



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA
MECCANICA

STUDIO E PROGETTAZIONE DI UN ROBOT SARACENO
STUDY AND DESIGN OF A SARACEN ROBOT

Laureando:

Marco Giorgetti

Relatore:

Prof. Marco Sasso

Correlatore:

Prof. Chiappini Gianluca

ANNO ACCADEMICO 2018/2019

Sommario

CAP.1: INTRODUZIONE	4
LAYOUT DEL GRUPPO DELLA LINEA	7
DEFINIZIONE DI SENSORE	10
CARATTERISTICHE DELL' ALLUMINIO.....	12
CAP.2: PROGETTAZIONE MECCANICA DEL ROBOT	14
MISURAZIONE DELLE GRANDEZZE DEL ROBOT	15
SCELTA DEI MOTORI	15
CINEMATICA DIRETTA.....	16
CINEMATICA INVERSA	17
DINAMICA DIRETTA	19
DINAMICA INVERSA	19
MOTORE ROTAZIONALE	20
MOTORE LINEARE.....	22
VERIFICA BARRA CENTRALE.....	24
SCELTA DELLE GUIDE	28
CALCOLO DELLA DURATA IN ORE DELLE GUIDE	31
SCELTA DELLE PINZE	33
CAP.3: SCELTA DEI SENSORI DEL ROBOT	34
ENCODER	35
SENSORE PER ANALIZZARE SALITA/DISCESA ROBOT	36
SENSORE PER LA SICUREZZA.....	36
CAP.4: ANALISI ECONOMICA DEL ROBOT	37
COSTO SENSORI	38
COSTO DELLE PINZE	38
COSTO MOTORI	39

COSTO GUIDE (CON PATTINI)	39
COSTO PARTI STRUTTURALI DEL ROBOT	39
BRACCIO MANTIENI ASTA CENTRALE	40
BARRA CENTRALE	41
ELEMENTI DI FISSAGGIO DELLE PINZE	42
PIASTRA MANTIENI GUIDE.....	49
PIASTRA AD L	50
BASE ROTANTE	52
PIASTRA DI FISSAGGIO DEL CILINDRO	60
COSTO DELLE VITI	62
COSTO TOTALE.....	64
CAP.5: CONCLUSIONE E SVILUPPI FUTURI	65

CAP.1: INTRODUZIONE

Lo scopo di questo progetto è stato quello di progettare e analizzare un robot Saraceno facente parte di una linea automatizzata per la produzione di rotor per motori elettrici. Per robot Saraceno si intende un pick-and-place con due gradi di libertà infatti esso ha la possibilità di prendere il rotore dal pallet di destra (traslazione attorno all'asse y) e ruotare di 180° per trasferire la parte sulla sinistra (rotazione attorno all'asse x). Nella linea in questione i rotor vengono trasportati da dei pallet (mostrato in Fig.1) posti sopra un nastro trasportatore. Lo scopo principale del robot è quello di prendere i rotor e posizionarli in un altro nastro trasportatore per continuare il percorso nella linea produttiva.

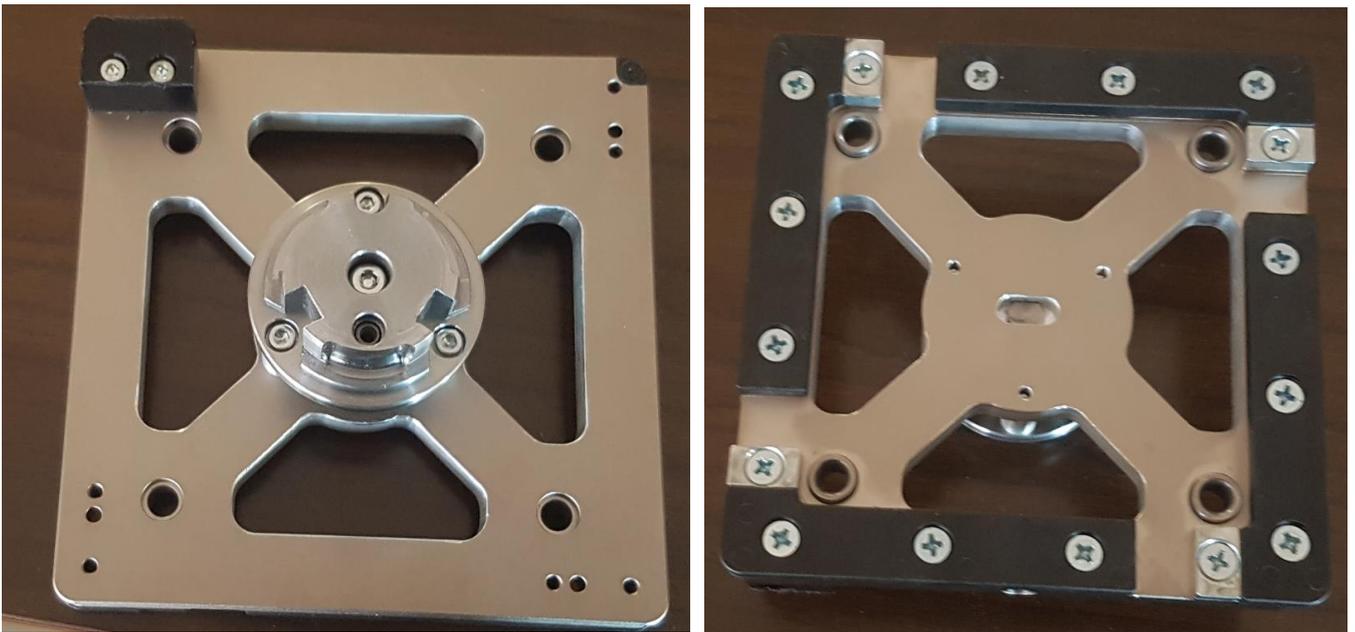


Fig.1: foto della parte sopra e sotto del pallet

Come si può notare dalla figura soprastante, per ospitare il rotore vengono fatte delle scanalature nel pallet. Nella parte sotto vengono invece poste delle bande in gomma per fare in modo che il pallet non rovini il nastro trasportatore.

In una macchina automatica:

$$ngdl = n \text{ giunti}$$

ed infatti i giunti in questo robot sono due: uno rotazionale (posto alla base del robot) ed uno traslazionale.

Inoltre si può concludere che i motori presenti in questo robot saranno due: uno lineare (indicato con una freccia in Fig.2) ed uno rotazionale (colorato in blu in Fig.2).

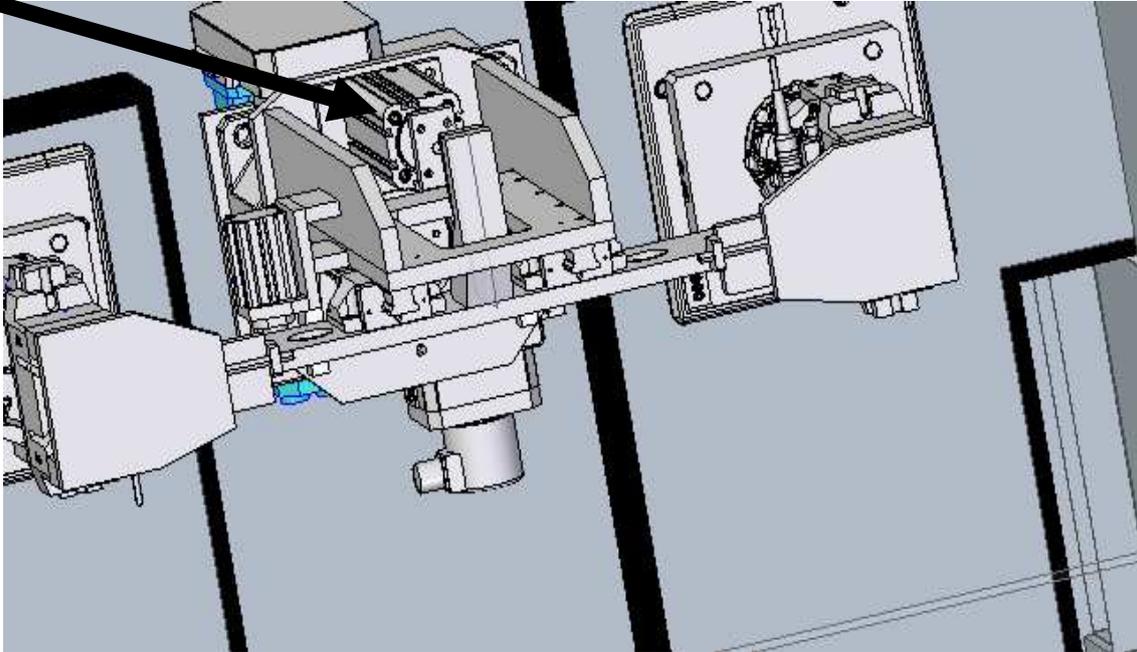


Fig.2: vista del motore che permette la traslazione del robot

Questo sistema presenta inoltre due pinze elettromeccaniche necessarie per il prelevamento e il posizionamento delle parti in questione. Questo progetto è stato fatto in collaborazione con l'azienda LAM ITALIA, situata a Fano, che progetta e produce macchine automatiche per la produzione di motori elettrici e parti di automobili.

LAYOUT DEL GRUPPO DELLA LINEA

La rappresentazione del layout è rappresentata in Fig.3.

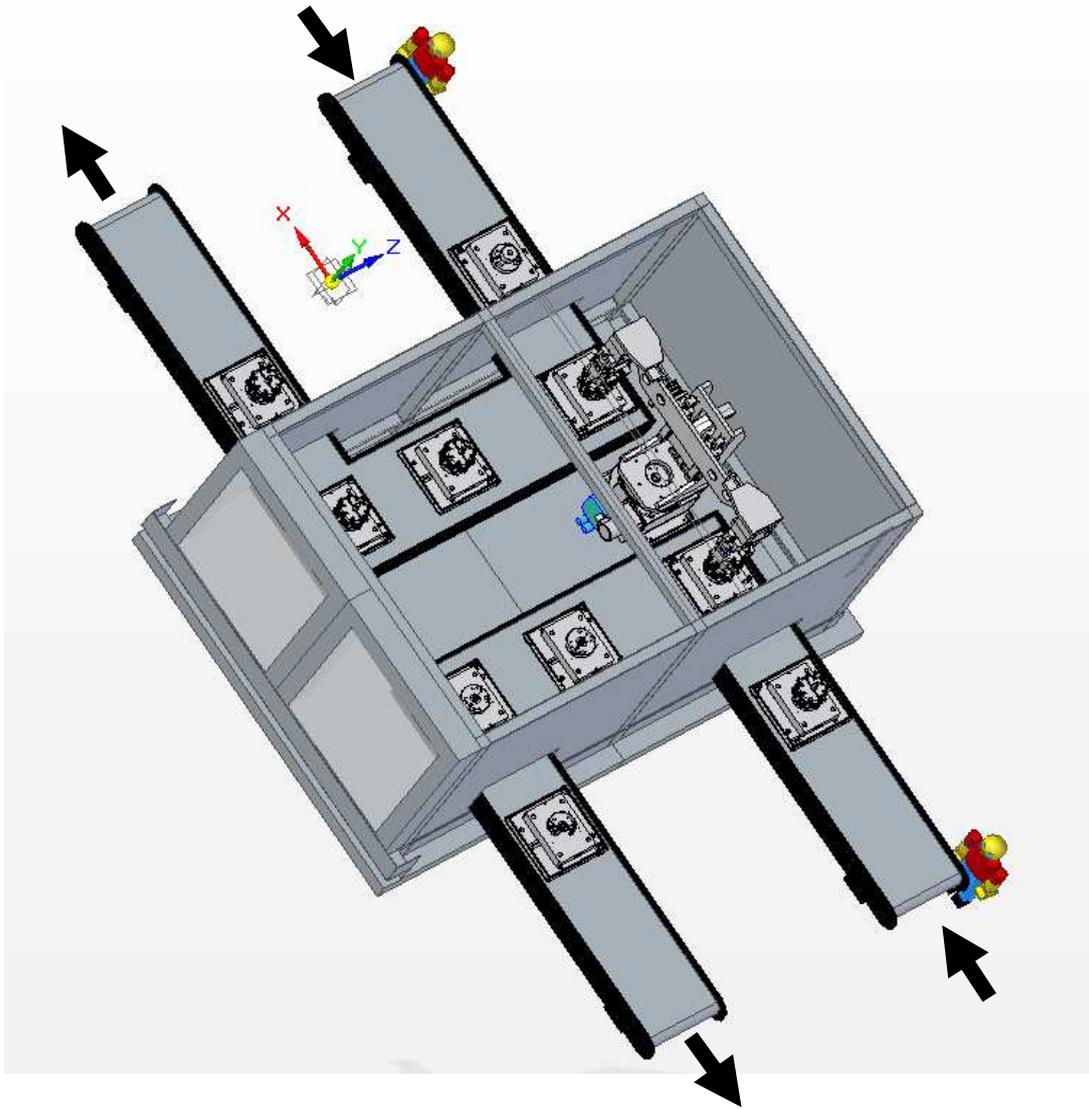


Fig.3: layout delle linea automatizzata

In questo caso ci sono due nastri trasportatori con senso di marcia definito dalle frecce di colore nero in Fig.3. I rotori sono collegati a dei pallet e vengono prelevati dal robot che, come detto in precedenza, li porta dalla parte destra alla parte sinistra. Facendo particolare attenzione alla Fig.3 si nota che nella parte destra il pallet parte con il rotore ed esce dal nastro senza di esso mentre nella parte sinistra avviene esattamente il contrario. Ai lati dei nastri troviamo due operatori che fanno in modo di preparare i pallet da porre sui due nastri in Fig.3 ed inoltre controllano il regolare funzionamento di questa zona della linea.

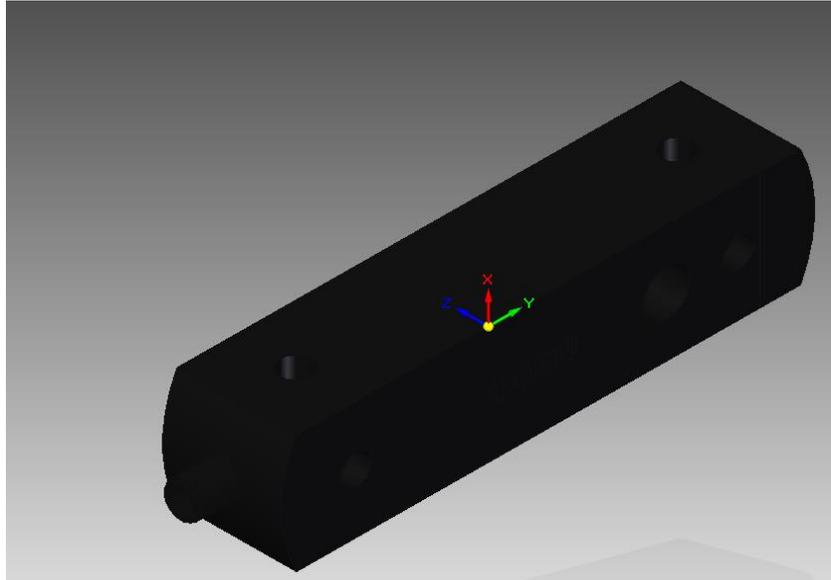


Fig.5: Euchner

Vista la grande importanza nel misurare la rotazione e la traslazione del robot sono stati opportunamente posizionati due sensori: 1) Un encoder incrementale necessario alla misurazione della rotazione; 2) Un sensore lineare per la misurazione del movimento verticale. I sensori così come il materiale del robot sono stati scelti non solo tenendo conto delle prestazioni ma anche del costo.

DEFINIZIONE DI SENSORE

Il **sensore** è un dispositivo che si trova in diretta interazione con il sistema misurato e permette di misurare una determinata grandezza. I dispositivi in commercio spesso integrano al loro interno anche alimentatori stabilizzati, amplificatori di segnale, dispositivi di comunicazione remota, ecc. In quest'ultimo caso si preferisce definirli trasduttori.

A seconda del tipo e dell'utilizzo, i sensori possono:

- Dare una lettura direttamente nell'unità ingegneristica d'interesse (esempio nei termometri a mercurio);
- Essere collegati ad uno strumento indicatore (chiamato comunemente display) che provvede a leggere il segnale e tradurlo in una comoda lettura nell'unità ingegneristica;
- Essere collegati ad uno strumento registratore che provvede a memorizzare il segnale per una sua successiva elaborazione;

I sensori possono essere classificati in base al loro principio di funzionamento oppure al tipo di segnale in uscita, ma più comunemente vengono classificati in base al tipo di grandezza fisica che misurano, esempio:

- Sensori di luce;
- Sensori a infrarossi, rilevano la presenza di persone in un ambiente.
- Sensori di suono (per esempio i microfoni);
- Sensori di accelerazione;
- Sensori di temperatura;
- Sensori di calore;
- Sensori di radiazione;
- Sensori di particelle subatomiche;
- Sensori di resistenza elettrica;
- Sensori di corrente elettrica
- Sensori di tensione elettrica
- Sensori di potenza elettrica
- Sensori di magnetismo
- Sensori di pressione;
- Sensori di gas e flusso di liquidi;
- Sensori di movimento;

- Sensori di orientamento;
- Sensori di forza;
- Sensori di prossimità;
- Sensori di distanza;
- Sensori biometrici: rilevano una caratteristica di una zona del corpo umano (conformazione della retina o i potenziali elettrici del polpastrello del dito della mano).
- Sensori chimici.

CARATTERISTICHE DELL' ALLUMINIO SERIE 2000

L' affermazione dell'alluminio nei mercati mondiali è un avvenimento che fa parte della mostra storia recente questo grazie alla combinazione ottimale di diverse proprietà che lo caratterizzano e lo contraddistinguono:

- Leggerezza avendo un basso peso specifico ($2,7\text{kg/dm}^3$);
- Formabilità;
- Lavorabilità;
- Plasticità;
- Conduktività termica ed elettrica;
- Resistenza meccanica;
- Resilienza;
- Gradevole aspetto esteriore;
- Non tossicità;
- Elevata riciclabilità.

Le leghe di Alluminio si possono classificare in base agli elementi alliganti presenti

Gli elementi alliganti maggiormente utilizzati sono i seguenti:

1. Silicio che migliora la colabilità;
2. Magnesio che aumenta la resistenza a corrosione;
3. Manganese che aumenta la resistenza meccanica;
4. Rame che fa crescere la resistenza meccanica a caldo;
5. Zinco che fa accrescere la resistenza meccanica.

1xxx	Alluminio puro al 99%
2xxx	Lega Alluminio-Rame
3xxx	Lega Alluminio-Manganese
4xxx	Lega Alluminio-Silicio
5xxx	Lega Alluminio-Magnesio
6xxx	Lega Alluminio-Magnesio-Silicio
7xxx	Lega Alluminio-Zinco
8xxx	Lega Alluminio-Altri elementi
9xxx	Serie sperimentale

L' alluminio può essere designato anche in base allo stato di fornitura.

F	Grezzo di laminazione
O	Alluminio ricotto
H	Alluminio incrudito
W	Alluminio temprato e invecchiato naturalmente
T	Alluminio trattato termicamente

Le leghe della serie 2000 Alluminio-Rame presentano le seguenti caratteristiche:

- Buona truciolabilità;
- Elevata resistenza meccanica;
- Bassa resistenza alla corrosione.

Analizzando le caratteristiche meccaniche nel dettaglio:

- Modulo di Young =70000 MPa;
- Carico rottura a trazione =220MPa;
- Densità 2,712 kg/dm³;
- Temperatura di fusione =643°C

CAP.2: PROGETTAZIONE MECCANICA DEL ROBOT

MISURAZIONE DELLE GRANDEZZE DEL ROBOT

In ogni progettazione che si rispetti le misure sono fondamentali. Dal 3D del robot sono state rilevate le seguenti misure:

$$l = 0,2 \text{ m}$$

$$a = 0,4 \text{ m}$$

$$0^\circ < \theta < 180^\circ$$

$$l < h < 0,4 \text{ m}$$

$$m = 40 \text{ kg}$$

SCELTA DEI MOTORI

Il primo step è stato quello della scelta dei motori necessari alla movimentazione del robot. Nella trattazione sono state fatte le seguenti ipotesi:

1. Velocità lineare ed angolare del robot costanti durante il normale funzionamento;
2. Materiale del robot Alluminio perché leggero e con costo accessibile;

La scelta dell'Alluminio è ricaduta sull' Alluminio 2117 viste le grandi caratteristiche di ottima lavorabilità alle macchine, grande resistenza meccanica e costo accessibile.

Inizialmente è stata analizzata la cinematica del robot (ricavando così le velocità angolari e lineari del robot) per poi passare alla dinamica (ottenendo le coppie/forze agenti sui motori).

3. Analisi di metà robot considerando il sistema simmetrico.

CINEMATICA DIRETTA

Come detto in precedenza il robot possiede due gradi di libertà. Considerando la simmetria del sistema e due giunti (uno traslazionale ed uno rotazionale) il robot può essere semplificato come in Fig.6.

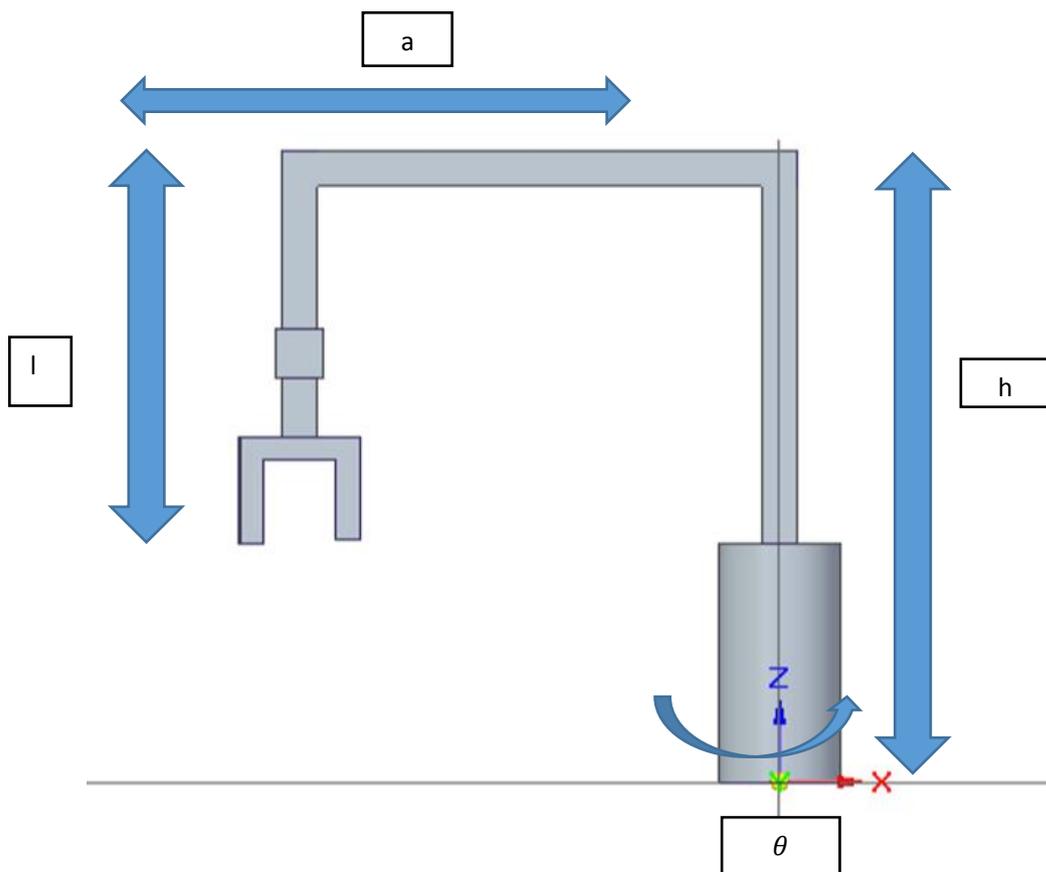


Fig.6: rappresentazione semplificata del robot

Per ricavare la posizione dell'estremo della pinza rispetto l'origine bisogna fare il prodotto fra due matrici come segue:

$$T_{02} = T_{01} * T_{12}$$

T_{01} rappresenta la rotazione del robot rispetto l'asse z mentre T_{12} rappresenta la traslazione del robot per fare in modo di prelevare/depositare il rotore. I due gradi di libertà sono θ e h .

Scrivendo le due matrici:

$$T_{01} = \begin{bmatrix} C\theta & -S\theta & 0 & 0 \\ S\theta & C\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & h \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_{12} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -a \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -l \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Moltiplicando le due matrici si ottiene:

$$T_{02} = \begin{bmatrix} C\theta & -S\theta & 0 & -a * c\theta \\ S\theta & C\theta & 0 & a * s\theta \\ 0 & 0 & 1 & h - l \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Da qui si ottengono le equazioni di posizione della pinza rispetto l'origine:

$$x = -a * c\theta$$

$$y = a * s\theta$$

$$z = h - l$$

Nel caso in cui ruota la traiettoria è una semplice semicirconferenza sul piano x-y come si può vedere nelle Fig.7a.

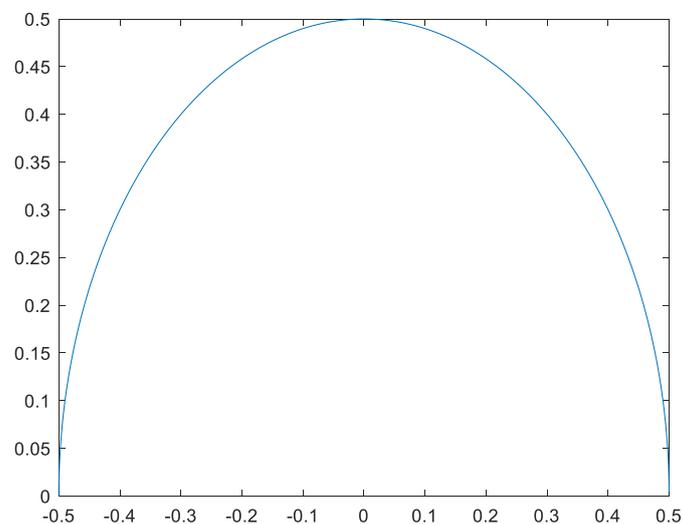


Fig.7a: traiettoria del robot sul piano x-y

Nel caso in cui trasla la traiettoria è una semplice linea sul piano x-y come si può vedere nelle Fig.7b.

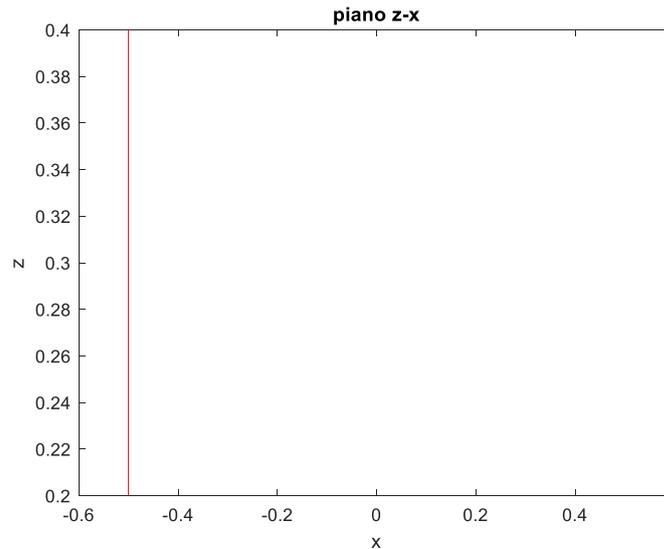


Fig.7b: traiettoria del robot sul piano x-z

CINEMATICA INVERSA

Andando a risolvere le equazioni sopra ricavate si ottiene:

$$\theta = ATAN2(\sin\theta, \cos\theta)$$

$$h = z + l$$

Da qui si possono ottenere le velocità lineari ed angolari del sistema.

$$\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt} = 3,14 \frac{rad}{s}$$

$$\dot{h} = \frac{dh}{dt} = 0,2 \frac{m}{s}$$

La velocità angolare può essere calcolata anche in altra maniera:

$$S = \dot{R}1 * R1'$$

$$R1 = \begin{bmatrix} C\theta & -S\theta & 0 \\ S\theta & C\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\dot{R}1 = \begin{bmatrix} -s\theta & -c\theta & 0 \\ c\theta & -s\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \dot{\theta}$$

Si ricava da qui la velocità angolare:

$$W = \dot{\theta} = 3,14 \frac{rad}{s}$$

Dalla velocità angolare si calcola il numero di giri al minuto come segue:

$$n = \frac{60 * W}{(2 * \pi)} = 30 \frac{g}{min}$$

DINAMICA DIRETTA

Si potrebbero usare diversi metodi per ricavare le equazioni del moto, in questo caso la scelta è ricaduta sul metodo di Lagrange perché più semplice ed immediato.

a) Calcolo di energia cinetica e potenziale del sistema

$$T = \frac{1}{2} * m * v^2 + \frac{1}{2} * I * \omega^2$$

$$V = m * g * h$$

$$L = T - V$$

Dal 3D è stato ricavato il momento di inerzia:

$$I_Z = \frac{3 * k * g}{m^2}$$

b) Stesura delle equazioni di Lagrange

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k} \right) - \left(\frac{\partial L}{\partial q_k} \right) - \tau_k = Q_k$$

Con Q_k si intendono le forze generalizzate di Lagrange ed in questo caso:

$$Q_k = [I * \omega, m * h * g]$$

Si ha una equazione per ogni grado di libertà quindi in questo caso si avranno due equazioni.

Andando a risolvere con Matlab si ottengono le seguenti espressioni:

$$Q_1 = \tau_1$$

$$Q_2 = m * g - \tau_2$$

DINAMICA INVERSA

Dalle relazioni ricavate con la dinamica diretta si vanno ad ottenere τ_1 e τ_2 che sono rispettivamente la forza/coppia che i motori deve scaricare sul sistema per permettere il movimento.

$$\tau_1 = Q_1 = I * \ddot{\theta}$$

$$\tau_2 = m * (g - h\ddot{\theta})$$

Se però si analizza il caso in cui il robot sale salita il segno di $h\ddot{\theta}$ cambia e la relazione diventa:

$$\tau_2 = m * (g + h\ddot{\theta})$$

MOTORE ROTAZIONALE

Per prima cosa è stato ricavato il profilo di velocità rappresentato in Fig.8.

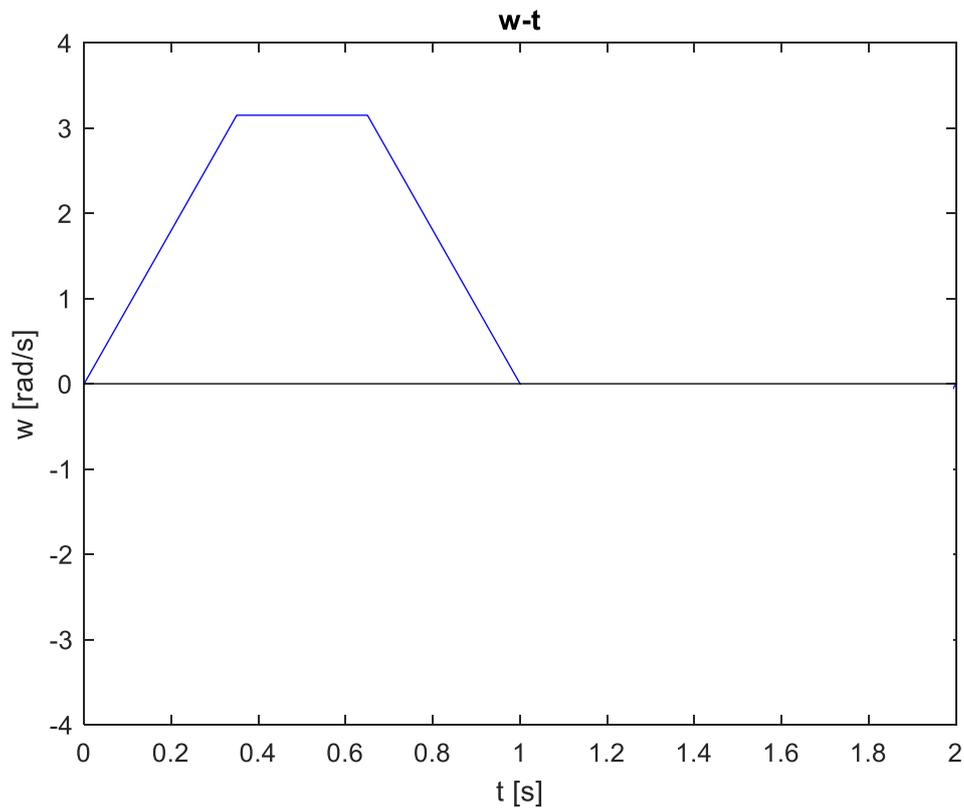


Fig.8: profilo di velocità angolare

Qui si nota che nel primo tratto si ha un'accelerazione (che permette al sistema di arrivare da una velocità nulla a 3,14 rad/s) mentre nell'ultimo tratto si ha una decelerazione che fa l'opposto.

È stato considerato un tempo di accelerazione/decelerazione pari a 0,35 s.

Il motore è stato dimensionato secondo la sua coppia di spunto.

In questo caso è stato scelto un motore stepper perché permette una grande precisione nello spostamento angolare e nel controllo della velocità di rotazione.

Dal grafico è stata ricavata l'accelerazione angolare.

$$\alpha = \frac{3,14}{0,35} = 9 \text{ rad/s}^2$$

La coppia massima che il motore può raggiungere è:

$$C = I * \alpha = 3 * 9 = 27 \text{ N * m}$$

Dalla coppia massima è stato scelto il motore e la scelta è ricaduta sul motore stepper MX42FN (Fig.9).



Fig 9: motore stepper MX42FN

Dalla coppia di spunto è stato scelto il modello evidenziato in Fig.10.

• Specifiche

Codice Modello	Tensione Nominale (V)	Corrente / Fase (A)	Resistenza / Fase (ohm)	Induttanza / Fase (mH)	Coppia Statica (Nm)	Coppia Residua (Nm)	Inerzia Rotorica (g.cm ²)	Fili	Lunghezza Motore (mm)	Peso (Kg)	Speciale (vedi pag. 4)
ML42FN39075M8K	2,70	7,50	0,36	3,00	11,50	0,30	5500	8	99,0	5,00	--
ML42FN39100M8K	2,50	10,00	0,25	1,90	11,50	0,30	5500	8	99,0	5,00	--
MT42FN59110M8LX	3,08	11,00	0,28	3,20	22,00	0,84	10900	8	150,0*	8,40	albero anteriore Ø 15,87 con orientamento standard e morsetti standard CUA2: 100,88 mm e CUF= 20,0 mm
ML42FN59110M8K	3,08	11,00	0,28	3,20	22,00	0,84	10900	8	150,0	8,40	--
ML42FN59110B8K	3,08	11,00	0,28	3,20	22,00	0,84	10900	8	150,0	8,40	17,5 mm Ø x 8,35 mm
ML42FN79070M8K	6,58	7,00	0,94	9,45	28,00	1,17	16200	8	201,0	11,70	--
ML42FN79110M8K	4,84	11,00	0,44	4,20	30,00	1,17	16200	8	201,0	11,70	--

* Questa quota è al netto del terminale per la morsetteria profondo 34 mm.

Fig 10: specifiche del motore stepper

Il costo di questo motore è pari a 400 Euro.

MOTORE LINEARE

Per prima cosa è stato ricavato il profilo di velocità rappresentato in Fig.11.

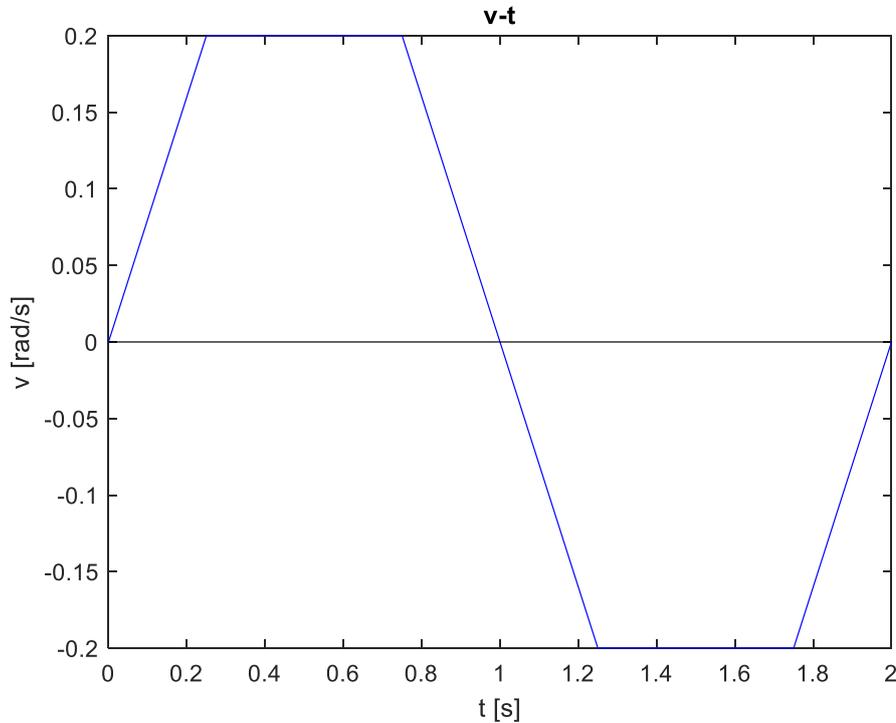


Fig.11: profilo di velocità lineare

Nel primo tratto il robot accelera fino alla velocità ricavata precedentemente. Dopo 0,75 s il robot tende a decelerare fino a fermarsi. Nella prima rampa il robot è in fase di salita mentre nella seconda il robot sta scendendo.

Da Fig.10 è possibile calcolare l'accelerazione/decelerazione del robot.

$$a = \frac{0.2}{0.25} = 0.8 \text{ m/s}^2$$

Analizzando il caso peggiore (cioè quello di discesa) si ottiene:

$$F = m * (g + hpp) = 40 * (9,8 + 0,8) = 424 \text{ N}$$

La scelta del motore lineare è ricaduta su un cilindro elettrico di tipo FESTO EPCO 40.



Fig.12: Foto cilindro elettrico FESTO EPCO 40

In questo caso è importante soddisfare 3 condizioni:

- 1) Che il cilindro riesca a fare una corsa di 200 mm

Questo è soddisfatto in quanto grazie a questo cilindro si riescono ad ottenere corse da 50 a 400 mm.

- 2) Che $F_{MAX} \leq F_{CILINDRO}$.

- 3) Che $M_{MAX} \leq M_{CILINDRO}$.

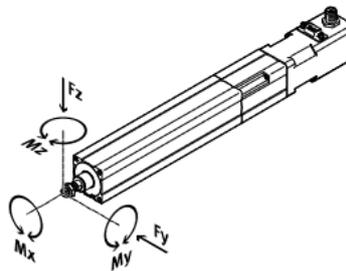


Fig.13: schematizzazione forze/momenti su cilindro FESTO

Guardando la tabella sul catalogo Festo in Fig.14:

Size	16		25		40	
	3P	8P	3P	10P	5P	12.7P
$F_{x_{max}}$ (static) [N]	125	50	350	105	650	250
$M_{x_{max}}$ [Nm]	0		0		0	
$M_{y_{max}}, M_{z_{max}}$ [Nm]	0.6		1.0		3.3	

Fig.14: Forze/momenti su cilindro FESTO EPCO40

Scegliendo la taglia 40 modello 5P la forza massima è di 650 N mentre la forza massima calcolata è di 424 N quindi la relazione è verificata.

Nel caso delle coppia invece non c'è e quindi si ha un'uguaglianza $0=0$.

Il costo di questo cilindro è di 200 Euro.

VERIFICA BARRA CENTRALE

La barra centrale (Fig.15) va verificata sia a compressione (quando il robot ruota) sia a flessione (quando il robot sale/scende per prendere la parte e quando accelera durante a rotazione).

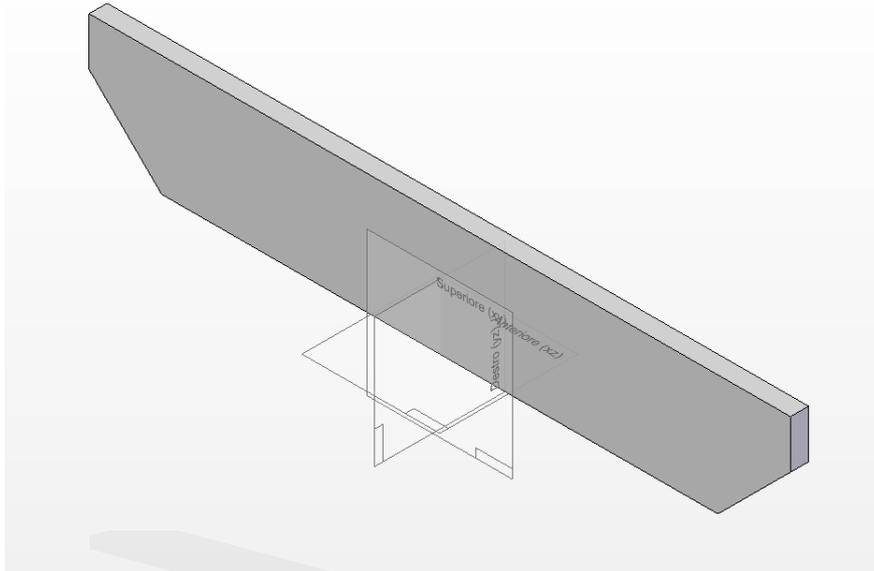


Fig.15: barra centrale da verificare

Bisogna quindi analizzare: compressione dovuto dalle pinze in rotazione, flessione dovuta dal peso delle pinze e flessione quando il robot accelera ruotando.

La compressione è trascurabile rispetto alla flessione e quindi non è stata calcolata.

1) Flessione dovuta dalle guide

Distanza dalle guide=0,2 m

Lunghezza totale=1 m

Lo schema è il seguente:



In questo caso è stato analizzato il caso peggiore cioè quello di salita.

Calcolando si ottiene:

$$x_3 = x_4 = \frac{F_M}{2} = 212 \text{ N}$$

$$x_1 = x_2 = \frac{F_M}{2} = 212 \text{ N}$$

Facendo i diagrammi di taglio e momento si ha:

- Taglio

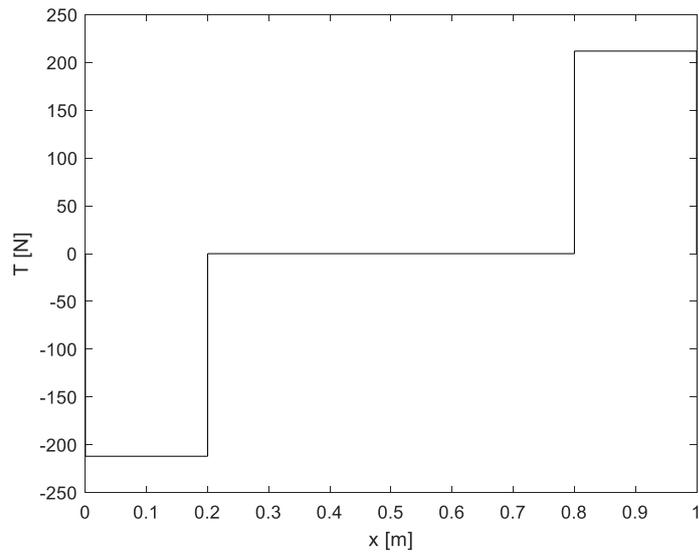


Fig.16: diagramma del taglio nel caso di flessione dovuto al peso delle pinze

- Momento

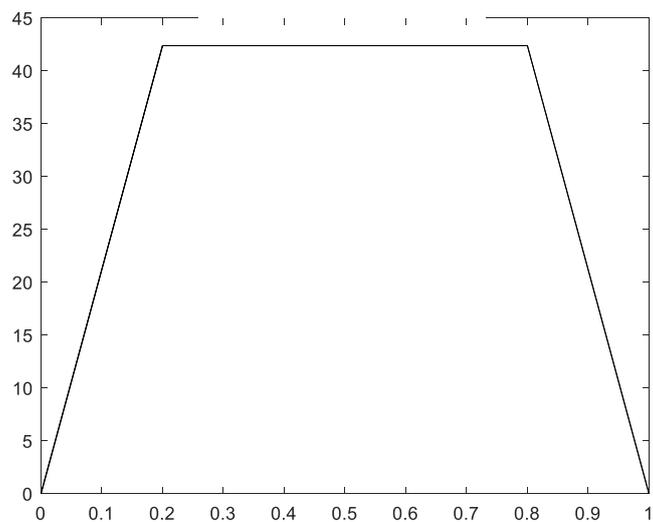


Fig.17: diagramma del momento nel caso di flessione dovuto al peso delle pinze

Dal grafico del momento può essere ricavato il momento massimo:

$$M_{MAX} = 42,4 N * m$$

Secondo la formula della flessione di Navier:

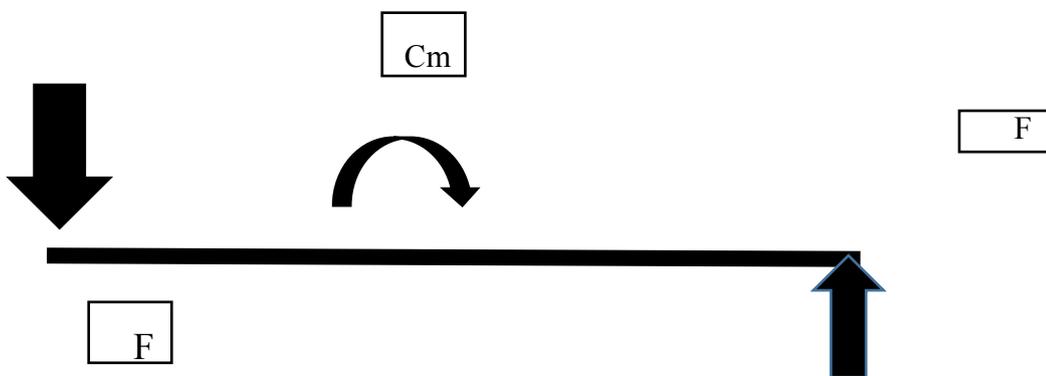
$$\delta = \frac{M_{MAX}}{I_X} * y$$

$$y = \frac{15}{2} = 7,5 mm$$

$$\delta = \frac{M_{MAX}}{I_X} * y = 0,25 MPa$$

La tensione calcolata è molto bassa infatti il momento di inerzia della sezione rispetto l'asse x è molto grande.

2) Flessione dovuta da accelerazione angolare



Secondo l'equazione d equilibrio dei momenti:

$$C_M = 2 * F * r = 27 N * m$$

Analizzando il diagramma dei momenti si ottiene:

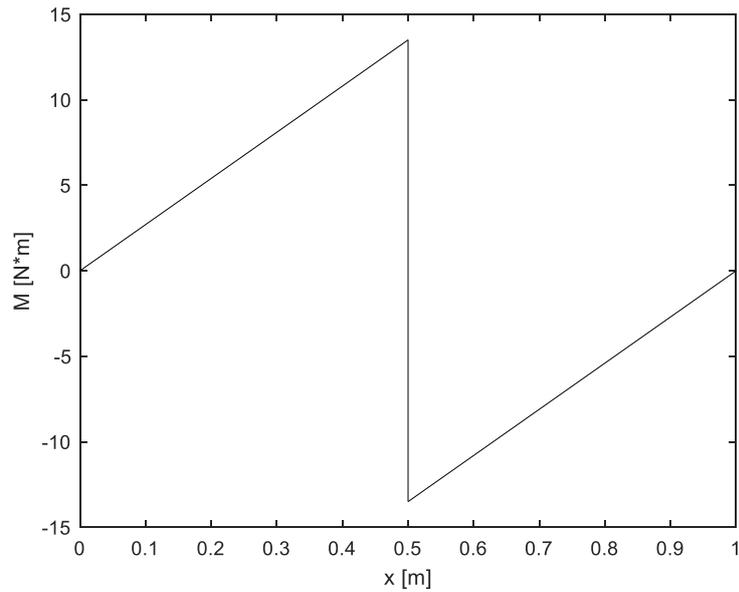


Fig.18: diagramma del momento nel caso di flessione dovuto ad accelerazione in fase di rotazione

Anche in questo caso si calcola la tensione dovuta alla flessione ma questa volta è stato preso in considerazione il momento di inerzia rispetto l'asse y.

$$\delta = \frac{M_{MAX}}{I_y} * x$$

Dal diagramma del momento è stato ricavato il momento massimo in corrispondenza del momento concentrato dovuto al motore che permette la rotazione.

$$M_{MAX} = 13500 \text{ N} * \text{mm}$$

$$I_y = \frac{100 * 15^3}{12} = 28125 \text{ mm}^4$$

$$x = \frac{100}{2} = 50 \text{ mm}$$

$$\delta = \frac{M_{MAX}}{I_y} * x = \frac{13500}{28125} * 50 = 24 \text{ MPa}$$

Sommando le due tensioni si ricava la tensione massima:

$$\delta_{MAX} = 24,25 \text{ MPa}$$

Nel caso dell'Alluminio 2121:

$$\delta_s = 190 \text{ MPa}$$

Visto che la tensione di snervamento è più alta della tensione ammissibile significa che la barra è verificata.

SCELTA DELLE GUIDE

Per prima cosa bisogna analizzare le forze che agiscono su di esse.

Le forze sono state ricavate dai diagrammi dei tagli sui due piani.

$$F_z = 212 \text{ N}$$

$$F_y = 27 \text{ N}$$

I momenti sono stati ricavati dai diagrammi dei momenti sui due piani.

$$M_x = 42,4 \text{ N} * m$$

$$M_y = 5,4 \text{ N} * m$$

$$M_z = 0 \text{ N} * m$$

Prendendo le misure dal modello 3D si riescono a scegliere la guida e il pattino.

Il modello di guida scelto è stato il R1605 (mostrato in Fig.19).

SNS/SNO con tappi di chiusura fori in plastica



R1605 .0. ./ R1605 .C. ..

Avvitabili dall'alto, con tappi di chiusura fori in plastica

Avvertenze

- ▶ I tappi di chiusura fori in plastica fanno parte della fornitura.
- ▶ Attenersi alle istruzioni di montaggio!
Richiedere "Istruzioni di montaggio per guide a sfere su rotaia".
- ▶ Le rotaie sono disponibili anche in versione composta da più tratti.

Altre rotaie SNS e accessori

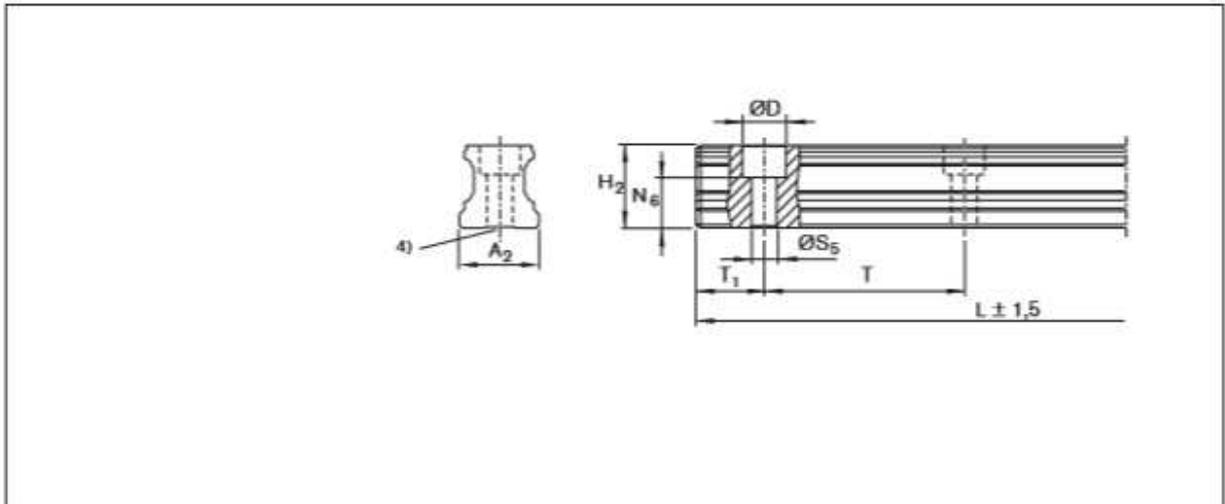
- ▶ Rotaie resistenti alla corrosione Resist NR, Resist CR
- ▶ Per i tappi di chiusura fori in plastica vedere gli accessori per rotaie a sfere

Rotaie SNO R1605 .C. .. con base liscia per superfici di montaggio su componenti in ghisa minerale

Disponibili nelle grandezze 25-45 e nella classe di precisione P e SP.

Fig.19:rappresentazione guida R 1605

Dalla tabella sottostante (Fig.19) è possibile vedere tutte le grandezze che caratterizzano la guida in questione.



Grandezza	Dimensioni (mm)											Massa m (kg/m)
	A ₂	D	H ₂ ¹⁾	L _{max} ²⁾	N ₀ ^{3),5}	S ₅	T	T _{1 min}	T ₁₅ ³⁾	T _{1 max}		
15	15	7,4	16,20	3 836	10,3	4,5	60	10	28,0	50	1,4	
20	20	9,4	20,55	3 836	13,2	6,0	60	10	28,0	50	2,4	
25	23	11,0	24,25	3 836	15,2	7,0	60	10	28,0	50	3,2	
30	28	15,0	28,35	3 836	17,0	9,0	80	12	38,0	68	5,0	
35	34	15,0	31,85	3 836	20,5	9,0	80	12	38,0	68	6,8	
45	45	20,0	39,85	3 776	23,5	14,0	105	16	50,5	89	10,5	
55	53	24,0	47,85	3 836	29,0	16,0	120	18	58,0	102	16,2	
65	63	26,0	59,85	3 746	38,5	18,0	150	20	73,0	130	22,4	

Fig.20: grandezze caratteristiche guida R 1605

Successivamente è stato scelto il pattino da mettere sulla guida e la scelta è ricaduta sul modello R1651.

FNS – flangiato, normale, altezza standard R1651 ... 2.



Valori dinamici

Velocità: $v_{max} = 5 \text{ m/s}$
 Accelerazione: $a_{max} = 500 \text{ m/s}^2$
 (Se $F_{comb} > 2,8 \cdot F_{pr}$: $a_{max} = 50 \text{ m/s}^2$)

Istruzioni per la lubrificazione

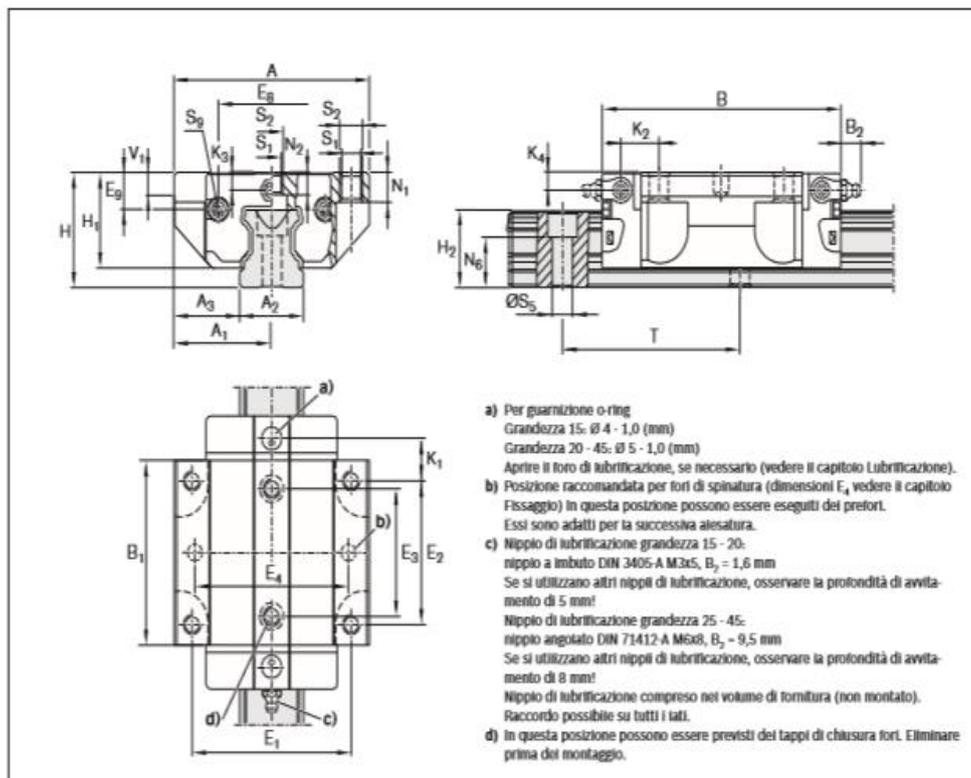
► Ingrassaggio iniziale

Avvertenza

Adatta per tutte le rotaie SNS/SNO.

Fig.21: rappresentazione pattino R 1651

Dalla tabella sottostante (Fig.22) è possibile vedere tutte le grandezze che caratterizzano il pattino in questione.



Grandezza	Dimensioni (mm)																						
	A	A ₁	A ₂	A ₃	B ^{0,5}	B ₁	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	H	H ₁	H ₂ ¹⁾	H ₂ ²⁾	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄		
15	47	23,5	15	16,0	58,2	39,2	38	30	26	24,55	6,70	24	19,90	16,30	16,20	8,00	9,6	3,20	3,20				
20	63	31,5	20	21,5	75,0	49,6	53	40	35	32,50	7,30	30	25,35	20,75	20,55	11,80	11,8	3,35	3,35				
25	70	35,0	23	23,5	86,2	57,8	57	45	40	38,30	11,50	36	29,90	24,45	24,25	12,45	13,6	5,50	5,50				
30	90	45,0	28	31,0	97,7	67,4	72	52	44	48,40	14,60	42	35,35	28,55	28,35	14,00	15,7	6,05	6,05				
35	100	50,0	34	33,0	110,5	77,0	82	62	52	58,00	17,35	48	40,40	32,15	31,85	14,50	16,0	6,90	6,90				
45	120	60,0	45	37,5	137,6	97,0	100	80	60	69,80	20,90	60	50,30	40,15	39,85	17,30	19,3	8,20	8,20				

Grandezza	Dimensioni (mm)										Massa (kg)	Fattori di carico ³⁾ (N)		Momenti di carico ³⁾ (Nm)			
	N ₁	N ₂	N ₃ ^{0,5}	S ₁	S ₂	S ₃	T	V ₁	m	C		C ₀	M _L	M ₁₀	M _L	M ₁₀	
15	5,2	4,40	10,3	4,3	M5	4,5	M2,5x3,5	60	5,0	0,20	9 860	12 700	95	120	68	87	
20	7,7	5,20	13,2	5,3	M6	6,0	M3x5	60	6,0	0,45	23 400	29 800	300	380	200	260	
25	9,3	7,00	15,7	6,7	M8	7,0	M2x5	60	7,5	0,65	28 600	35 900	410	510	290	360	
30	11,0	7,90	17,0	8,5	M10	9,0	M3x5	80	7,0	1,10	36 500	48 100	630	830	440	580	
35	12,0	10,15	20,5	8,5	M10	9,0	M3x5	80	8,0	1,60	51 800	80 900	1 110	1 740	720	1 130	
45	15,0	12,40	23,5	10,4	M12	14,0	M4x7	105	10,0	3,00	86 400	132 000	2 330	3 560	1 540	2 350	

Fig.22: grandezze caratteristiche pattino R 1651

Una volta definite tutte le caratteristiche geometriche ed i carichi è possibile analizzare la durata in ore della guida in questione.

CALCOLO DELLA DURATA IN ORE DELLE GUIDE

La prima cosa da fare è analizzare se la forza combinata è maggiore o minore della forza di precarico moltiplicata per 2,8.

Entrando nella tabella con la grandezza della guida e considerando un leggero precarico (classe C1) si ottiene la forza di precarico che è quella sottolineata in Fig.23.

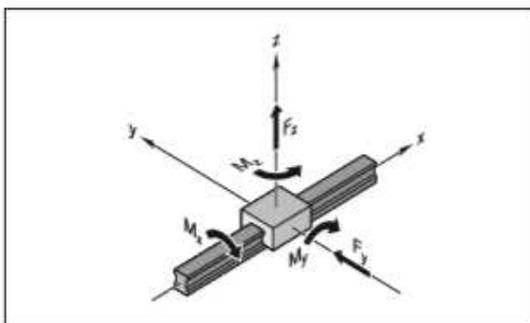
Forza di precarico F_{pr}

Pattini a sfere	Numero di identificazione	Forma costruttiva	Classe di precarico	Grandezza								
				15	20	25	30	35	45	55	65	
Pattini a sfere standard Pattini a sfere per carichi pesanti - Acciaio ²⁾ - Resist NR ⁴⁾ - Resist CR ⁶⁾	R1651 ^{3a)} R2001 ⁴⁾ R1622 ^{3a)} R2011 ⁴⁾ R1621 ^{3a)}	FNS SNS SNH	C1 ¹⁾	160	380	460	<u>630</u>	840	1 360	1 960	2 460	
			C1 ²⁾	150	350	430	600	840	1 270			
			C2 ¹⁾	620	1 500	1 820	2 540	3 350	5 450	7 860	9 840	
			C2 ²⁾	580	1 390	1 700	2 340	3 350	5 060			
			C3 ¹⁾	1 010	2 440	2 960	4 120	5 450	8 850	12 800	16 000	
			C3 ²⁾	950	2 260	2 770	3 810	5 450	8 230			
	R1653 ^{3a)} R2002 ⁴⁾ R1623 ^{3a)} R2012 ⁴⁾ R1624 ^{3a)}	FLS SLS SLH	C1 ¹⁾	200	490	610	800	1 110	1 810	2 480	3 260	
			C1 ²⁾	180	460	550	760	1 060	1 640			
			C2 ¹⁾	800	1 950	2 430	3 200	4 450	7 230	9 940	13 000	
			C2 ²⁾	720	1 850	2 200	3 040	4 240	6 550			
			C3 ¹⁾	1 300	3 170	3 950	5 200	7 230	11 800	16 100	21 200	
			C3 ²⁾	1 170	3 000	3 580	4 940	6 890	10 600			
	Pattini a sfere standard - Acciaio ²⁾ - Resist NR ⁴⁾ - Resist CR ⁶⁾	R1665 ^{3a)} R2000 ⁴⁾ R1666 ^{3a)} R2010 ⁴⁾ R1693 ^{3a)} R1694 ^{3a)} R1663 ^{3a)} R1664 ^{3a)}	FKS SKS FNN SNN FKN SKN	C1 ¹⁾	110	250	320	440	590			
				C1 ²⁾	90	250	280	440	590			
				C1 ¹⁾		290	460					
				C1 ¹⁾		190	320					
				C1 ¹⁾	80	200	230	320	420			
				C1 ¹⁾								
Pattini a sfere standard per alte velocità - Acciaio	R2001...9. R2011...9.	FNS SNS	C2 ¹⁾	420	1 020	1 240	1 720	2 280				
	R2002...9. R2012...9.	FLS SLS	C2 ¹⁾	700	1 330	1 660	2 180	3 020				
	Pattini a sfere standard - Alluminio	R1631	FNS	C1 ¹⁾	160	380	460	630	840			
		R1632	SNS	C1 ²⁾	150	350	430	590	840			
Pattini a sfere standard - Resist NR II ²⁾	R2001...0. R2011...0.	FNS SNS	C1 ¹⁾	100	250	300	420	550				
			C1 ²⁾	90	230	280	390	550				
			C2 ¹⁾	410	980	1 200	1 660	2 210				
			C2 ²⁾	380	910	1 120	1 540	2 210				
	R2002...0. R2012...0.	FLS SLS	C1 ¹⁾	170	320	400	530	730				
			C1 ²⁾	150	300	360	500	700				
			C2 ¹⁾	680	1 280	1 600	2 100	2 920				
			C2 ²⁾	610	1 220	1 450	2 000	2 780				
	R2000...0. R2010...0.	FKS SKS	C1 ¹⁾	90	160	210	290	390				
			C1 ²⁾	80	160	180	290	390				
Pattini a sfere, versione larga - Acciaio ²⁾ - Resist CR ⁶⁾	R1671 ^{3a)}	CNS	C1 ¹⁾		270	580		1160				
			C1 ²⁾		260	550						
	R1672 ^{3a)}	BNS	C1 ¹⁾		270	580						
			C1 ²⁾		260	550						

Fig.23: tabella per identificazione della forza di precarico

Successivamente va calcolata la forza combinata come segue:

$$(6) \quad F_{comb} = |F_y| + |F_z| + C \cdot \frac{|M_x|}{M_L} + C \cdot \frac{|M_y|}{M_L} + C \cdot \frac{|M_z|}{M_L}$$



Sostituendo i valori precedentemente ricavati alla relazione si ottiene:

$$F_{COMB} = 212 + 27 + 36500 * \left(\frac{42,4}{830}\right) + 36500 * \left(\frac{5,4}{580}\right) + 36500 * \left(\frac{0}{580}\right) = 2443N$$

Visto che la forza combinata risulta essere maggiore alla forza di precarico moltiplicata per 2,8 si ottiene che la forza combinata risulta essere uguale alla forza effettiva.

$$F_{EFF} = F_{COMB}$$

Da qui posso calcolare la durata utile della guida in questione.

La prima cosa da fare è calcolare la L10 nonché la durata della guida espressa in metri.

$$L_{10} = 3335 * 10^5 m$$

Successivamente va calcolata la durata in ore.

Prima bisogna definire la distanza della corsa e il numero di corse che il pattino fa in un ora.

$$s = \text{lunghezza della corsa} = 200 * 10^{-3}m$$

Considerando che il robot fa salire e scendere il robot ogni 4 secondi si può concludere che il numero di corse all'ora è pari a 1800.

Con dati appena ricavati è possibile calcolare la durata in ore della guida.

$$L_{10h} = \frac{L_{10}}{2 * s * n * 60} = \frac{3335 * 10^5}{2 * 200 * 10^{-3} * 1800 * 60} = 7700 h$$

SCELTA DELLE PINZE

L'idealità sarebbe quella di utilizzare delle pinze adattive modello 140, questo perché hanno forte capacità di sollevare i carichi, possibilità di avere una grande apertura delle pinze ed inoltre piccolissima ripetibilità ed errore di precisione. Sfortunatamente il costo è troppo alto infatti si parla di 3500 EURO/pinza!! Per poter ridurre i costi è stato deciso di utilizzare una pinza elettromeccanica modello MHZ2-25D (rappresentata in Fig.24).



Fig.24: modello pinza MHZ2-25D

In questo caso cresce la ripetibilità e con lei l'errore di precisione ma è una scelta accettabile visto che in questo caso non si necessita di precisione troppo elevata.

Il costo scende drasticamente infatti si passa da 3500 a 300 Euro/pinza!

CAP.3: SCELTA DEI SENSORI DEL ROBOT

In robotica i sensori sono fondamentali per vari motivi per esempio per identificare la posizione rispetto ad un riferimento (si parla in questo caso di sensori di posizione) oppure per fermare il robot se una certa situazione diventa particolarmente critica (come ad esempio se la temperatura dell'olio che circola sul circuito oleodinamico risulta essere troppo elevata).

In questo caso sono stati scelti tre sensori:

1. Encoder per analizzare la rotazione del robot;
2. Sensore per analizzare la discesa/salita del robot;
3. Euchner per la sicurezza.

ENCODER

L'encoder permette di visualizzare l'angolo di rotazione del robot su uno schermo posto a bordo macchina. Visto che per il caso in questione non serve una grande risoluzione e nemmeno una grande precisione il modello prescelto è stato un encoder lineare incrementale ECW1J-B24-AC0024L rappresentato in Fig.25. Questo sensore è inoltre molto economico infatti il costo di esso è di 10 Euro.



Fig.25: encoder incrementale modello ECW1J-B24-AC0024L

SENSORE PER ANALIZZARE SALITA/DISCESA ROBOT

Il sensore lineare permette di visualizzare di quanto è salito/sceso il robot rispetto alla posizione iniziale. In questo caso servirà una grande precisione e ripetibilità per fare in modo che il robot ponga sempre il rotore nella stessa posizione e quindi il modello prescelto è stato un sensore lineare Gefran PC-M-0200 0000X000X00 rappresentato in Fig.26.



Fig.26: sensore lineare Gefran PC-M-0200 0000X000X00

Questo sensore è stato scelto per la grande precisione di misurazione (pari a $\pm 0,05\%$) ed ovviamente per la corsa raggiungibile. In questo caso il costo del sensore è pari a 300 Euro.

SENSORE PER LA SICUREZZA

Questo dispositivo binario chiamato Euchner è stato posizionato dietro le porte di apertura della macchina automatica. In questo caso il sensore è stato scelto in base a considerazioni riguardanti il circuito elettrico del robot ed il modello prescelto è stato un interruttore limite sigla GP1-2131A-M rappresentato in Fig.27.



Fig.27: interruttore limite GP1-2131A-M

Il costo del sensore è pari a 200 Euro.

CAP.4: ANALISI ECONOMICA DEL ROBOT

La scelta di ogni parte del robot non è solo dipesa dalle caratteristiche tecnologiche ma anche da quelle economiche. Il costo è stato diviso in diverse categorie e il costo totale è ovviamente la somma di tutti i costi parziali.

Le categorie dei costi prese in considerazione sono le seguenti:

- 1) Costo sensori;
- 2) Costo pinze;
- 3) Costo motori;
- 4) Costo guide (con pattini);
- 5) Costo parti strutturali del robot;
- 6) Costo viti.

COSTO SENSORI

Come precedentemente scritto nel Cap.3 i sensori utilizzati nel robot sono stati un encoder incrementale, un sensore lineare ed un dispositivo di sicurezza.

I costi di questi dispositivi sono rispettivamente:

- Costo encoder: 10 Euro;
- Costo sensore lineare: 330 Euro;
- Costo interruttore di sicurezza: 200 Euro.

Sommando questi costi si può ottenere il costo dei sensori che è pari a:

$$C_{\text{SENSORI}} = 540 \text{ EURO}$$

COSTO DELLE PINZE

Le pinze in questo robot sono necessarie per prelevare e posizionare il rotore nel pallet. Come scritto nel Cap.2 sono state scelte delle pinze elettromeccaniche modello MHZ2-25D.

Considerando che le pinze sono due il costo delle pinze è pari a:

$$C_{\text{PINZE}} = 600 \text{ EURO}$$

COSTO MOTORI

Come scritto nel Cap.2 il robot in questione ha due gradi di libertà, uno rotazionale ed uno traslazionale e quindi sono stati scelti due motori: un motore stepper che permette la rotazione e un cilindro elettrico che permette la traslazione.

I costi di questi motori sono rispettivamente:

- Costo motore stepper: 500 Euro;
- Costo cilindro elettrico: 200 Euro.

Sommando questi costi si può ottenere il costo dei motori che è pari a:

$$C_{MOTORI} = 700 \text{ EURO}$$

COSTO GUIDE (CON PATTINI)

Per permettere alle pinze di salire/scendere sono state posizionate delle guide con pattino. Come scritto nel Cap.2 le guide sono state scelte in base alle dimensioni prelevate dal 3D ed il costo di guida con pattino è pari a 120 Euro.

Considerando che le guide sono due e si ha un pattino per ogni guida il costo totale è pari a:

$$C_{PINZE} = 240 \text{ EURO}$$

COSTO PARTI STRUTTURALI DEL ROBOT

Per analizzare questo costo sono state presi i seguenti dati:

$$\rho_{AL} = 2712 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{ALLUMINIO \text{ DEL ROBOT}} = \frac{5 \text{ EURO}}{\text{kg}}$$

$$C_{MACCHINEGENERALI} = \frac{60 \text{ EURO}}{\text{ora}}$$

Nel costo delle macchine generali sono stati compresi i costi degli operatori, dell'energia, degli utensili e della movimentazione delle parti. E' stato inoltre ipotizzato che il robot venisse ottenuto per asportazioni di truciolo (con lavorazioni di tornitura, fresatura e foratura).

Le parti analizzate sono state le seguenti:

- 1) Braccio mantieni-asta centrale;
- 2) Barra centrale;
- 3) Elementi di fissaggio delle pinze;
- 4) Piastra mantieni-guide;
- 5) Piastra a L;
- 6) Base rotante;
- 7) Piastra di fissaggio cilindro;

BRACCIO MANTIENI ASTA CENTRALE

Questa parte è rappresentata nella Fig.28.

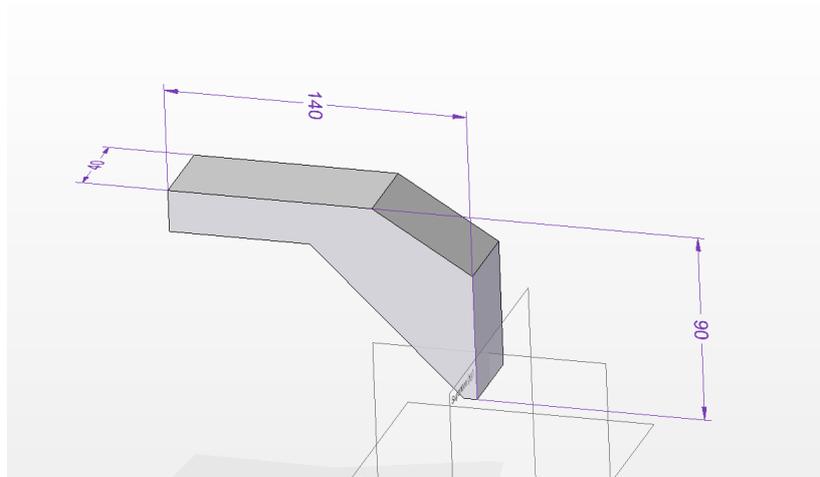


Fig.28: rappresentazione braccio che mantiene l'asta

Dalla Fig.28 può essere calcolato il volume del grezzo (e così la sua massa).

Partendo da un blocco di Alluminio di grandezze 150x100x50 (per tenere conto del sovrametallo) può essere calcolato il volume del grezzo e la sua massa moltiplicando per la densità dell'alluminio.

Quindi si otterrà un volume del grezzo pari a:

$$V = 750000 \text{ mm}^3$$

Moltiplicando per la densità dell'alluminio si ottiene la massa del grezzo.

$$m_{GREZZO} = 2kg$$

Dalla massa può essere ricavato il costo del grezzo moltiplicando la massa del grezzo per il costo al kg dell'alluminio.

$$C_{GREZZO} = 10 \text{ EURO}$$

A questo costo va sommato il costo della lavorazione che in questo caso è la sola fresatura. La prima cosa da fare è stimare il tempo di lavorazione per poi moltiplicarlo per il costo orario delle macchine generali.

Considerando un tempo di lavorazione pari a 10 minuti si ottiene che il costo della lavorazione risulta pari a;

$$C_{LAVORAZIONE} = 10 \text{ EURO}$$

Sommando i due costi si ottiene il costo della parte che risulta essere pari a :

$$C_{TOTALE} = 20 \text{ EURO}$$

BARRA CENTRALE

Questa parte è rappresentata nella Fig.29.

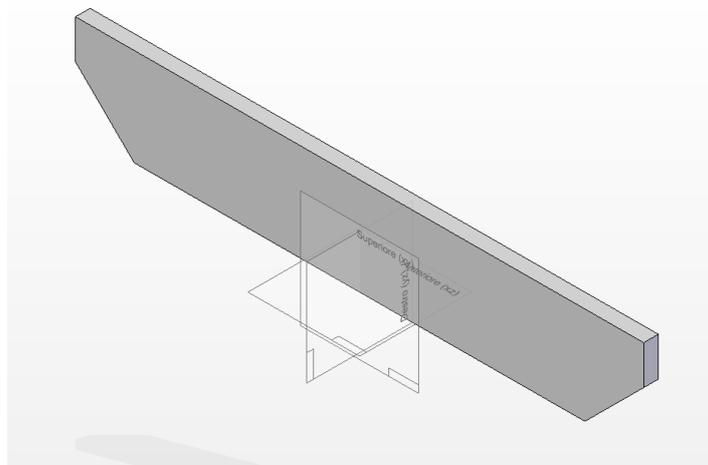


Fig.29: rappresentazione barra centrale

Dalla Fig.29 può essere calcolato il volume del grezzo (e così la sua massa).

Partendo da un blocco di Alluminio di grandezze 590x20x110 (per tenere conto del sovrametallo) può essere calcolato il volume del grezzo e la sua massa moltiplicando per la densità dell'alluminio.

Quindi si otterrà un volume del grezzo pari a:

$$V = 1298000 \text{ mm}^3$$

Moltiplicando per la densità dell'alluminio si ottiene la massa del grezzo.

$$m_{GREZZO} = 4 \text{ kg}$$

Dalla massa può essere ricavato il costo del grezzo moltiplicando la massa del grezzo per il costo al kg dell'alluminio.

$$C_{GREZZO} = 20 \text{ EURO}$$

A questo costo va sommato il costo della lavorazione che in questo caso è la sola fresatura. La prima cosa da fare è stimare il tempo di lavorazione per poi moltiplicarlo per il costo orario delle macchine generali.

Considerando un tempo di lavorazione pari a 20 minuti si ottiene che il costo della lavorazione risulta pari a;

$$C_{LAVORAZIONE} = 60 * \frac{1}{3} = 20 \text{ EURO}$$

Sommando i due costi si ottiene il costo della parte che risulta essere pari a:

$$C_{TOTALE} = 40 \text{ EURO}$$

ELEMENTI DI FISSAGGIO DELLE PINZE

Questi elementi sono indicati con una freccia in Fig.30.

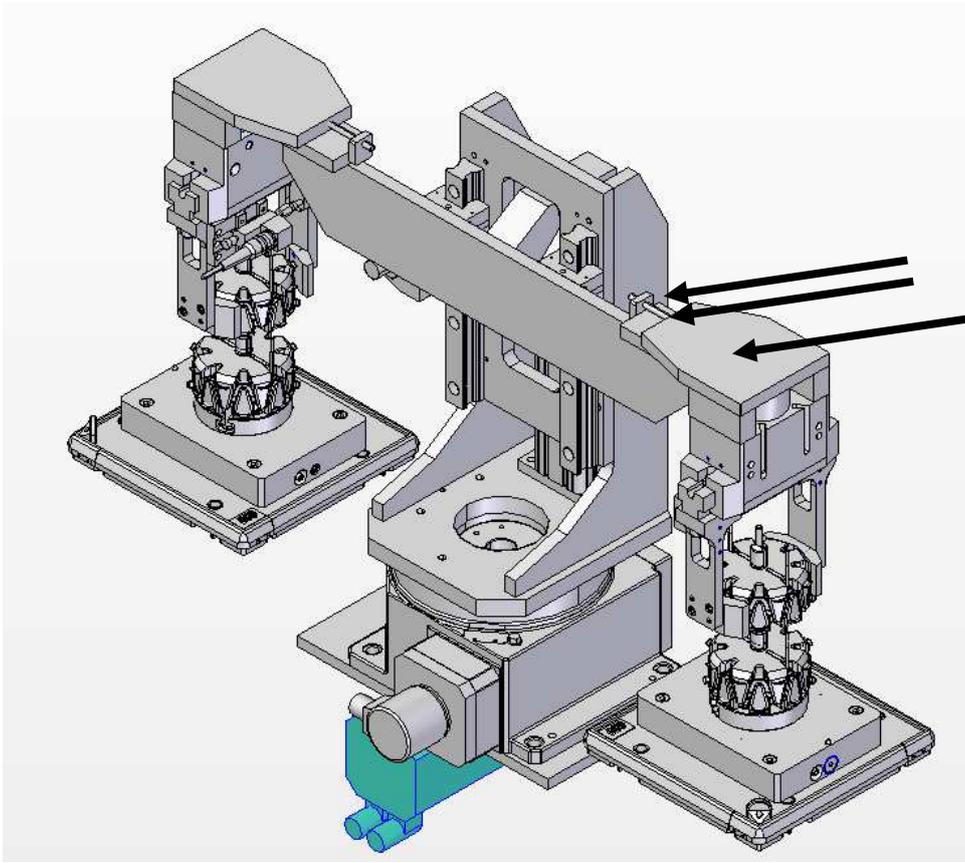


Fig.30: indicazione sulla posizione degli elementi di fissaggio della pinza.

Questi sono gli stessi sia per la pinza destra sia per la sinistra e quindi il costo di ogni elemento è stato moltiplicato per due.

Il sistema di fissaggio è formato da quattro parti tutte in Alluminio.

1)

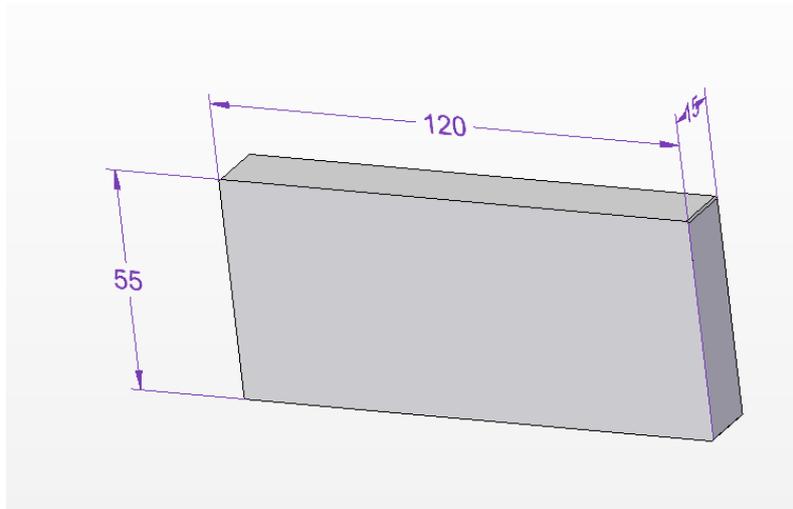


Fig.31: elemento di fissaggio rettangolare

Dalla Fig.31 può essere calcolato il volume del grezzo (e così la sua massa). Partendo da un blocco di Alluminio di 125x60x20 (per tenere conto del sovrametallo) può essere calcolato il volume del grezzo e la sua massa moltiplicando per la densità dell'alluminio.

Quindi si otterrà un volume del grezzo pari a:

$$V = 150000 \text{ mm}^3$$

Moltiplicando per la densità dell'alluminio si ottiene la massa del grezzo.

$$m_{GREZZO} = 0,4 \text{ kg}$$

Dalla massa può essere ricavato il costo del grezzo moltiplicando la massa del grezzo per il costo al kg dell'alluminio.

$$C_{GREZZO} = 2 \text{ EURO}$$

A questo costo va sommato il costo della lavorazione che in questo caso è la sola fresatura. La prima cosa da fare è stimare il tempo di lavorazione per poi moltiplicarlo per il costo orario delle macchine generali.

Considerando un tempo di lavorazione pari a 4 minuti si ottiene che il costo della lavorazione risulta pari a:

$$C_{LAVORAZIONE} = 60 * \frac{1}{15} = 4 \text{ EURO}$$

Sommando i due costi si ottiene il costo della parte che risulta essere pari a:

$$C_{TOTALE} = 6 \text{ EURO}$$

2)

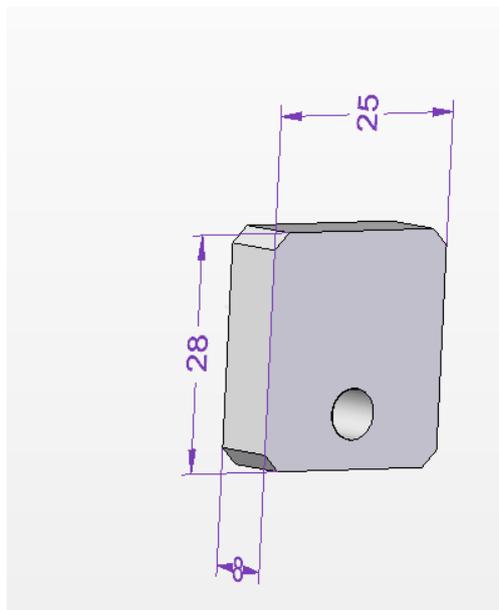


Fig.32: elemento di fissaggio rettangolare

Dalla Fig.32 può essere calcolato il volume del grezzo (e così la sua massa). Partendo da un blocco di Alluminio di 20x30x30 (per tenere conto del sovrametallo) può essere calcolato il volume del grezzo e la sua massa moltiplicando per la densità dell'alluminio.

Quindi si otterrà un volume del grezzo pari a:

$$V = 18000 \text{ mm}^3$$

Considerando che il volume è molto ridotto il costo del grezzo risulta trascurabile.

Considerando un tempo di lavorazione (in questo caso fresatura e foratura) pari a 4 minuti si ottiene che il costo della lavorazione risulta pari a:

$$C_{LAVORAZIONE} = 60 * \frac{1}{15} = 4 \text{ EURO}$$

In questo caso si ottiene che

$$C_{TOTALE} = C_{LAVORAZIONE} = 4 \text{ EURO}$$

3)

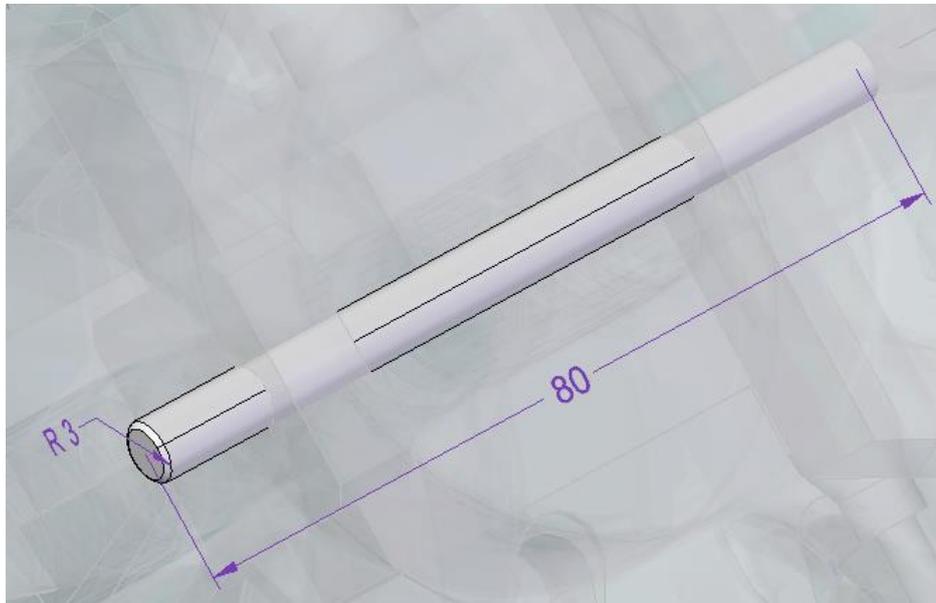


Fig.33: barra di fissaggio

La barra mostrata in Fig.33 passa nel foro che si trova nell'elemento di fissaggio in Fig.29.

Dalla Fig.33 può essere calcolato il volume del grezzo (e così la sua massa). Partendo da un blocco di Alluminio di lunghezza 82 e diametro 8 (per tenere conto del sovrametallo) può essere calcolato il volume del grezzo e la sua massa moltiplicando per la densità dell'alluminio.

Quindi si otterrà un volume del grezzo pari a:

$$V = 4122 \text{ mm}^3$$

Anche in questo caso il volume è molto ridotto e quindi il costo del grezzo risulta trascurabile.

Considerando un tempo di lavorazione (in questo caso tornitura) pari a 4 minuti si ottiene che il costo della lavorazione risulta pari a:

$$C_{LAVORAZIONE} = 4 \text{ EURO}$$

Anche in questo caso si ottiene che

$$C_{TOTALE} = C_{LAVORAZIONE} = 4 \text{ EURO}$$

4)

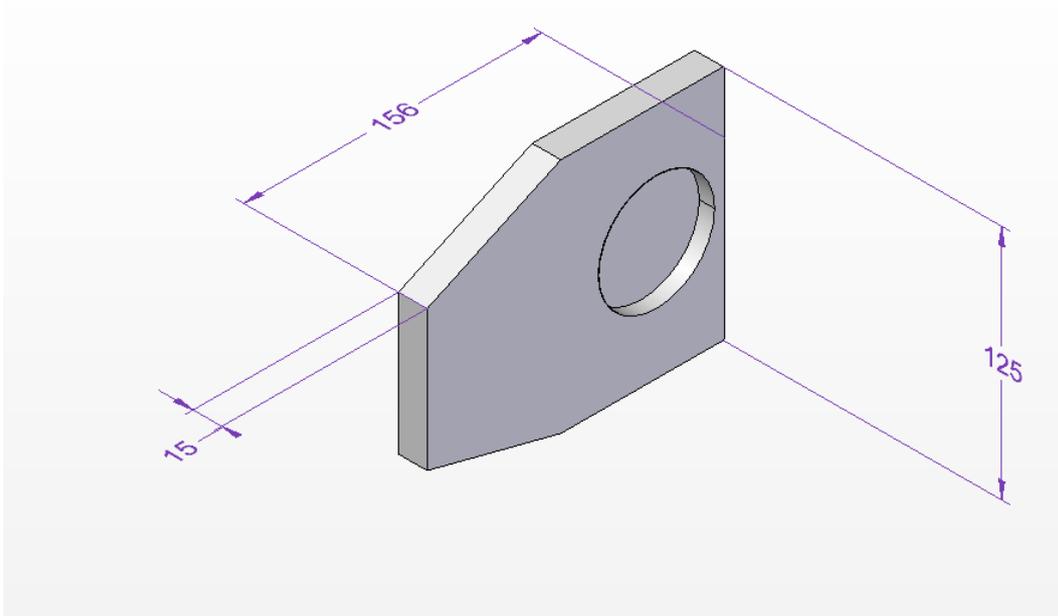


Fig.34: elemento di fissaggio trapezoidale

Dalla Fig.34 può essere calcolato il volume del grezzo (e così la sua massa). Partendo da un blocco di Alluminio di dimensioni 160x20x130 (per tenere conto del sovrametallo) può essere calcolato il volume del grezzo e la sua massa moltiplicando per la densità dell'alluminio.

Quindi si otterrà un volume del grezzo pari a:

$$V = 416000 \text{ mm}^3$$

Moltiplicando per la densità dell'alluminio si ottiene la massa del grezzo.

$$m_{GREZZO} = 1,2kg$$

Dalla massa può essere ricavato il costo del grezzo moltiplicando la massa del grezzo per il costo al kg dell'alluminio.

$$C_{GREZZO} = 6 \text{ EURO}$$

A questo costo va sommato il costo della lavorazione che in questo caso è la sola fresatura. Considerando un tempo di lavorazione (in questo caso tornitura) pari a 15 minuti si ottiene che il costo della lavorazione risulta pari a:

$$C_{LAVORAZIONE} = 15 \text{ EURO}$$

Sommando i due costi si ottiene il costo della parte che risulta essere pari a:

$$C_{TOTALE} = 21 \text{ EURO}$$

Sommando tutti i costi degli elementi di fissaggio e moltiplicando per due si ottiene un costo totale pari a:

$$C_{TOTALE} = 62 \text{ EURO}$$

PIASTRA MANTIENI GUIDE

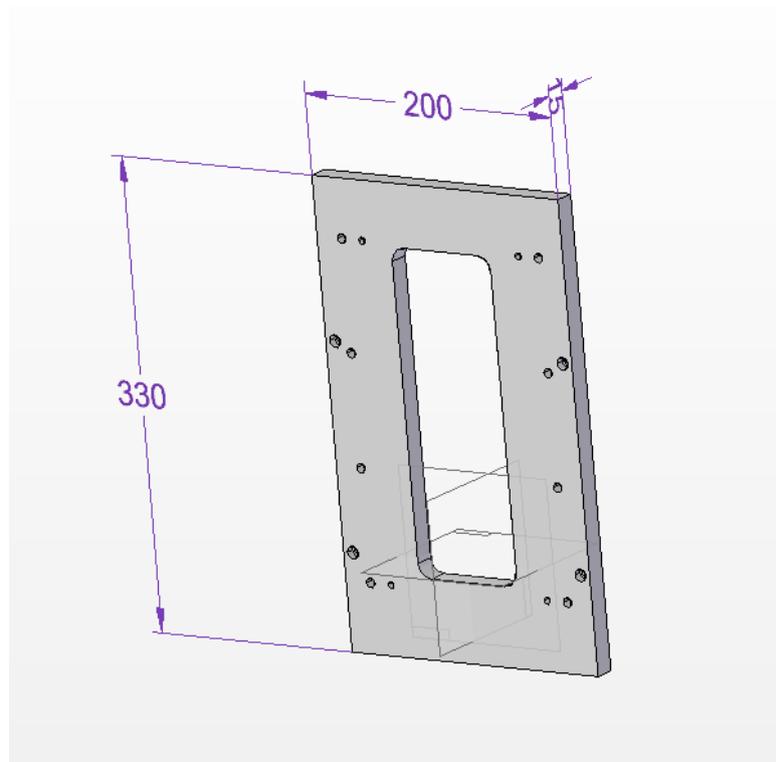


Fig.35: rappresentazione piastra mantieni guide

Questo componente viene messo dietro le guide e su di esso vengono fissate le due guide che permettono alle pinze di salire e scendere.

Dalla Fig.35 può essere calcolato il volume del grezzo (e così la sua massa). Partendo da un blocco di Alluminio di dimensioni 332x202x20 (per tenere conto del sovrametallo) può essere calcolato il volume del grezzo e la sua massa moltiplicando per la densità dell'alluminio.

Quindi si otterrà un volume del grezzo pari a:

$$V = 1341280 \text{ mm}^3$$

Moltiplicando per la densità dell'alluminio si ottiene la massa del grezzo.

$$m_{GREZZO} = 4 \text{ kg}$$

Dalla massa può essere ricavato il costo del grezzo moltiplicando la massa del grezzo per il costo al kg dell'alluminio.

$$C_{GREZZO} = 20 \text{ EURO}$$

A questo costo va sommato il costo della lavorazione che in questo caso sono fresatura e foratura. Considerando un tempo di lavorazione (in questo caso tornitura) pari a 30 minuti si ottiene che il costo della lavorazione risulta pari a:

$$C_{LAVORAZIONE} = 30 \text{ EURO}$$

Sommando i due costi si ottiene il costo della parte che risulta essere pari a:

$$C_{TOTALE} = 50 \text{ EURO}$$

PIASTRA AD L

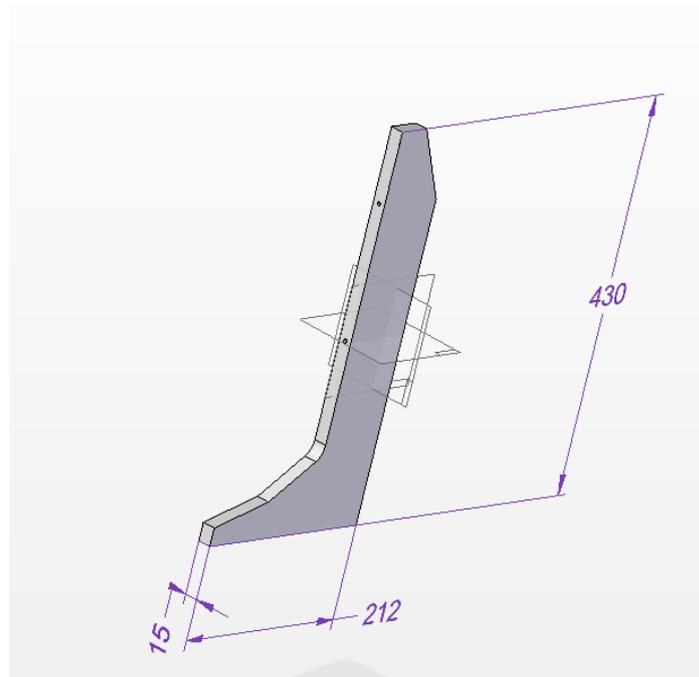


Fig.36: rappresentazione piastra ad L

Queste piastre servono per collegare la piastra mantieni-guida con la base rotante.

Dalla Fig.36 può essere calcolato il volume del grezzo (e così la sua massa). Partendo da un blocco di Alluminio di dimensioni 432x18x214 (per tenere conto del sovrametallo) può essere calcolato il volume del grezzo e la sua massa moltiplicando per la densità dell'alluminio.

Quindi si otterrà un volume del grezzo pari a:

$$V = 1664064 \text{ mm}^3$$

Moltiplicando per la densità dell'alluminio si ottiene la massa del grezzo.

$$m_{GREZZO} = 5 \text{ kg}$$

Dalla massa può essere ricavato il costo del grezzo moltiplicando la massa del grezzo per il costo al kg dell'alluminio.

$$C_{GREZZO} = 25 \text{ EURO}$$

A questo costo va sommato il costo della lavorazione che in questo caso sono fresatura e foratura. Considerando un tempo di lavorazione (in questo caso tornitura) pari a 30 minuti si ottiene che il costo della lavorazione risulta pari a:

$$C_{LAVORAZIONE} = 30 \text{ EURO}$$

Sommando i due costi e moltiplicando per due (visto che le piastre sono due) si ottiene il costo della parte che risulta essere pari a:

$$C_{TOTALE} = 110 \text{ EURO}$$

BASE ROTANTE

Il robot ruota su una base rotante. Questa è formata da cinque componenti.

1)

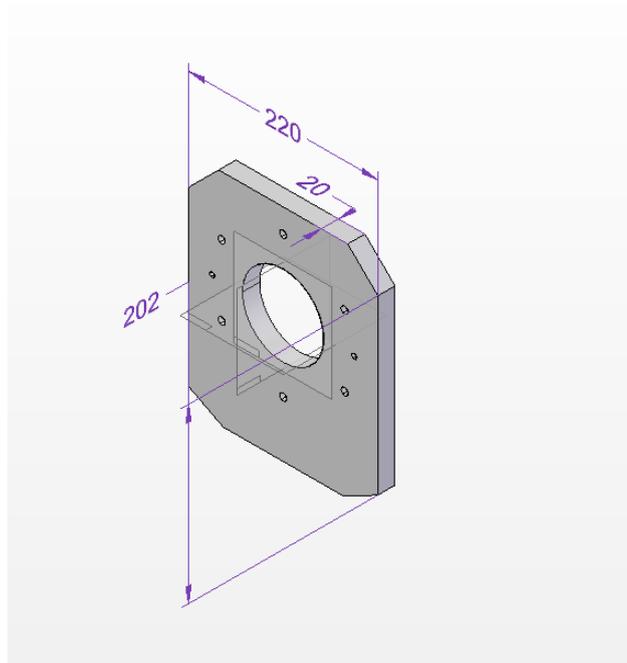


Fig.37: primo componente base rotante

Dalla Fig.37 può essere calcolato il volume del grezzo (e così la sua massa). Partendo da un blocco di Alluminio di dimensioni 204x222x22 (per tenere conto del sovrametallo) può essere calcolato il volume del grezzo e la sua massa moltiplicando per la densità dell'alluminio.

Quindi si otterrà un volume del grezzo pari a:

$$V = 996.336 \text{ mm}^3$$

Moltiplicando per la densità dell'alluminio si ottiene la massa del grezzo.

$$m_{GREZZO} = 3 \text{ kg}$$

Dalla massa può essere ricavato il costo del grezzo moltiplicando la massa del grezzo per il costo al kg dell'alluminio.

$$C_{GREZZO} = 15 \text{ EURO}$$

A questo costo va sommato il costo della lavorazione che in questo caso sono fresatura e foratura. Considerando un tempo di lavorazione (in questo caso tornitura) pari a 20 minuti si ottiene che il costo della lavorazione risulta pari a:

$$C_{LAVORAZIONE} = 20 \text{ EURO}$$

Sommando i due costi si ottiene il costo della parte che risulta essere pari a:

$$C_{TOTALE} = 35 \text{ EURO}$$

2)

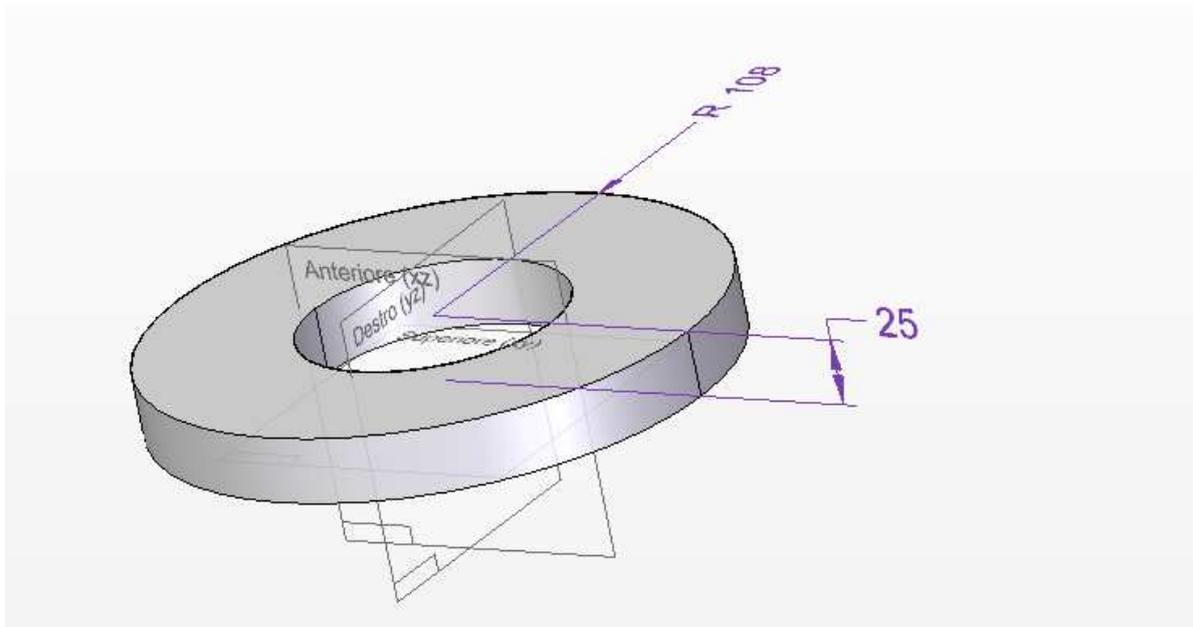


Fig.38: secondo componente base rotante

Dalla Fig.38 può essere calcolato il volume del grezzo (e così la sua massa). Partendo da un blocco di Alluminio di diametro 220 e lunghezza 28 (per tenere conto del sovrametallo) può essere calcolato il volume del grezzo e la sua massa moltiplicando per la densità dell'alluminio.

Quindi si otterrà un volume del grezzo pari a:

$$V = 1.064.372 \text{ mm}^3$$

Moltiplicando per la densità dell'alluminio si ottiene la massa del grezzo.

$$m_{GREZZO} = 3 \text{ kg}$$

Dalla massa può essere ricavato il costo del grezzo moltiplicando la massa del grezzo per il costo al kg dell'alluminio.

$$C_{GREZZO} = 15 \text{ EURO}$$

A questo costo va sommato il costo della lavorazione che in questo caso è la sola tornitura. Considerando un tempo di lavorazione (in questo caso tornitura) pari a 10 minuti si ottiene che il costo della lavorazione risulta pari a:

$$C_{LAVORAZIONE} = 10 \text{ EURO}$$

Sommando i due costi si ottiene il costo della parte che risulta essere pari a:

$$C_{TOTALE} = 25 \text{ EURO}$$

3)

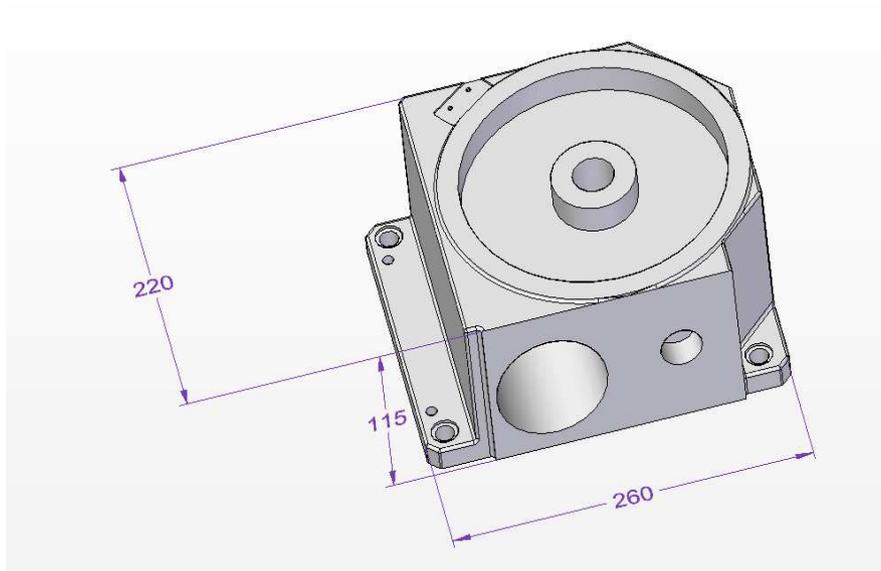


Fig.39: terzo componente base rotante

Dalla Fig.39 può essere calcolato il volume del grezzo (e così la sua massa). Partendo da un blocco di Alluminio di 222x262x120 (per tenere conto del sovrametallo) può essere calcolato il volume del grezzo e la sua massa moltiplicando per la densità dell'alluminio.

Quindi si otterrà un volume del grezzo pari a:

$$V = 6979680 \text{ mm}^3$$

Moltiplicando per la densità dell'alluminio si ottiene la massa del grezzo.

$$m_{GREZZO} = 20 \text{ kg}$$

Dalla massa può essere ricavato il costo del grezzo moltiplicando la massa del grezzo per il costo al kg dell'alluminio.

$$C_{GREZZO} = 100 \text{ EURO}$$

A questo costo va sommato il costo della lavorazione che in questo caso sono fresatura e foratura. Considerando un tempo di lavorazione (in questo caso tornitura) pari a 2 ore si ottiene che il costo della lavorazione risulta pari a:

$$C_{LAVORAZIONE} = 120 \text{ EURO}$$

Sommando i due costi si ottiene il costo della parte che risulta essere pari a:

$$C_{TOTALE} = 220 \text{ EURO}$$

4)

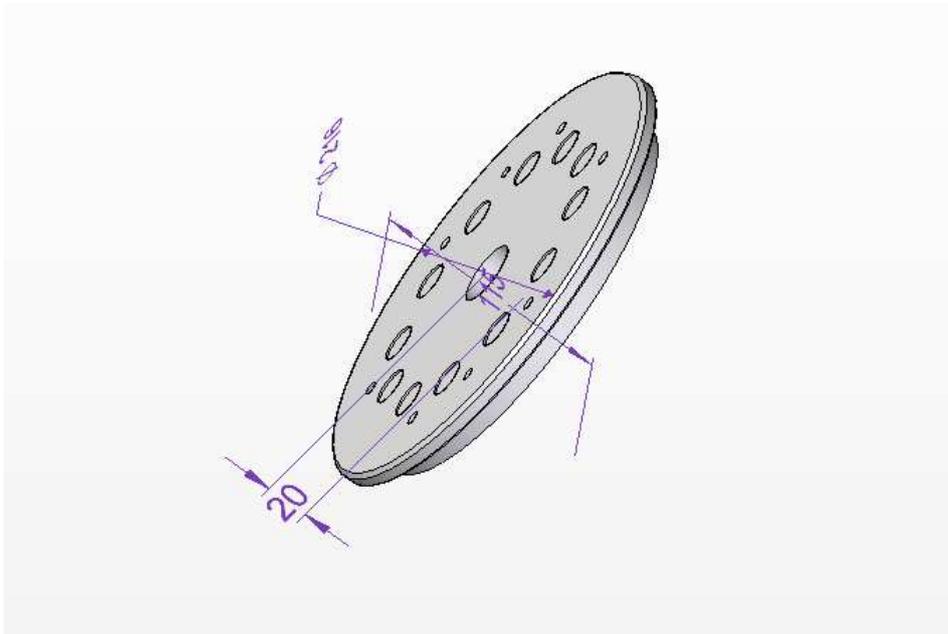


Fig.40: quarto componente base rotante

Dalla Fig.40 può essere calcolato il volume del grezzo (e così la sua massa). Partendo da un blocco di Alluminio di diametro 222 e lunghezza 28 (per tenere conto del sovrametallo) può essere calcolato il volume del grezzo e la sua massa moltiplicando per la densità dell'alluminio.

Quindi si otterrà un volume del grezzo pari a:

$$V = 836291 \text{ mm}^3$$

Moltiplicando per la densità dell'alluminio si ottiene la massa del grezzo.

$$m_{GREZZO} = 3 \text{ kg}$$

Dalla massa può essere ricavato il costo del grezzo moltiplicando la massa del grezzo per il costo al kg dell'alluminio.

$$C_{GREZZO} = 15 \text{ EURO}$$

A questo costo va sommato il costo della lavorazione che in questo caso sono tornitura e foratura. Considerando un tempo di lavorazione (in questo caso tornitura) pari a 30 minuti si ottiene che il costo della lavorazione risulta pari a:

$$C_{LAVORAZIONE} = 30 \text{ EURO}$$

Sommando i due costi si ottiene il costo della parte che risulta essere pari a:

$$C_{TOTALE} = 45 \text{ EURO}$$

5)

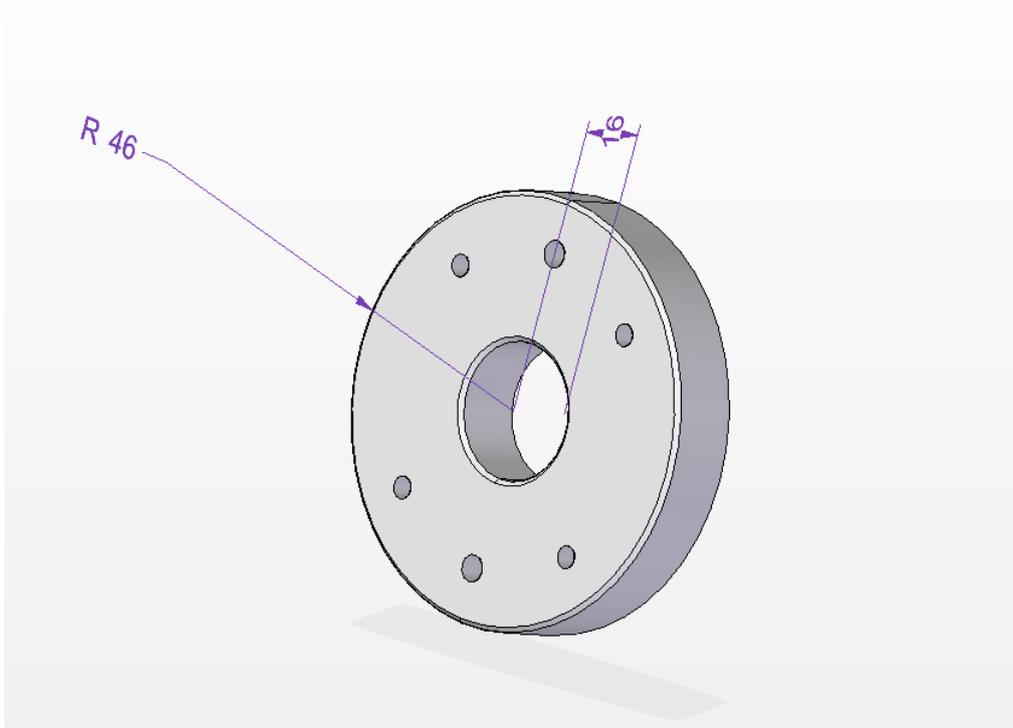


Fig.41: quinto componente base rotante

Dalla Fig.41 può essere calcolato il volume del grezzo (e così la sua massa). Partendo da un blocco di Alluminio di diametro 50 e lunghezza 20 (per tenere conto del sovrametallo) può essere calcolato il volume del grezzo e la sua massa moltiplicando per la densità dell'alluminio.

Quindi si otterrà un volume del grezzo pari a:

$$V = 628.319 \text{ mm}^3$$

Moltiplicando per la densità dell'alluminio si ottiene la massa del grezzo.

$$m_{GREZZO} = 2 \text{ kg}$$

Dalla massa può essere ricavato il costo del grezzo moltiplicando la massa del grezzo per il costo al kg dell'alluminio.

$$C_{GREZZO} = 10 \text{ EURO}$$

A questo costo va sommato il costo della lavorazione che in questo caso sono tornitura e foratura. Considerando un tempo di lavorazione (in questo caso tornitura) pari a 20 minuti si ottiene che il costo della lavorazione risulta pari a:

$$C_{LAVORAZIONE} = 20 \text{ EURO}$$

Sommando i due costi si ottiene il costo della parte che risulta essere pari a:

$$C_{TOTALE} = 30 \text{ EURO}$$

Quindi sommando tutti i costi di questo gruppo di componenti in Alluminio si ottiene il costo totale della base rotante.

$$C_{TOTALE \text{ BASE ROTANTE}} = 355 \text{ EURO}$$

PIASTRA DI FISSAGGIO DEL CILINDRO

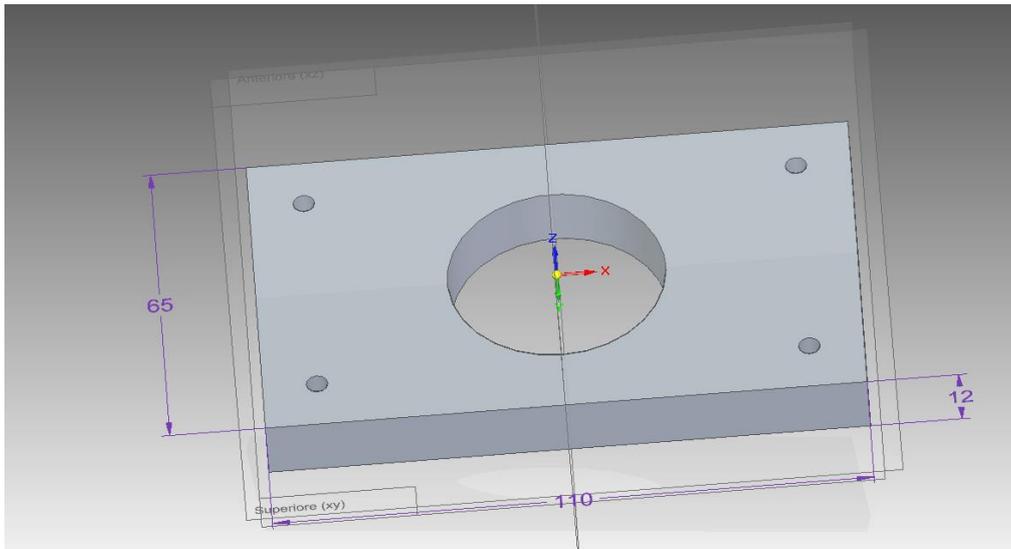


Fig.42: rappresentazione piastra fissaggio cilindro

La piastra rappresentata in Fig.42 permette il fissaggio del cilindro che permette al robot di muoversi verticalmente.

Dalla Fig.42 può essere calcolato il volume del grezzo (e così la sua massa). Partendo da un blocco di Alluminio di grandezze 112x70x15 (per tenere conto del sovrametallo) può essere calcolato il volume del grezzo e la sua massa moltiplicando per la densità dell'alluminio.

Quindi si otterrà un volume del grezzo pari a:

$$V = 117600 \text{ mm}^3$$

Moltiplicando per la densità dell'alluminio si ottiene la massa del grezzo.

$$m_{GREZZO} = 0,6 \text{ kg}$$

Dalla massa può essere ricavato il costo del grezzo moltiplicando la massa del grezzo per il costo al kg dell'alluminio.

$$C_{GREZZO} = 3 \text{ EURO}$$

A questo costo va sommato il costo della lavorazione che in questo caso sono fresatura e foratura. Considerando un tempo di lavorazione (in questo caso tornitura) pari a 10 minuti si ottiene che il costo della lavorazione risulta pari a:

$$C_{LAVORAZIONE} = 10 \text{ EURO}$$

Sommando i due costi si ottiene il costo della parte che risulta essere pari a:

$$C_{TOTALE} = 12 \text{ EURO}$$

Facendo la somma di tutti i costi di questa sezione si ottiene il costo totale delle parti strutturali del robot.

$$C_{TOTALE \text{ PARTI STRUTTURALI}} = 610 \text{ EURO}$$

COSTO DELLE VITI

Una volta prodotte le varie parti queste necessitano di essere collegate fra di loro. I sistemi di collegamento possono essere di due tipologie:

- collegamenti permanenti (come per esempio la saldatura o i rivetti) ;
- collegamenti non permanenti (come per esempio i bulloni).

In questo caso la soluzione adottata è stata la seconda visto che le parti hanno bisogno di continua manutenzione e quindi necessitano di essere continuamente smontate e poi rimontate.

In questo caso è stata scelta la seguente soluzione:

- Vite a testa esagonale M8 con lunghezza del filetto pari a 40 mm;
- Dado per fermare le parti in questione;
- Rondella per evitare che ci sia un contatto diretto fra la testa della vite e la parte(rappresentata in arancione in Fig.40);
- Rondella tagliata chiamata Grower (rappresentata in grigio in Fig.40) per evitare lo svitamento.

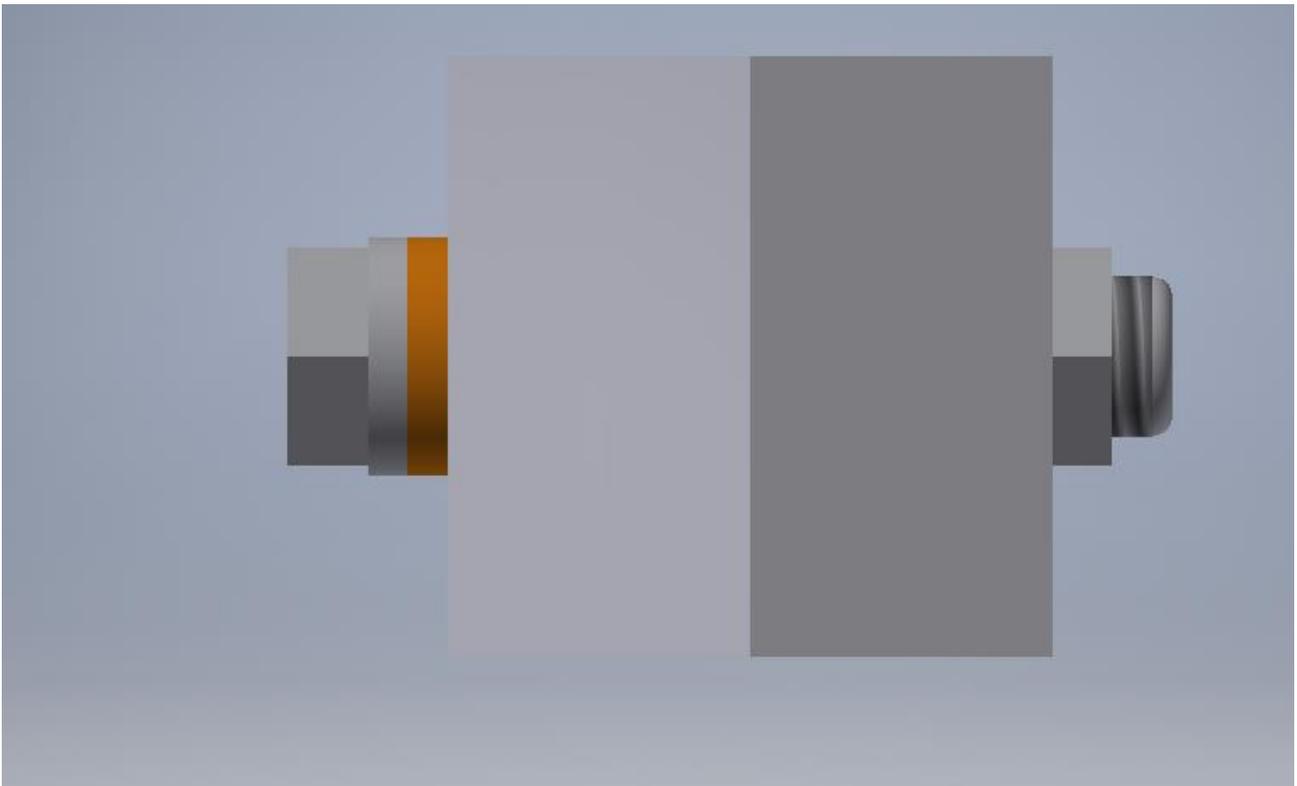


Fig.43: rappresentazione collegamento vite-dado con rondella e rondella Grower

Visto che la produzione di queste parti è a magazzino non si può comprare una singola vite/dado/rondella ma bisognerà comprarne un pacco da almeno 100 parti ognuno.

Il costo di un pacco da 100 è il seguente:

- Costo pacco viti: 10 Euro;
- Costo pacco dadi: 5 Euro;
- Costo pacco rondelle piane: 2 Euro;
- Costo pacco rondelle Grower: 3 Euro.

Sommando si ottiene il costo per le viterie.

$$C_{VITERIA} = 20 \text{ EURO}$$

COSTO TOTALE

Una volta ricavati tutti i costi per ogni gruppo si può ricavare il costo totale.

Riassumendo i costi per ogni gruppo sono i seguenti:

CATEGORIA	COSTO
Sensori	540 Euro
Pinze	600 Euro
Motori	700 Euro
Guide con pattini	240 Euro
Parti strutturali robot	610 Euro
Viti	20 Euro

Quindi il costo totale risulta essere pari a:

$$C_{TOTALE\ ROBOT} = 2710\ EURO$$

Se si volesse una maggiore precisione di posizionamento e soprattutto una maggiore capacità di carico si ha la possibilità di sostituire le pinze scelte con delle pinze adattive modello 140.

Il costo è chiaramente più elevato: si passa da 300 Euro a 3500 Euro.

In questo caso il costo totale è:

$$C_{TOTALE\ ROBOT} = 9110\ EURO$$

CAP.5: CONCLUSIONE E SVILUPPI FUTURI

La presente tesi ha lo scopo di progettare il robot. La scelta dei componenti, del materiale e dei sensori è stata fatta sia tenendo conto delle prestazioni sia del costo.

Dal progetto svolto si possono trarre le seguenti conclusioni:

- 1) In questa tesi si è tenuto conto solo della progettazione dal punto di vista meccanico, ignorando la parte elettrica, oleodinamica, pneumatica e softwareistica.
- 2) Il materiale scelto per il robot è giusto sia perché permette al Robot di resistere agli sforzi agenti su di esso sia perché è economico e lavorabile alle macchine;
- 3) Un possibile sviluppo futuro è quello di studiare sensori sempre più performanti, materiali sempre più leggeri e con caratteristiche meccaniche sempre migliori ed inoltre considerare la possibilità di ottenere le parti del robot non per asportazione di truciolo ma con altre tecnologie (per esempio l'additive manufacturing).

RINGRAZIAMENTI

Alla mia famiglia per il loro sostegno sia dal punto di vista economico ma soprattutto dal punto di vista psicologico anche quando mi sono trovato in momenti non proprio felici nella mia carriera universitaria.

All'azienda LAM ITALIA che mi ha permesso di fare questa bellissima esperienza e mi ha fatto imparare molte cose nuove.

Ai miei amici (Giacomo, Giacomo, Ludovico, Federico, Lorenzo, Giulia) che hanno sempre tifato per me.

Ai miei nonni per il grande sostegno e la loro presenza in tutti i miei migliori e peggiori momenti.