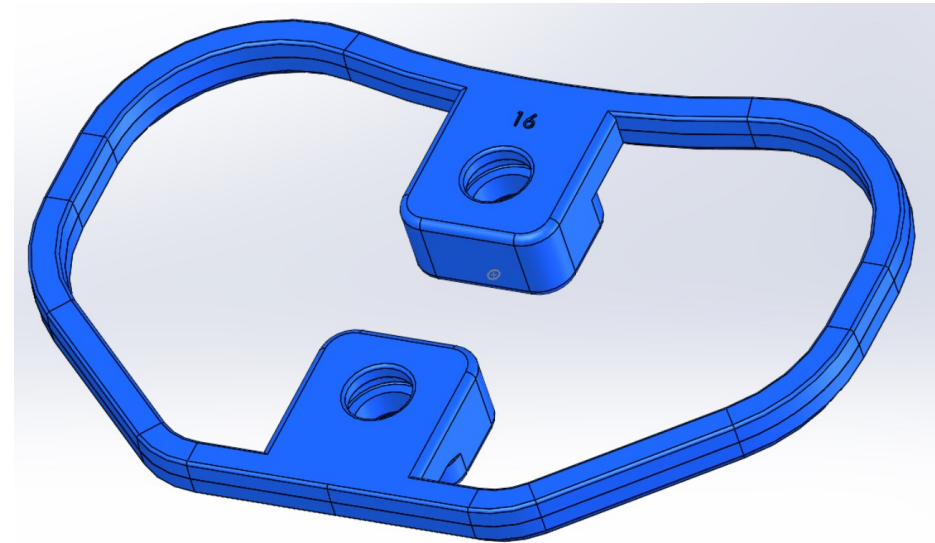
Eksponat:

- Produkt: Uszczelka
- Krotność: 16
- Wymiary: 52 mm x 34 mm
- Grubość ścianki: 2 – 5 mm
- Masa: 1,48 g (shot weight – 23,68 g)
- Materiał: Wacker Elastosil LR3003/50
- Czas cyklu: 35 s

Uszczelka wargowa do obudowy

Motoryzacja/Elektronika

Aplikacja LSR



LSR – urządzenie mieszające i dozujące

- doprowadzenie komponentów A i B / opcja dodatki
- mieszanie komponentów A i B w mieszalniku statycznym
- doprowadzenie do maszyny pod ciśnieniem ok. 50 bar



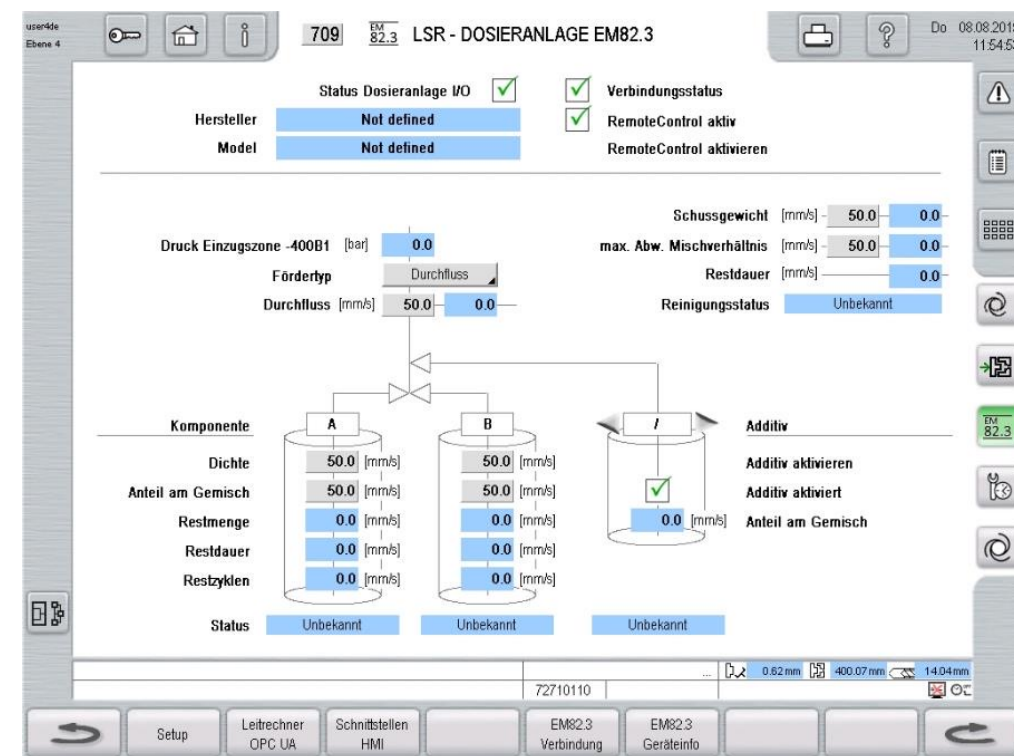
LSR Opcje

OPC UA przyłączy SGM – urząd. dozujące

- OPC-UA Euromap 82.3



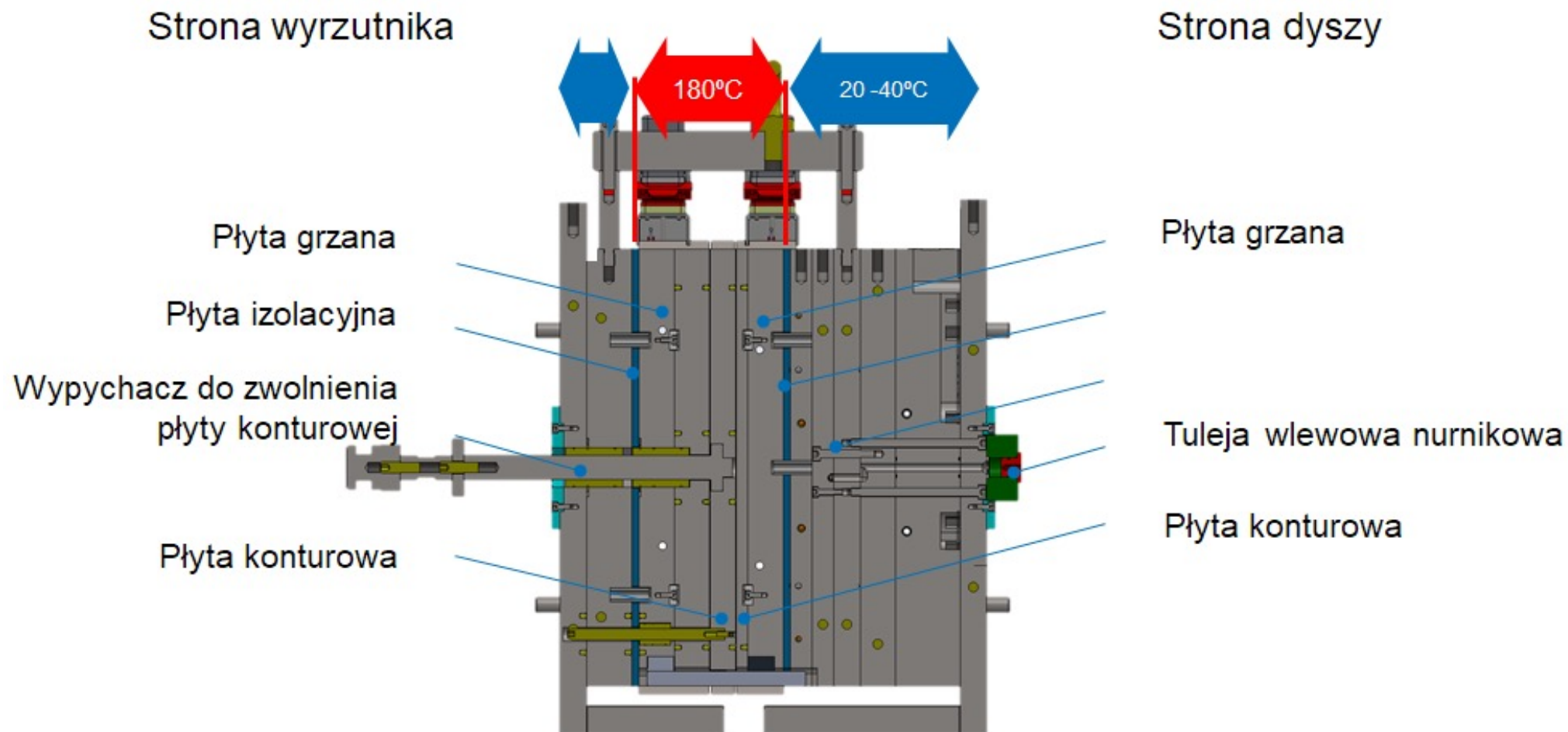
- do komunikacji między różnymi maszynami wymagane są modele informacyjne niezależne od producenta (dla maszyn do tworzyw i gumy te modele informacyjne są oparte na OPC UA)
- OPC to otwarta łączność poprzez otwarte standardy (podobnie jak drukarek dla systemu Windows)
- EUROMAP 82.3 opisuje interfejs między wtryskarkami a systemami dozowania ciekłego silikonu (LSR) do wymiany danych, a celem jest zapewnienie znormalizowanego interfejsu dla urządzeń różnych producentów, aby zapewnić kompatybilność



Mieszalnik statyczny



Koncepcja formy do LSR - ogólna



Źródło: Nexus Elastomer Solutions

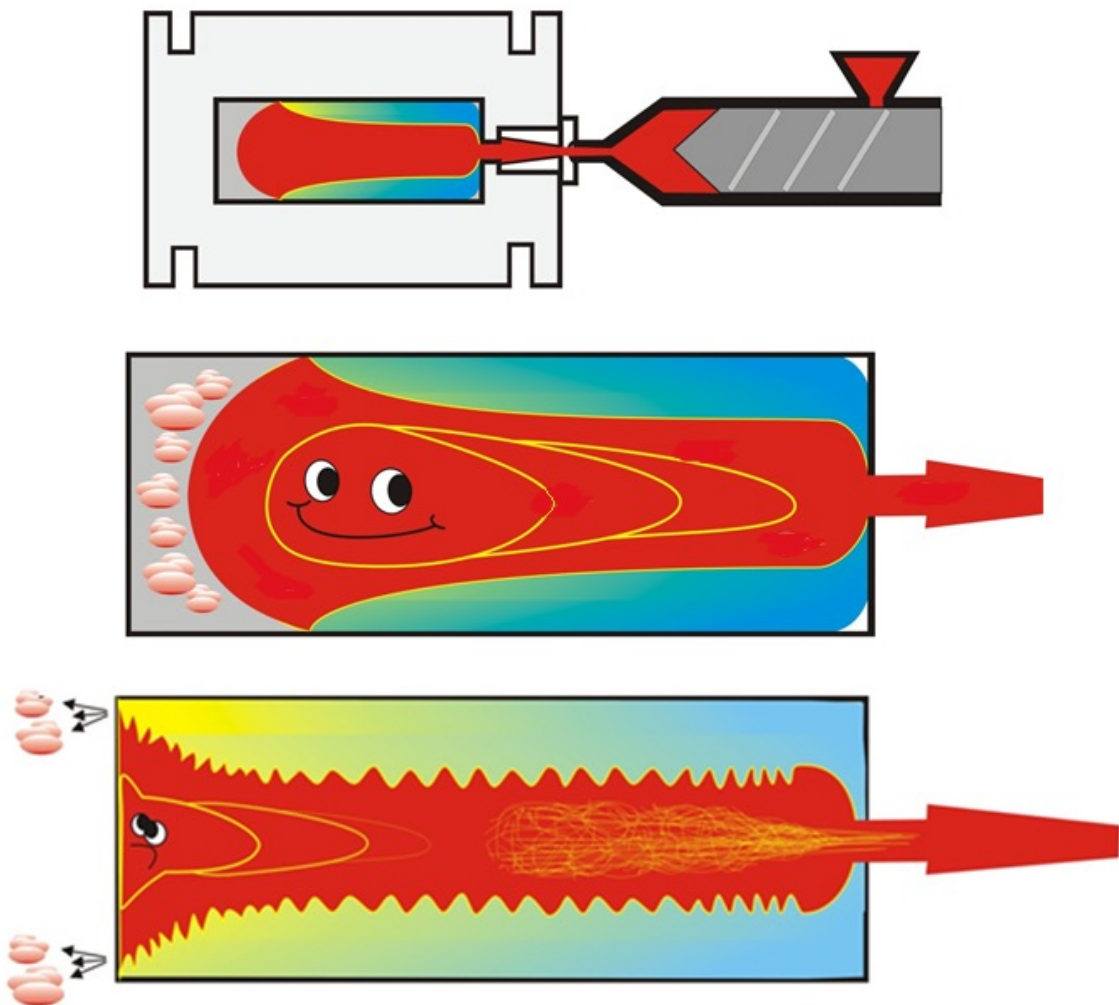
Koncepcja form do LSR - zalecenia

- wymagane bardzo wąskie tolerancje i pasowania elementów ruchomych
- ogrzewanie formy wymaga gęstości mocy ok 50W/kg masy formy(ogrzewanej)
- wymagane jest odizolowanie części ogrzewanej od wlewowej
- może być wymagane zastosowanie podcięć na stemplach
- zasilanie zimnokanałowe, zakończone przewężkami 0,2 - 0,5 mm,
- dysze doprowadzające otwarte lub zamykane
- kanały odpowietrzające o szerokości 1-3 mm i głębokości 0,004-0,005 mm, najkorzystniej w płaszczyźnie podziału
- płaszczyzna podziału wybrana tak, aby wypraski nie zaciskały się w matrycy
- odformowanie i usuwanie wyprasek przez: wypychacze, wypychacze grzybkowe, płyty zdzierające, sprężonym powietrzem, szczotki obrotowe zdzierające, robotem i inne

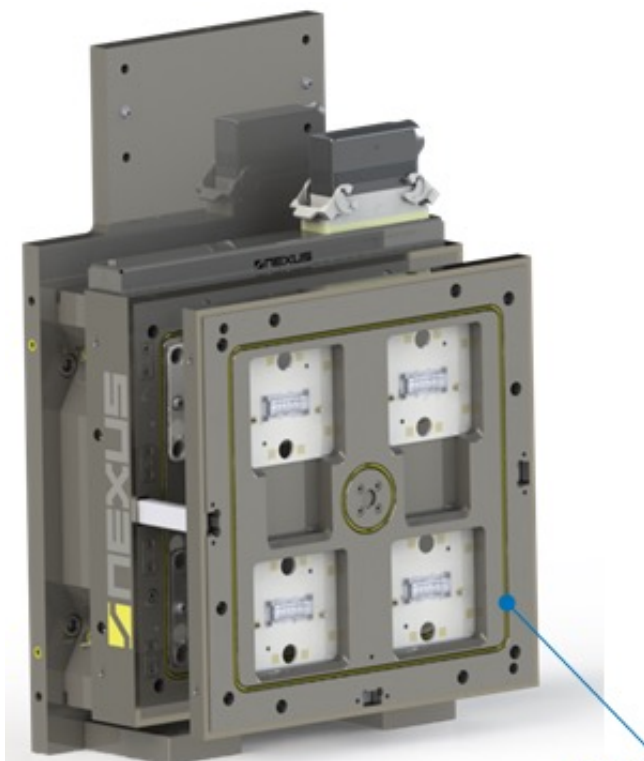


Źródło: Nexus Elastomer Solutions

LSR koncepcja form - odpowietrzenie



LSR koncepcja form - odpowietrzenie



Źródło: Nexus Elastomer Solutions

Uszczelnienie w formie



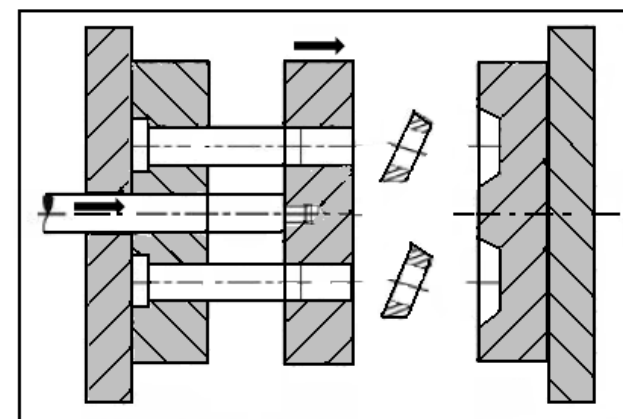
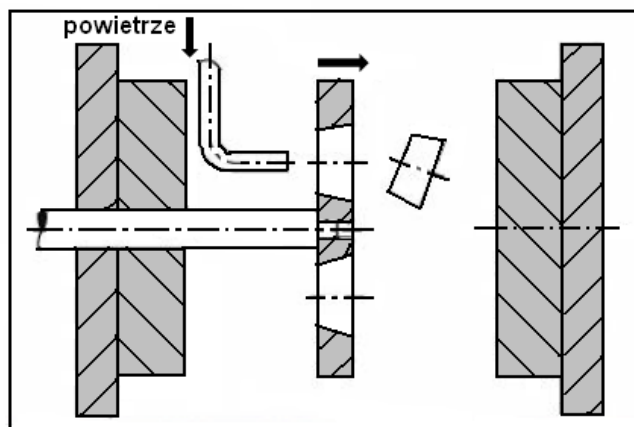
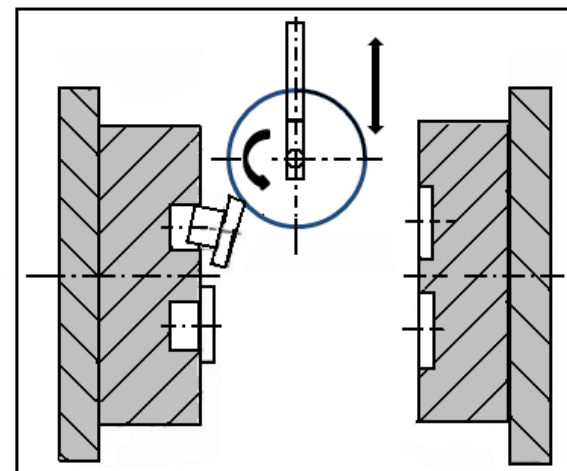
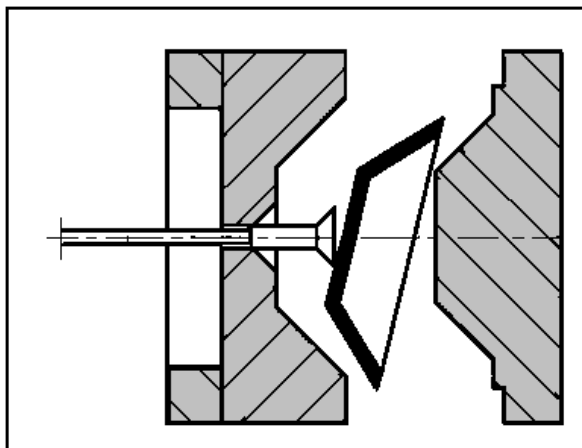
Złącze podciśnieniowe i
czujnik BGS BAP



Pompa próżniowa na
łożu wtryskarki

- Sekwencja kontroli próżni:
1. zamykanie narzędzia do szczeliny (uszczelnienia)
 2. postój dla narastania podciśnienia w formie
 3. po osiągnięciu podciśnienia możliwe zamykanie / zablokowanie

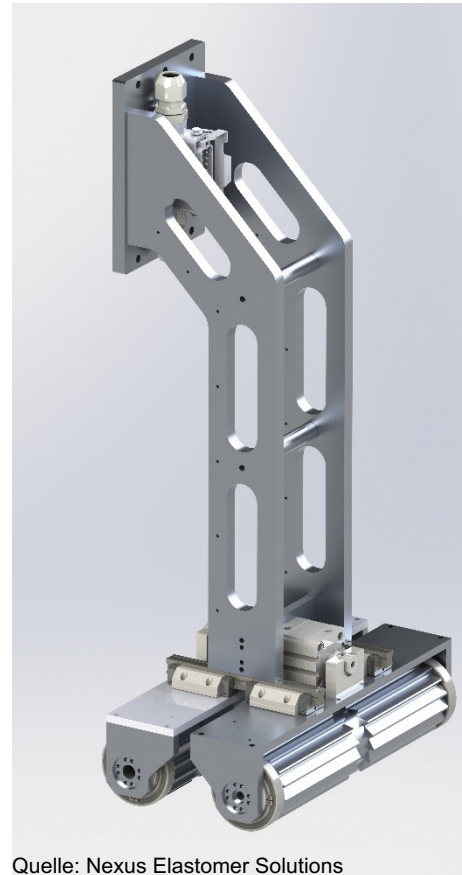
Koncepcja formy do LSR - odformowanie



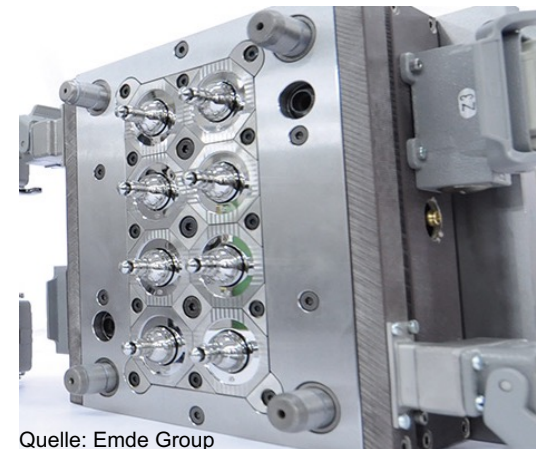
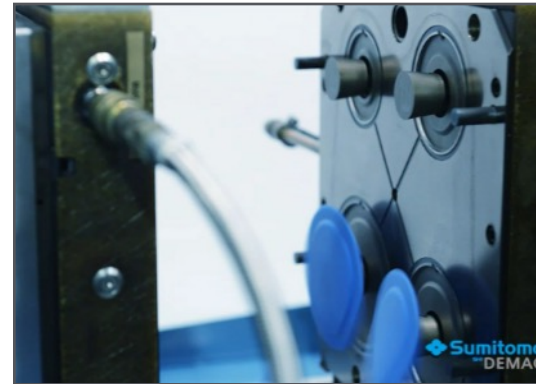
Koncepcja formy do LSR - odformowanie

Koncepcje odformowania

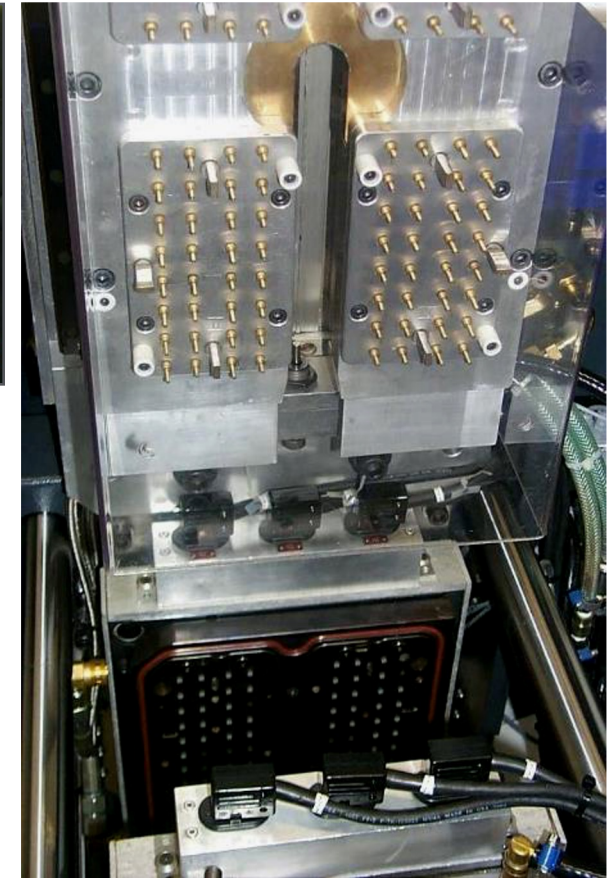
- wyrzutnik
- szczotka
- sprężone powietrze
- płyta zdzierająca
- chwytak



Quelle: Nexus Elastomer Solutions



Quelle: Emde Group



Obróbka wykańczająca

LSR – Dotwardzanie

Aby osiągnąć fizjologiczną nieszkodliwość produktów LSR, konieczne jest zapewnienie procesu tzw. utwardzania tych części.

- dlatego wypraski będą wygrzewane w piecu w temperaturze 200 °C przez 4 godziny w celu wyekstrahowania lotnych monomerów / cząstek niskocząsteczkowych.
- ten proces pochłania czas i energię.
- alternatywy to nowe materiały o niskiej zawartości silikonowych półproduktów co umożliwia prawie całkowite utwardzenie z niewielką ilością monomerów.
- aby spełnić wymagania FDA / BFR, ilość lotnych cząstek musi być poniżej 0,5% po 200° C / 4h

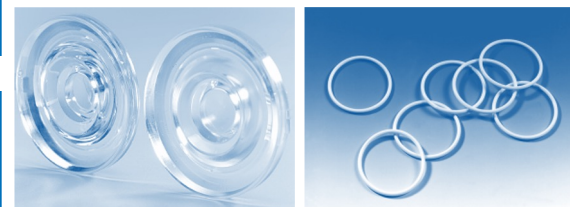


Zakres zastosowań LSR

Artykuły dla niemowląt i małych dzieci (wł. obojętne, elastyczność) smoczki, butelki do picia, gryzaki, zabawki itp.



Wyroby medyczne (wł. inercyjne, elastyczność, temp.), rękawy strzykawek, plastry na rany, nasadki inhalatorów itp..



Elektryka i elektronika (temp. pracy ciągłej + izolacja) klawiatury, bezpieczniki, pokrywy wtyczek, uszczelki itp..



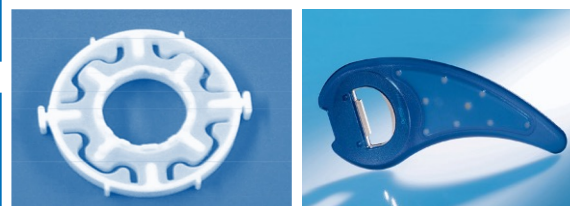
Zastosowania techniczne (mechanika + temp.) wibrujące elementy, twarde / miękkie połączenia, uszczelnienia



Wypraski optyczne (przezroczystość i napięcia wewnętrzne) soczewki kontaktowe i techniczne, światłowód, panele słoneczne



Produkty gospodarstwa domowego (wł. obojętne, dotykowe, temp.) patelnie, przybory kuchenne, artykuły sportowe, artykuły sanitarne



Źródła: Zastosowania u Klientów

Podsumowanie i wnioski

- silikony LSR mają unikalną budowę (podstawowy łańcuch nie zawiera węgla) i posiadają unikalne własności użytkowe
- własności silikonów wynikają z unikalnej struktury molekularnej, która może mieć cechy nieorganiczne jak i organiczne
- silikon LSR to dwuczęściowy system składający się z części A zawierającej katalizator i części B zawierającej środek sieciujący i inhibitor zapewniający rozsądną żywotność mieszanki
- silikony LSR wymagają specjalnej techniki przetwórczej i są wyłącznie przetwarzane metodą wtrysku
- do przetwórstwa wymagana jest:
 - - specjalnie wyposażona wtryskarka (układ uplastyczniania, przyłącza do peryferiów)
 - - specjalnie dostosowana forma wtryskowa (systemy wlewowe, precyzja wykonania, odpowietrzenie)
 - - specjalne urządzenia peryferyjne (mieszające i dozujące komponenty, odbierające wypraski)
- wymagane jest ścisłe przestrzeganie zaleceń przetwórczych i wysokie kwalifikacje personelu obsługującego
- dla osiągnięcia nieszkodliwości fizjologicznej niektórych wyprasek z LSR, konieczne jest przeprowadzenie procesu tzw. utwardzania tych elementów (np. w medycynie, artykuły dla niemowląt)
- dzięki swoim unikalnym własnościom znajduje szerokie zastosowanie w wielu branżach



Dziękuję za uwagę

Zapraszamy do odwiedzenia nas w hali F stoisko 22