

## *Robotica – Robot Industriali e di Servizio*

### *Lezione 13: problemi di assemblaggio, e non solo*

21 marzo 2012

### *La precisione dei robot*

- ⇒ Non esiste una definizione universalmente accettata di precisione per un robot
- ⇒ Però c'è accordo su questi punti:
  - Tipo di precisione:
    - Precisione assoluta
    - Precisione di ripetibilità
  - In riferimento a:
    - Posizione finale
    - Traiettoria
  - In regime:
    - Statico
    - Dinamico

Lezione 13 problemi di assemblaggio e non solo

21 marzo 2012 2

## *Tipo di precisione*

### ⇒ Precisione assoluta:

- La massima distanza fra la posizione (traiettoria) specificata e quella effettivamente raggiunta (seguita)

### ⇒ Cause di errore:

- Forma o dimensioni dei link sbagliati
  - Deformazioni permanenti
  - Deformazioni elastiche
  - Deformazioni termiche
- Errori nei sensori di posizione
- Errori nei calcoli (approssimazioni, troncamenti)

## *Precisione assoluta*

### ⇒ La massima distanza fra la posizione (traiettoria) specificata e quella effettivamente raggiunta (seguita)

### ⇒ Cause di errore:

- Forma o dimensioni dei link sbagliati
  - Deformazioni permanenti
  - Deformazioni elastiche
  - Deformazioni termiche
- Errori nei sensori di posizione
- Errori nei calcoli (approssimazioni, troncamenti)

### ⇒ L'errore può tranquillamente arrivare a qualche mm

### ⇒ È importante soprattutto nei sistemi di programmazione implicita

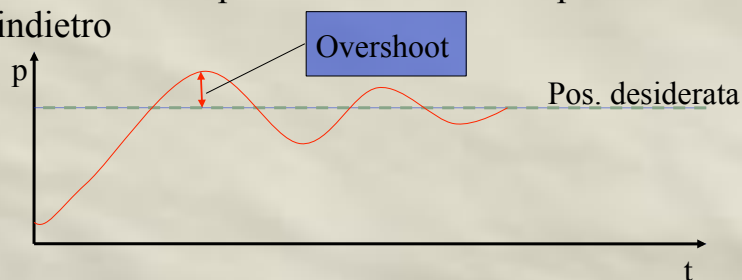
## Precisione di ripetibilità

- ⇒ La massima distanza fra la posizione (traiettoria) effettivamente raggiunta (seguita) in diverse iterazioni dello stesso programma
- ⇒ Cause di errore:
  - Forma o dimensioni dei link sbagliati
    - ~~Deformazioni permanenti~~ Usura meccanica
    - ~~Deformazioni elastiche~~
    - Deformazioni termiche
  - Errori nei sensori di posizione
  - Errori nei calcoli (~~approssimazioni, troncamenti~~)
- ⇒ L'errore può essere piccolo (1/100mm) anche con meccaniche "grossolane"
- ⇒ È importante per il funzionamento del robot

21 marzo 2012 5

## In regime dinamico, la questione è più complessa...

- ⇒ Se i motori si fermano nella posizione corretta con una forte decelerazione, la struttura (che è elastica) continuerà il movimento, andando oltre la posizione desiderata.
- ⇒ Se il controllo non è corretto, anche i motori possono andare oltre la posizione desiderata e poi tornare indietro



Lezione 13 problemi di assemblaggio e non solo

21 marzo 2012 6

## *Conseguenze dell'overshoot*

- ⇒ Se la posizione finale è molto vicina ad un ostacolo, l'overshoot può causare una collisione
- ⇒ Le traiettorie possono risultare “serpeggianti”

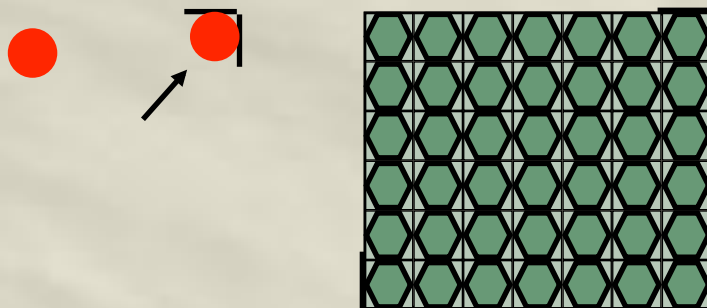
## *Minimizzare l'overshoot*

- ⇒ Diminuendo le decelerazioni
  - Ma aumentano i tempi di percorrenza
- ⇒ Aumentando la rigidità dell'insieme
  - Ma aumentano pesi, inerzie e momenti d'inerzia
- ⇒ Costruendo accurati modelli dinamici del robot

## *Come “tener fermi” i pezzi*

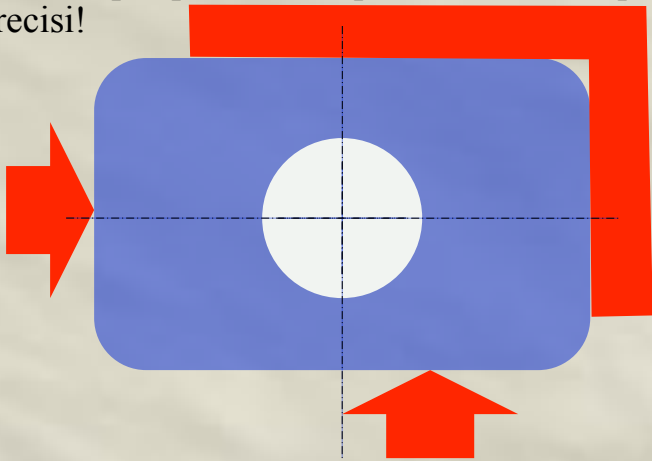
- ⇒ Quando si fa assemblaggio (e non solo) occorre tener fermi i pezzi su cui vanno montati altri pezzi
- ⇒ Si usano vari tipi di “fixture”

## *Riscontri meccanici*



*La precisione non è garanzia di successo*

⇒ Un robot super-preciso non può far nulla con pezzi imprecisi!



Lezione 13 problemi di assemblaggio e non solo 21 marzo 2012 11

The diagram shows a blue rounded rectangle with a white circle in the center. Dashed lines represent the horizontal and vertical centerlines. Three red arrows point towards the part: one from the left, one from the bottom, and one from the top-right corner. A red L-shaped bracket is positioned at the top-right corner, suggesting a clamping or assembly point.

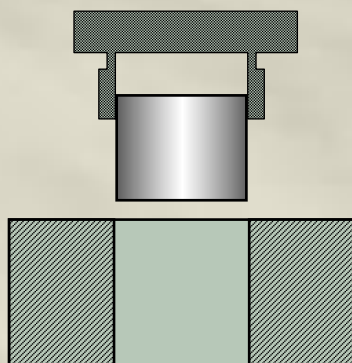
*La precisione non è garanzia di successo*



Lezione 13 problemi di assemblaggio e non solo 21 marzo 2012 12

This diagram is identical to the one above, showing a blue rounded rectangle with a white circle and dashed centerlines. It features three red arrows pointing from the left, bottom, and top-right, and a red L-shaped bracket at the top-right corner.

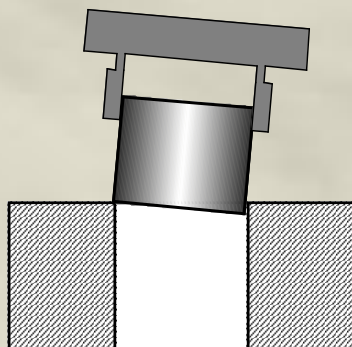
*Ancora inserimenti...*



Lezione 13 problemi di assemblaggio e non solo

21 marzo 2012 13

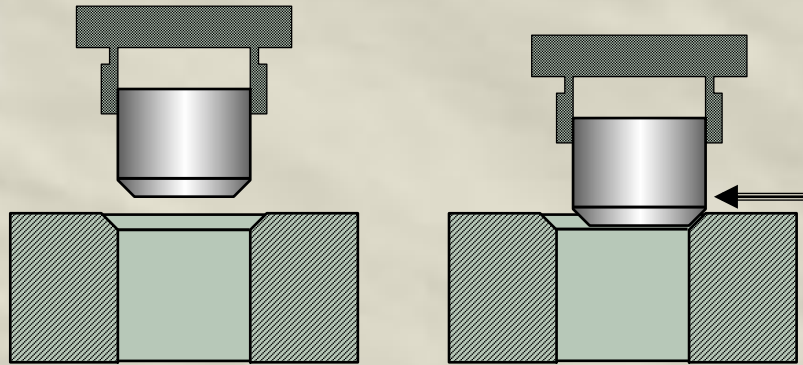
*Il pezzo si impunta...*



Lezione 13 problemi di assemblaggio e non solo

21 marzo 2012 14

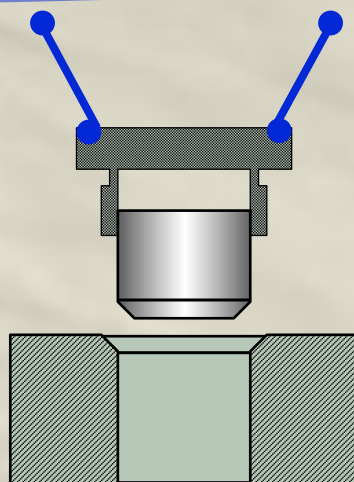
### *Smussare gli spigoli?*



Lezione 13 problemi di assemblaggio e non solo

21 marzo 2012 15

### *Il polso RCC*



***Remote  
Center  
Compliance***

**Più chiaro con un esempio!**

Lezione 13 problemi di assemblaggio e non solo

21 marzo 2012 16



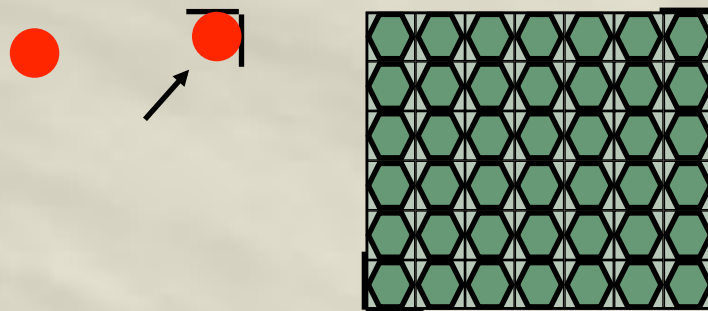
## *Alimentazione dei pezzi*

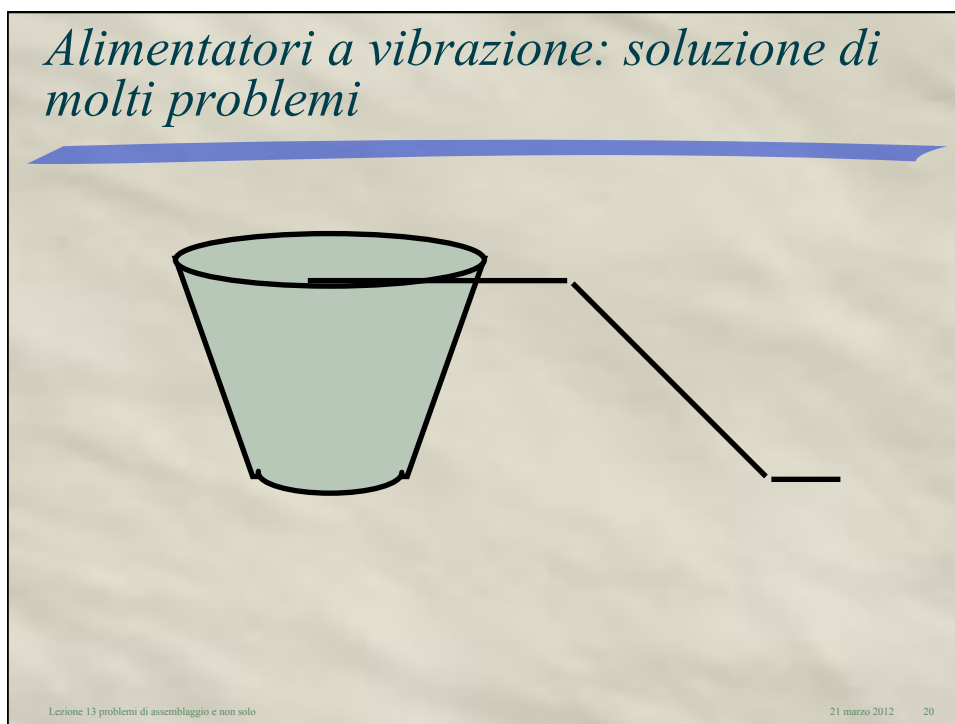
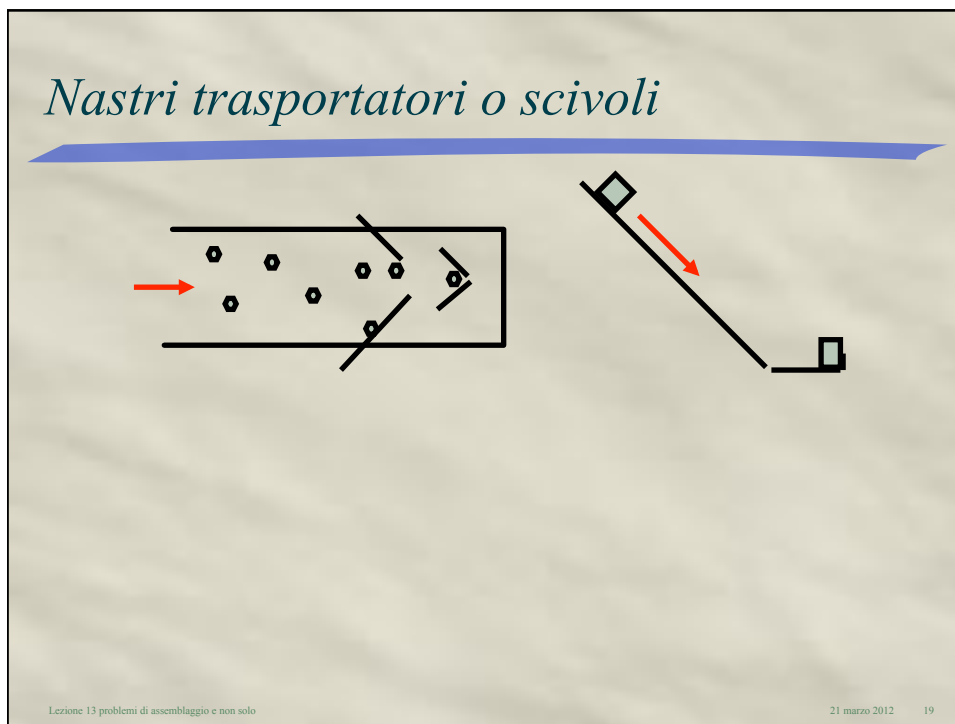
⇒ I pezzi da afferrare devono essere presentati in posizione nota

oppure

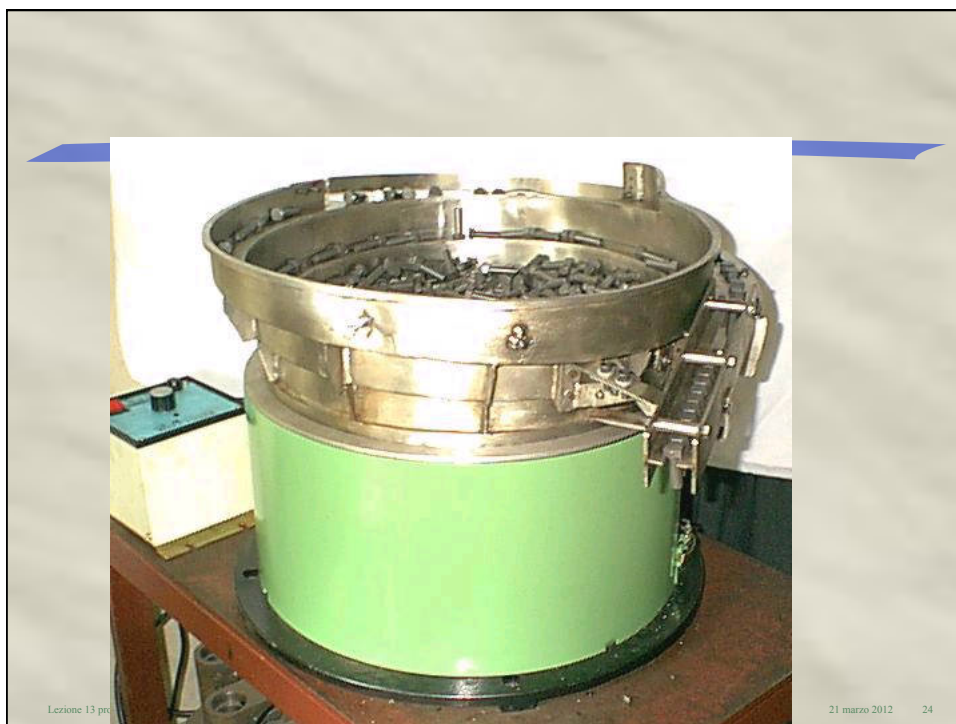
⇒ Il manipolatore deve avere sensori per determinare la posizione dei pezzi

## *Riscontri meccanici*









- ⇒ [http://www.youtube.com/watch?  
feature=player\\_detailpage&v=QsJzSFVAnhk](http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=QsJzSFVAnhk)
- ⇒ [http://www.youtube.com/watch?  
feature=player\\_detailpage&v=FOyIAMgeU-g](http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=FOyIAMgeU-g)

