

LABORATORIUM 05

UKŁADY A ELASTYCZNOŚĆ PROGRAMU ROBOTA

Cel zajęć

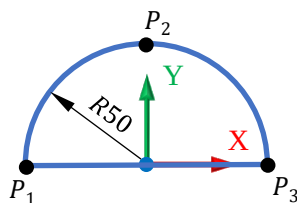
Wykorzystanie układów do dostosowania programu robota do pracy na różnie usytuowanych stanowiskach.

Materiały do przygotowania

- USER MANUAL - UR10E E-SERIES (link na stronie przedmiotu)
 - Punkt 25.17. Układy (lub w wersji ang. 24.17 Features),
 - Punkt 24.11.1. Ruch (RuchL, RuchP, Ruch po okręgu).

Zadanie robota

Zadaniem robota jest nałożenie równomiernej warstwy kleju zgodnie z Rys. 1. określającym sposób aplikacji w układzie współrzędnych S określającym położenie stanowiska klejenia.



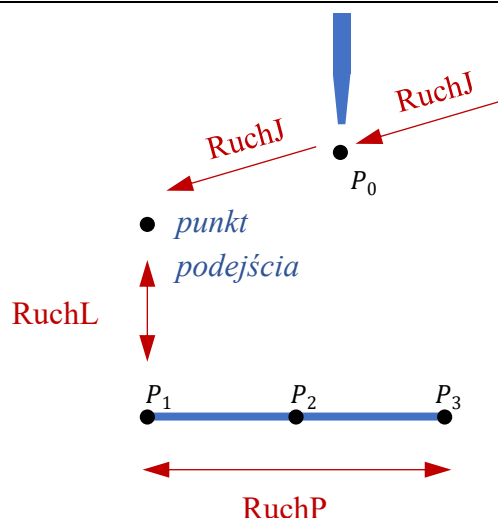
Rys. 1. Docelowy kształt warstwy kleju

Punkty P_1 , P_2 i P_3 leżą na okręgu o środku w początku układu współrzędnych i promieniu $R = 50 \text{ mm}$. Zaznaczona niebieską linią ścieżka pokazuje ułożenie warstwy kleju.

Zadanie można podzielić na następujące etapy:

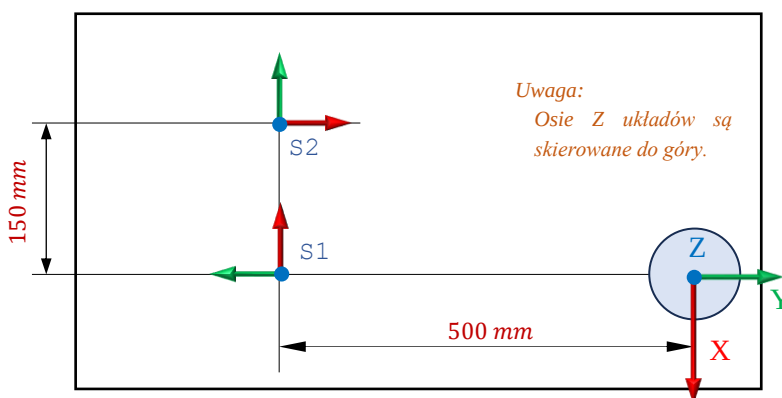
1. Robot podjeżdża do stacji czyszczącej aplikator (punkt P_0).
2. Robot przemieszcza się do punktu podejścia (nad punktem P_1), gdzie ustawia się w odległości 100 mm od płaszczyzny, na której będzie наносzony klej.
3. Robot zbliża się ruchem liniowym do punktu P_1 .
4. Robot przemieszcza dozownik kleju ruchem ze stałą prędkością 20 mm/s (z przyspieszeniem nie przekraczającym 300 mm/s^2 oraz promieniem mieszania ustawionym na 5 mm) po ścieżce wyznaczonej przez punkty P_1 , P_2 , P_3 oraz powraca do punktu P_1 . W ruchu po okręgu tryb orientacji powinien być ustawiony na **swobodny** umożliwiając zmianę orientacji z punktu początkowego na orientację w punkcie końcowym.
5. Robot oddala się ruchem liniowym od płaszczyzny klejenia do punktu podejścia.

Przebieg procesu wraz z przypisanymi typami ruchów został schematycznie przedstawiony na Rys. 2.



Rys. 2. Przebieg procesu nanoszenia warstwy kleju

Klejenie będzie przeprowadzane na dwóch stanowiskach: $S1$ i $S2$. Położenie układów $S1$ i $S2$ w układzie podstawy robota zostało przedstawione na Rys. 3. Obydwa stanowiska położone są w odległości 100 mm nad płaszczyzną XY układu podstawy robota.

Rys. 3. Układy stanowisk $S1$ i $S2$

Ćwiczenia (do wykonania na zajęciach)

- Wykorzystując funkcje płaszczyznowe (ang. *Plane Feature*) zdefiniuj układy $S1$ i $S2$ i zapisz definicje w nowym pliku instalacji (nie używaj pliku domyślnego).
- Napisz program, który umożliwi aplikację kleju na stanowisku $S1$. Przyjmij, że:
 - punkt P_0 odpowiada pozycji domowej robota, ruch do tego punktu powinien zostać opisany w układzie odniesienia ustawionym na układ podstawy robota,
 - ruchy do punktów: podjęcia nad punktem P_1 oraz punktów punkty P_1, P_2, P_3 powinny zostać opisane w układzie odniesienia ustawionym na układ stanowiska $S1$.
- Utwórz kopię programu i zmień układ odniesienia na układ stanowiska $S2$.
- Utwórz kopię programu. Przygotuj nowy układ odniesienia S pokrywający się z układem podstawy robota. Układ ten będzie wykorzystywany w programie w charakterze zmiennej pomocniczej, która opisuje położenie stanowiska klejenia. Rozpocznij program robota od **przypisania** zmiennej S

układu stanowiska $S1$ lub $S2$ (w kreatorze wyrażeń układy te będą widoczne w sekcji **Pose** jako $S1_const$ i $S2_const$). Poustawiaj układ odniesienia S w ruchach opisanych względem stanowiska klejenia. Sprawdź działanie programu dla stanowiska $S1$ i $S2$.

Zadanie dodatkowe

- Utwórz kopię programu. W nowej wersji punkt podejścia powinien być tzw. zmiennym punktem orientacyjnym i powinien być wyznaczany tak żeby znajdował się 100 mm nad płaszczyzną XY układu $S1$ nad punktem P_1 .

Uwaga! Ze względu na to, że *ustalone punkty orientacyjne* (takie jak P_1) są wyrażane w układzie podstawy robota (układ $\{B\}$), a *zmiennne punkty orientacyjne* muszą być podawane względem układu odniesienia tzn. w tym przypadku względem układu $S1$, przeliczenie punktu P_1 do układu stanowiska $S1$ wymaga wykonania przekształceń:

$${}^{S1}_{P_1}T = {}^{S1}_BT {}^B_{P_1}T = {}^{S1}T^{-1} {}^B_{P_1}T$$

W oprogramowaniu robota zamiast operatorów przekształcenia wykorzystywane są 6-elementowe pozy – patrz opis funkcji `pose_trans`, `pose_inv`. Po przekształceniu punktu P_1 konieczna jest jeszcze modyfikacja współrzędnej Z-towej (należy ją powiększyć o $0.1\text{ m} = 100\text{ mm}$, położenie w pozie opisywane jest w metrach a orientacja w postaci wektora obrotu w radianach).

Funkcja	Opis
<code>pose_trans(Ap, Bcp)</code>	Funkcja wyznacza operator opisujący złożenie dwóch przekształceń: ${}^AT = {}^AT {}^BT$ gdzie: AT – operator przekształcenia opisujący położenie i orientację układu $\{B\}$ w układzie $\{A\}$, operator odpowiada pozie Ap; BT – operator przekształcenia opisujący położenie i orientację układu $\{C\}$ w układzie $\{B\}$, operator odpowiada pozie Bcp; AT – operator przekształcenia opisujący położenie i orientację układu $\{C\}$ w układzie $\{A\}$, operator odpowiada pozie Acp, która jest zwracana przez funkcję.
<code>pose_inv(Ap)</code>	Funkcja wyznacza operator opisujący przekształcenie odwrotne: ${}^BT = {}^AT^{-1}$ gdzie: AT – j.w.; BT – operator przekształcenia opisujący położenie i orientację układu $\{A\}$ w układzie $\{B\}$, operator odpowiada pozie Bp, która jest zwracana przez funkcję.

Literatura

- USER MANUAL - UR10E E-SERIES – <https://www.universal-robots.com/download/manuals-e-series/user/ur10e/510/user-manual-ur10e-e-series-sw-510-polish-pl/>
- Przykłady programowania robotów UR – <https://academy.universal-robots.com/pl/filmy-samouczi/>

