



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Meccanica

**PROGETTAZIONE DI UN TOOL PER LA LUCIDATURA ROBOTIZZATA
DI CALZATURE**

DESIGN OF A TOOL FOR ROBOTIC SHOE POLISHING

Relatore:

Prof. Ing. Giacomo Palmieri

Tesi di Laurea di:

Simone Petrucci

Anno Accademico 2020 / 2021

*Ai miei genitori,
per tutti i loro sacrifici*

RINGRAZIAMENTI

Prima di procedere con la trattazione, vorrei dedicare qualche riga a tutti coloro che mi sono stati vicini in questo percorso di crescita personale e professionale.

In primis, un ringraziamento speciale al mio relatore Palmieri Giacomo e alla dottoranda Chiriatti Giorgia, per la loro immensa pazienza, indispensabili consigli, per le conoscenze trasmesse durante tutto il percorso di tirocinio e stesura dell'elaborato.

Un grazie di cuore va a tutti i miei colleghi del gruppo "MecHouse", con i quali ho condiviso il mio percorso di studio, in particolar modo Matteo, Luigi e Giovanni.

Ringrazio Adelaide, la mia fidanzata, per il coraggio con cui ha sempre supportato e sopportato il "vero me", sorbendosi tutte le mie preoccupazioni, angosce e lamentele. L'unica che crede in me più di quanto lo faccia io.

Ringrazio i miei coinquilini, Davide, e in particolar modo Simone, la persona con cui ho condiviso questo percorso tutti i giorni per tre anni, proprio come un fratello acquisito. Per tutte le ore passate a lezione, sui libri, su Teams, al cellulare e per tutti gli esami sostenuti insieme.

Un grazie a Davide e Nazareno, ingegneri che mi hanno preceduto nel percorso di studi, perché senza di loro non avrei neanche intrapreso questa strada.

Ringrazio infinitamente la mia comunità di Ascoli e di Ancona, i miei familiari e i miei amici che mi hanno sempre sostenuto sia nei momenti di difficoltà sia in quelli felici e spensierati, appoggiando ogni mia decisione, fin dalla scelta del mio percorso di studi.

Ancona, 29 Ottobre 2021

Simone Petrucci

INDICE

CAPITOLO 1: INTRODUZIONE	5
1.1 <i>Industria 4.0.....</i>	6
1.2 <i>Robot collaborativi</i>	8
1.3 <i>Processo di lucidatura in aziende calzaturiere</i>	11
CAPITOLO 2: METODO	14
2. <i>Generalità</i>	14
2.1 <i>Solid Edge</i>	14
2.2 <i>NX</i>	15
2.3 <i>Process Simulate (PS).....</i>	16
CAPITOLO 3: CASO STUDIO	18
3.1 <i>Creazione del componente di collegamento del tool.....</i>	18
3.2 <i>Distinta e messa in tavola dei componenti del tool.....</i>	20
3.3 <i>Calcolo del rapporto di trasmissione e dei parametri per la scelta del motore.....</i>	28
3.4 <i>Creazione stazione di lavoro e upload file "CLS"</i>	31
3.5 <i>Simulazione.....</i>	34
CAPITOLO 4: CONCLUSIONE.....	37
BIBLIOGRAFIA	39
SITOGRAFIA	39

CAPITOLO 1: INTRODUZIONE

La tesi nasce dalla necessità di realizzare uno strumento, che attraverso l'ausilio di un robot, sia in grado di compiere l'operazione di lucidatura di calzature autonomamente. Il compito dell'operatore diventa esclusivamente di estrarre il prodotto finito dall'apposito sostegno e sostituirlo con una nuova calzatura da lucidare. Qualche decennio fa era impensabile poter lavorare a lato di un robot senza avere barriere o protezioni tali da porre in sicurezza l'operatore.

Il tool di lucidatura è composto da un insieme di componenti assemblati tra di loro che costituiscono un dispositivo. L'operazione di lucidatura della calzatura avviene attraverso una "testina" del tool che, azionata da un motore, ruota attorno un asse fisso compiendo la traiettoria di una circonferenza. Si parla di lucidatura robotizzata perché una volta aver progettato il tool, viene collegato ad un robot collaborativo in grado di automatizzare il processo.

Le singole componenti del tool di lucidatura sono analizzate dettagliatamente nel capitolo 3.2. Principalmente nello strumento si possono individuare due parti fondamentali; la parte inferiore, costituita da un motore e un riduttore, scelti appositamente in base ai parametri del sistema ad ingranaggi calcolati, e una parte superiore, il cui componente fondamentale è rappresentato dalla testina.

La tesi, dunque, si concentra inizialmente sul calcolo di parametri del sistema ad ingranaggi, utilizzati per la scelta del motore più adatto. In seguito viene riportata la creazione del componente di collegamento Motore-Testina, necessario dunque ad unire la parte superiore e inferiore del tool, mediante l'ausilio del software di "Solid Edge".

Infine è stato analizzato l'aspetto della simulazione della lucidatura della scarpa attraverso il tool collegato ad un robot, più specificatamente l'Universal Robot (UR). Si tratta di un robot collaborativo leggero pensato per applicazioni di medio carico, adatto ad ogni uso, grazie alla sua versatilità e adattabilità. Il software utilizzato per eseguire la simulazione è Process Simulation (PS), in cui è stato dapprima realizzato un tavolo di lavoro necessario al robot per eseguire tutte le operazioni necessarie. Successivamente c'è stata una fase di studio poiché si è posta la necessità di capire in che modo fosse possibile far percorrere al robot il percorso più opportuno mediante coordinate caricate esternamente.

1.1 Industria 4.0

Il termine Industria 4.0 indica una tendenza dell'automazione industriale che integra alcune nuove tecnologie produttive per migliorare le condizioni di lavoro, creare nuovi modelli di business e aumentare la produttività e la qualità produttiva degli impianti. Dalla ricerca "The Future of the Jobs" presentata al World Economic Forum è emerso che, nei prossimi anni, fattori tecnologici e demografici influenzeranno profondamente l'evoluzione del lavoro. La tecnologia del cloud e la flessibilizzazione del lavoro, hanno iniziato ad influenzare le dinamiche già a partire dal 2016. Secondo lo studio l'effetto sarà la creazione di 2 milioni di nuovi posti di lavoro, ma contemporaneamente ne spariranno 7, con un saldo netto negativo di oltre 5 milioni di posti di lavoro. L'Italia ne uscirà con un pareggio (200 000 posti creati e altrettanti persi), meglio di altri Paesi come Francia e Germania. A livello di gruppi professionali, le perdite si concentreranno nelle aree amministrative e della produzione: rispettivamente 4,8 e 1,6 milioni di posti distrutti. Secondo la ricerca compenseranno parzialmente queste perdite l'area finanziaria, il management, l'informatica

e l'ingegneria. Cambiano di conseguenza le competenze e abilità ricercate: nel 2020 il problem solving rimarrà la competenza non specifica più ricercata, e parallelamente, diventeranno più importanti il pensiero critico e la creatività.

L'industria 4.0 passa per il concetto di smart factory, che si compone di tre parti:

- Smart production: nuove tecnologie produttive che creano collaborazione tra tutti gli elementi presenti nella produzione ovvero collaborazione tra operatore, macchine e strumenti.
- Smart service: tutte le "infrastrutture informatiche" e tecniche che permettono di integrare i sistemi; ma anche tutte le strutture che permettono, in modo collaborativo, di integrare le aziende (fornitore – cliente) tra loro e con le strutture esterne (strade, hub, gestione dei rifiuti, ecc.).
- Smart energy: tutto questo sempre con un occhio attento ai consumi energetici, creando sistemi più performanti e riducendo gli sprechi di energia secondo i paradigmi tipici dell'energia sostenibile.

La chiave di volta dell'industria 4.0 sono i sistemi ciberfisici (CPS) ovvero sistemi fisici che sono strettamente connessi con i sistemi informatici e che possono interagire e collaborare con altri sistemi CPS. Questo sta alla base della decentralizzazione e della collaborazione tra i sistemi, che è strettamente connessa con il concetto di industria 4.0.

Le nuove tecnologie saranno introdotte e riguarderanno tutti i passaggi della produzione da quelli della lavorazione delle materie prime alla consegna del prodotto finito. La robotica assumerà quindi una presenza sempre più capillare con il crescere delle tecnologie in grado di automatizzare i comportamenti delle macchine fino a renderle quasi autonome nelle scelte produttive. Il telelavoro,

il controllo in remoto del lavoro svolto dai singoli operatori, potrà essere monitorato seguendo passo a passo le fasi di lavorazione e renderà più semplici e sicure le fasi di montaggio, di manutenzione o di test.

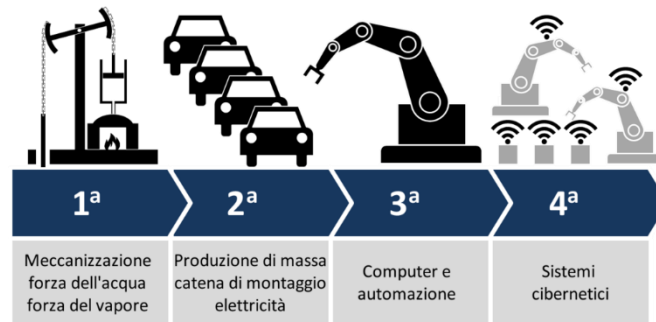


Fig.1 Rivoluzioni industriali e future tendenze

1.2 Robot collaborativi

La robotica collaborativa porta l'uomo al centro dello spazio di lavoro. Nel Manifatturiero Avanzato, la flessibilità di utilizzo e l'interazione diretta con il "coworker" robotico sono aspetti di competitività fondamentali. Le nuove forme di robotica industriale, infatti, propongono l'uso di assistenti robotizzati in grado di supportare l'ergonomia e l'efficienza di molteplici applicazioni, dall'assemblaggio al collaudo, dal trasporto alla misurazione. Nuove opportunità e nuovi utilizzi dei robot devono anche essere sinonimo di interazione sicura con l'uomo. Nel contesto della Direttiva Macchine e della marcatura CE, la normazione si articola secondo nuovi criteri di analisi e valutazione del rischio delle applicazioni collaborative. Il testo accompagna nella definizione dei nuovi elementi da considerare nella interazione fisica delle macchine con l'uomo, i possibili contatti e le soluzioni tecnologiche per ottenere usi sicuri. Dagli elementi normativi essenziali alle indicazioni

di progettazione, offre una introduzione di base a chi vuole avvicinarsi alle novità della robotica collaborativa nei contesti in cui l'operatore umano si trova al centro della produzione.

La robotica industriale nasce dall'esigenza di agevolare operazioni ripetitive e che richiedono grandi sforzi fisici all'uomo. Un robot, o meglio un sistema robotico, è un sistema complesso che può essere rappresentato come una serie di sottosistemi interconnessi:

- Una delle componenti essenziali di un sistema robotico è sicuramente il sistema meccanico. Nell'ambito della robotica per applicazioni industriali il sistema meccanico coincide con l'apparato di manipolazione. Nella robotica di servizio e nella robotica per l'esplorazione invece il sistema meccanico può essere ulteriormente dotato di un apparato di locomozione.
- La capacità di compiere un'azione di manipolazione è fornita dal sistema di attuazione costituito dai servomeccanismi, i motori e le trasmissioni. Facendo un paragone anatomico, mentre il sistema meccanico coincide con lo scheletro, il sistema di attuazione rappresenta il sistema muscolare.
- In analogia all'essere umano, la capacità di percezione è garantita dal sistema sensoriale in grado di acquisire dati sullo stato interno del sistema meccanico -si parla in questo caso di sensori propriocettivi, come i trasduttori di posizione- ma anche sullo stato esterno dell'ambiente -sensori esteroceettivi, come i sensori di forza e i sensori di visione-.
- Infine, la capacità di connettere percezione e azione in modo intelligente è fornita dal sistema di controllo, in grado di comandare l'esecuzione di azioni al sistema di attuazione sulla base del compito (task) che il robot deve eseguire e sulla base dei vincoli imposti dal robot stesso e dall'ambiente esterno. Il sistema di controllo è a tutti gli effetti il sistema nervoso centrale di un robot. Nella robotica industriale il sistema di controllo risiede fisicamente nell'unità di controllo, generalmente dotata di un dispositivo di interfaccia uomo-macchina e di programmazione chiamato teach pendant.

I cobots, abbreviazione per collaborative robots, sono pensati per lavorare insieme, o per meglio dire, a contatto con l'uomo condividendo le stesse aree di lavoro. Anche in questo settore la robotica industriale sta facendo passi da gigante, negli ultimi 10 anni. I cobots possono lavorare con i "colleghi" umani perché sono automuniti di dispositivi di sicurezza che non mettono a rischio la vita degli operatori, anzi svolgono lavori ripetitivi, rischiosi, faticosi e usuranti aumentando l'efficienza della filiera produttiva.

Sono considerati i robot industriali del futuro e si mettono in netta contrapposizione rispetto ai macchinari usati a partire dagli anni Quaranta nelle industrie di tutto il mondo. Un tempo, infatti, i robot venivano strutturati per svolgere in maniera autonoma il proprio lavoro, spesso senza la necessità dell'intervento umano. Nell'Industria 4.0 invece si punta alla creazione di macchinari che possano interagire con la componente umana di un'impresa in maniera tale da rendere più efficiente, per entrambe le parti, il lavoro. I cobots sono stati inventati nel 1996 da J. Edward Colgate e Michael Peshkin, due professori presso la Northwestern University dell'Illinois. L'idea sui robot collaborativi, però, era già nata qualche anno prima, nel 1994, da un progetto finanziato dalla General Motors. L'obiettivo era quello di creare dei macchinari autosufficienti che fossero simili alle persone e che con gli uomini sapessero interagire in maniera complessa. I primi cobot sono stati realizzati per la sicurezza, all'interno di aziende o spazi condivisi, delle persone. Non avevano potere motorio ed era l'uomo, attraverso l'utilizzo di periferiche o appositi pannelli di controllo, a gestirne i movimenti. Con il tempo poi anche i cobot sono stati sviluppati con la capacità di spostarsi all'interno di determinati spazi. General Motors, che per anni ha utilizzato questi androidi nella gestione dei materiali industriali e nell'assemblaggio di componenti per automobili, li definisce come Intelligent Assist Device (IAD). Questi sistemi hanno ricevuto uno standard per la sicurezza per la prima volta nel 2002 che è stato poi aggiornato nel 2016. Non ci sono barriere o gabbie che dividono l'area di lavoro dei cobot da quella degli operatori: l'installazione è facilitata in quanto non

si devono prevedere aree di protezione impattando in modo positivo sull'investimento economico. Questa convivenza è resa possibile dal fatto che i robot collaborativi sono dotati di meccanismi di sicurezza, basati sul controllo della forza e sul costante monitoraggio di quanto avviene attorno a loro. I cobot sono per lo più robot collaborativi antropomorfi, automi industriali dotati di telecamere e bracci flessibili in grado di eseguire contemporaneamente anche due mansioni diverse. A differenza dei robot industriali tradizionali, che per funzionare devono essere programmati, il cobot in genere apprende work in progress, mentre lavora sul campo, memorizzando e replicando le manovre che gli sono state mostrate pochi minuti prima dal "collega" umano. Grazie a queste caratteristiche e ai costi contenuti, molte aziende italiane nell'ultimo anno hanno investito sugli impianti per aggiornarli; questo impulso è stato dato grazie al piano industriale per l'industria 4.0.

1.3 Processo di lucidatura in aziende calzaturiere

L'innovazione introdotta dalla robotica industriale nei diversi processi produttivi ha raggiunto ormai anche il settore calzaturiero. Ne sono un esempio i robot collaborativi prodotti dalla "Universal Robots" che grazie alle proprie 15 funzioni di sicurezza, dimensioni compatte e peso contenuto, facilità e immediatezza di installazione e avviamento, non necessità di barriere perimetrali ausiliarie, possono essere installati in tutti i layout produttivi, anche quelli più complessi e articolati che caratterizzano i calzaturifici, senza richiedere alcun spostamento o modifica alle postazioni di lavoro. Queste caratteristiche, inoltre, consentono una grande flessibilità applicativa e operativa: i cobot UR, infatti, possono essere facilmente spostati all'interno del reparto produttivo e attivati su differenti fasi di lavoro in funzione di potenziali nuove esigenze emergenti.

Ci sono diverse applicazioni che possono essere automatizzate con i cobot. Alcune riguardano espressamente il processo produttivo come formatura, incollaggio, verniciatura di pellame e lucidatura. Il robot collaborativo, in questi casi, può assumere due diverse funzioni. Una è lavorare al posto dell'operatore, consentendo così di liberare le persone da fasi che possono prevedere l'uso di sostanze chimiche, per destinarle a lavorazioni che richiedono maggior intelligenza e creatività e possono generare maggior valore aggiunto. L'altra è lavorare proprio con l'operatore, porgendo e bloccando i semilavorati in posizioni specifiche garantendo così un aumento di ergonomia nella fase di lavoro, diminuendo fatica e potenziali infortuni. Altre fasi di lavoro in cui queste macchine risultano molto utili sono meno "caratterizzanti" il settore calzaturiero, ma comportano comunque notevoli benefici. Alcuni esempi sono le attività di manipolazione, inscatolamento e pallettizzazione a fine linea. Attività piuttosto pesanti e ripetitive che possono indurre ad errori e che se, invece, vengono automatizzate risultano molto efficienti e produttive.

L'automazione robotizzata è una soluzione che trasferisce "vantaggi orizzontali" a tutti i settori produttivi. Il robot è una macchina capace di ripetere infinite volte un'azione con la medesima precisione della prima volta. Questo è garanzia di qualità, ripetibilità, efficienza e produttività. A questi vantaggi la robotica collaborativa ne somma altri. Da un lato, quelli già citati in merito alla capacità di "insinuarsi" nei processi senza richiedere al processo stesso di cambiare (i cobot offrono un'automazione adattiva e non il contrario) e senza l'uso di barriere perimetrali. Oppure quelli legati all'opportunità di essere spostati facilmente da una parte e l'altra dell'impianto per essere applicati a diverse operazioni, tagliando notevolmente il tempo di avviamento o ri-avviamento del processo. Dall'altro, i robot collaborativi Universal Robots si prestano a tutti gli effetti ad essere utilizzati come "utensili intelligenti" sollevando le persone non dai processi produttivi, come spesso accade con i

robot tradizionali chiusi nelle gabbie, ma dalle fatiche dei processi stessi, ad esempio quando intervengono per aumentare l'ergonomia di alcune fasi di lavoro. L'uso del cobot come strumento è la vera innovazione offerta a chi produce, in particolare alle piccole e medie aziende che, se in passato non hanno automatizzato per timore dei costi, oggi si trovano delle soluzioni abbordabili e flessibili sulle quali mantengono un controllo completo.

Le scarpe realizzate in pelle richiedono estrema cura e lucidatura regolare per mantenere il suo aspetto brillante. La lucidatura manuale della scarpa può danneggiare la superficie della pelle, riducendone di conseguenza la vita utile, inoltre richiede normalmente molto tempo e sforzo umano per eseguire tale operazione.

La lucidatura richiede una pasta o una crema cerosa, che viene applicata per la prima volta sulla scarpa in modo uniforme utilizzando un panno o una spazzola. Si procede quindi alla lucidatura strofinandolo energicamente per ottenere una superficie lucida. L'applicazione di questa cera è manuale e richiede diverso tempo.

Attraverso l'utilizzo di una macchina è possibile invece eseguire una lucidatura automatica, che ha lo scopo di afferrare la scarpa nel punto giusto, applicare uno strato di cera lucidante su tutto il perimetro della calzatura, ed eseguire un'azione lucidante per ottenere un effetto lucido e per assicurare il minimo danno alla scarpa.

Alcune delle macchine disponibili in commercio sono disponibili nel mercato attuale.

Gli obiettivi chiave del presente lavoro includono:

- Ridurre gli sforzi umani.
- Migliorare le caratteristiche qualitative della lucidatura
- Per ridurre il tempo necessario per la calzatura
- Per fornire una soluzione conveniente con considerazioni ergonomiche
- Ottenere una scarpa con effetto brillante simile a quando lucidato da un lavoro manuale

CAPITOLO 2: METODO

2. Generalità

Poiché l'intero tirocinio è stato svolto in modalità telematica, è stato necessario utilizzare esclusivamente software di progettazione. Ad ogni programma utilizzato è stata preliminarmente effettuata una fase di studio delle funzioni principali e dei comandi base necessari ad utilizzarlo.

Nello specifico sono stati utilizzati software sviluppati da "Siemens PLM Software":

- Solid Edge
- NX
- Process Simulate

2.1 Solid Edge

Solid Edge è il software di progettazione meccanica più completo, comprende infatti strumenti unici per la creazione e la gestione di prototipi digitali 3D. Le eccezionali funzionalità di modellazione e di gestione dei flussi di lavoro, la focalizzazione su settori industriali specifici e l'ambiente di gestione della progettazione integrato, rendono Solid Edge la migliore piattaforma per l'esecuzione di progetti accurati.

La progettazione con Solid Edge è più semplice e rapida, questo grazie agli strumenti di modellazione e gestione degli assiemi, che consentono ai progettisti di sviluppare con facilità una vasta gamma di prodotti, da singoli componenti ad assiemi contenenti migliaia di parti. Con Solid Edge, i prodotti vengono sviluppati nel migliore dei modi e nel minor tempo.

Grazie a Solid Edge, l'unico sistema di progettazione meccanica che combina funzionalità di gestione della progettazione con strumenti di uso quotidiano dei progettisti, è possibile disporre di una vasta scelta di soluzioni di gestione dei dati di prodotto, strumenti pratici per la gestione della collaborazione aiutano a coordinare meglio le attività dei team di progettazione.

Nel caso particolare, è stato utilizzato per la creazione del componente di collegamento, necessario ad unire la parte superiore e inferiore del tool, e per la messa in tavola delle componenti, come riportato rispettivamente nel capitolo 3.1 e 3.2.

2.2 NX

Il software Siemens NX è una soluzione integrata, potente e flessibile, che consente di realizzare prodotti in modo più rapido ed efficiente. NX offre una nuova generazione di soluzioni di progettazione, simulazione e produzione, che consentono alle aziende di realizzare il valore del Digital Twin. Supportando ogni singolo aspetto dello sviluppo dei prodotti, dal design del concetto alla progettazione e alla fabbricazione, il software offre un set di strumenti integrato che coordina le discipline, preserva l'integrità dei dati e la finalità di progettazione e semplifica l'intero processo.

NX consente di creare progetti migliori più velocemente e con maggiore sicurezza, fornisce una comprensione più approfondita del design e una comunicazione più efficace, valuta istantaneamente l'impatto delle modifiche di progettazione, migliora le funzionalità per ridurre i tempi di progettazione ed integra gli ultimi aggiornamenti nel flusso di lavoro riducendo al minimo la curva di apprendimento.

Esso l'unico software che consente di passare senza problemi dalla progettazione alla simulazione, fino alla produzione, tutto in un unico software offrendo una nuova generazione di soluzioni di

progettazione, simulazione e produzione con funzionalità CAD, CAM, CAE e PLM evolute, capaci di supportare qualsiasi iniziativa di sviluppo prodotto.

Nel caso particolare, il software è stato dapprima utilizzato per la realizzazione dei sostegni della scarpa e del contenitore del lucido. Successivamente ha permesso di convertire i componenti del tool dal formato utilizzato per Solid Edge al formato adatto per il software Process Simulate.

2.3 Process Simulate (PS)

Process Simulate (PS) è completamente integrato con la piattaforma di produzione Teamcenter e permette ai tecnici di produzione di riutilizzare, eseguire l'autoring e convalidare i processi produttivi, facilitando la simulazione dei processi di assemblaggio, delle operazioni umane e delle procedure meccaniche di strumenti, dispositivi e robot

PS facilita dunque la progettazione e la validazione dei processi produttivi in un ambiente 3D dinamico in grado di emulare il comportamento realistico dei processi di produzione e l'ottimizzazione dei tempi di ciclo e di svolgimento del processo. Questo software facilita la simulazione dei processi di assemblaggio, delle operazioni umane e delle procedure meccaniche di strumenti, dispositivi e robot, è inoltre altamente scalabile e fornisce a vari campi ingegneristici i dati e i set di strumenti necessari per esaminare processi dettagliati e verificarli in diverse fasi e prospettive.

PS consente la verifica di diversi segmenti del processo di fabbricazione. È possibile simulare nello stesso ambiente processi di assemblaggio, operazioni umane, saldature, processi continui (come la saldatura laser e l'incollaggio) e altri processi robotizzati, ottenendo una simulazione delle zone di produzione virtuali. La simulazione emula realisticamente il comportamento umano, i controller

robotizzati e la logica PLC. La creazione automatica delle sequenze di assemblaggio consente di migliorare la produttività del processo di pianificazione.

Ricorrendo all'ausilio di questo software, è stata innanzitutto creata la Workstation, che sintetizza l'ambiente di lavoro di tutto il sistema in cui operatore e robot si trovano a collaborare. Successivamente, come trattato nel capitolo 3.4 e 3.5, è stato definito un percorso di punti mediante un file CLS caricato esternamente, che definisce le coordinate necessarie al tool per effettuare la lucidatura. Infine è stato utilizzato per eseguire le simulazioni che rappresentano l'operazione di lucidatura della calzatura eseguita dal tool.

CAPITOLO 3: CASO STUDIO

3.1 Creazione del componente di collegamento del tool

Il progetto del tool prevedeva inizialmente un moto della testina di tipo elicoidale, a cui però è stata apportata una modifica richiesta specificatamente dall'azienda. È stata infatti imposta come nuova traiettoria una circonferenza di raggio 10 mm. Si è resa dunque necessaria una modifica del progetto del tool dovuta principalmente alla testina, che, ruotando ora attorno ad un asse fisso, ha permesso di rimuovere componenti come il "portatreno" e la ruota esterna con le relative viti. Per questo motivo è stato creato un nuovo componente di collegamento di parte inferiore e superiore del tool. Si tratta di un cilindro con due fori ciechi, nel quale si inseriscono le componenti del tool, bloccate adeguatamente attraverso l'uso di grani M4. La messa in tavola del componente di collegamento viene riportata nella fig.10 del capitolo 3.2.

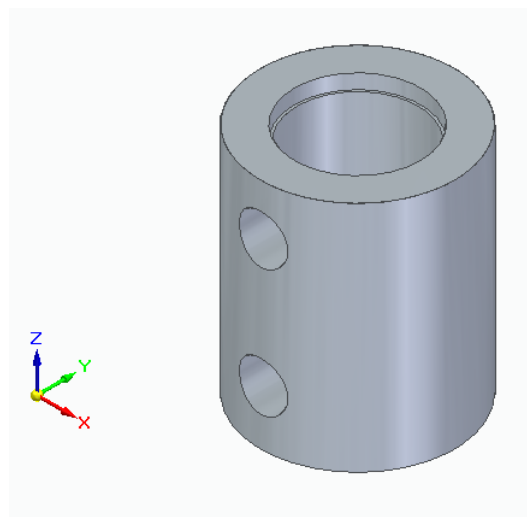


Fig.2 Componente di collegamento

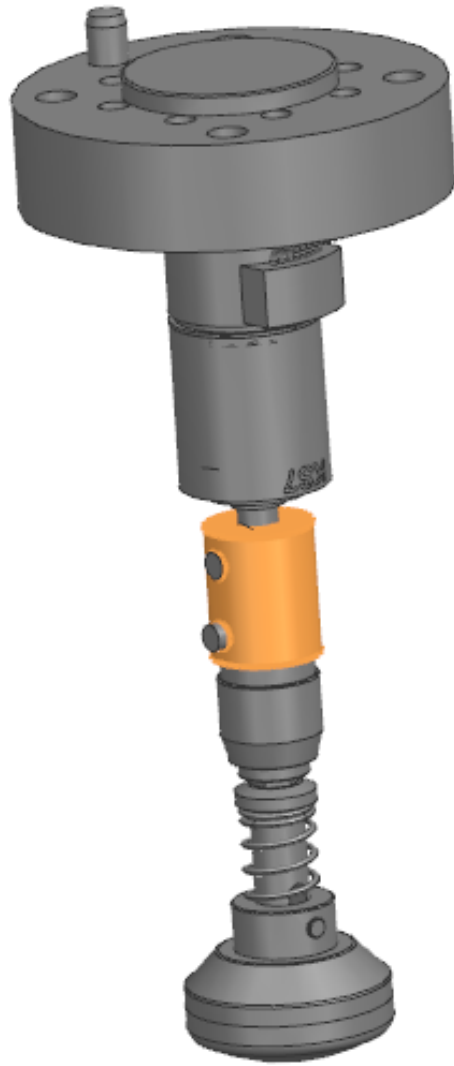


Fig. 3 Tool e componente di collegamento (in arancione)

3.2 Distinta e messa in tavola dei componenti del tool

Il tool è composto da una serie di componenti, che vengono riportati di seguito attraverso la messa in tavola, realizzata mediante l'ausilio del software "Solid Edge". L'ordine con cui vengono riportati i componenti è dalla parte superiore (flangia) verso la parte inferiore (testina), facendo riferimento alla Fig.3.

Parte Superiore

- 1) Flangia: Rappresenta la parte superiore del tool, ed è necessaria per collegare il tool al robot (UR5).

Il componente può essere stampato in 3D o realizzato mediante una lavorazione al tornio, sono necessarie: -6 viti CIL 6x16

-8 viti CIL 2.5x20

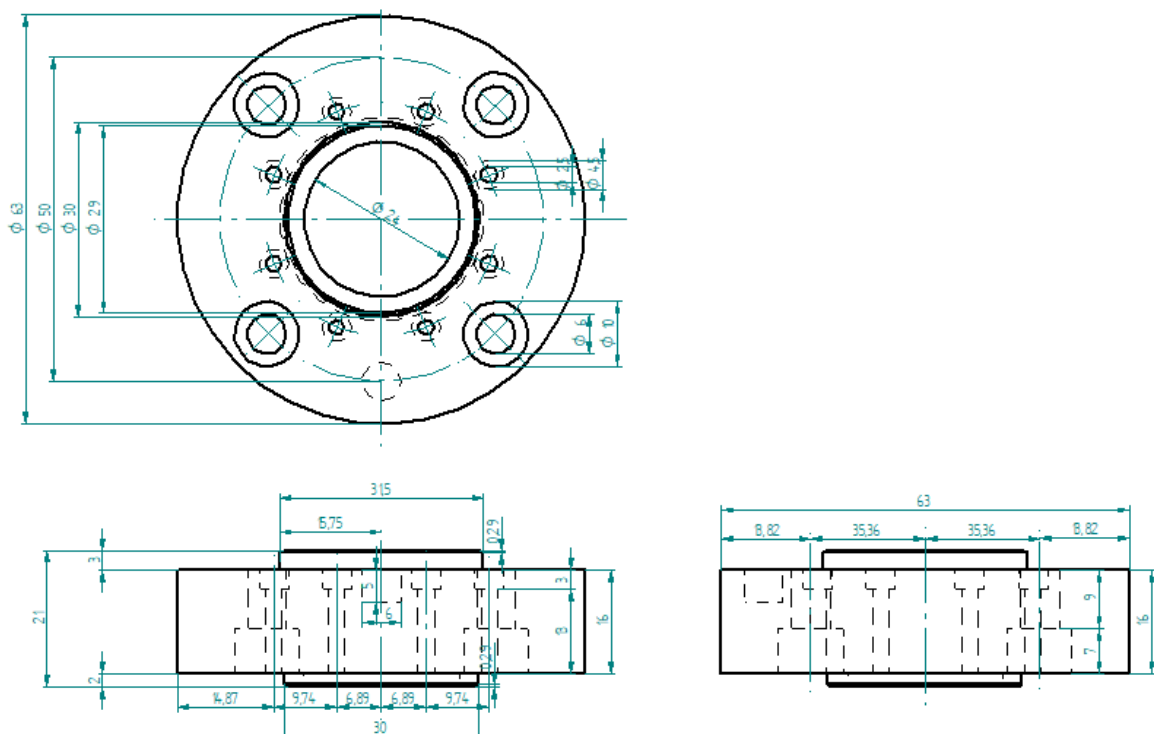


Fig.4 Flangia

2) Spina 6x10:

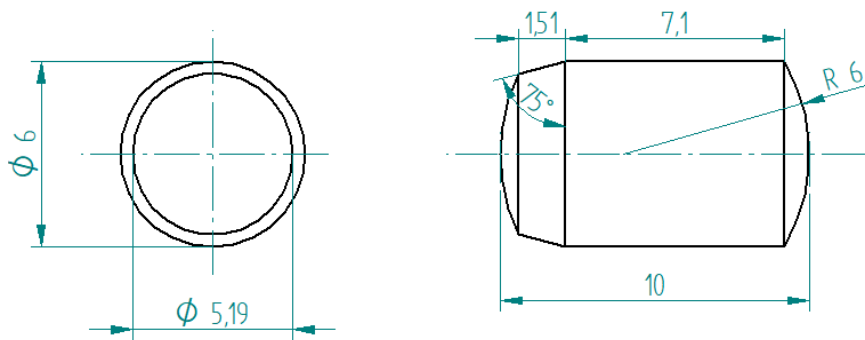


Fig. 5 Spina

- 3) Motore: mediante opportune ricerche, in base ai parametri che vengono trattati più specificatamente nel capitolo 3.3, (Velocità di carico richiesta, Rotazione diretta, Funzionamento continuo) è stato adottato il motore Serie 2232 ... BX4 SC, FAULHABER.

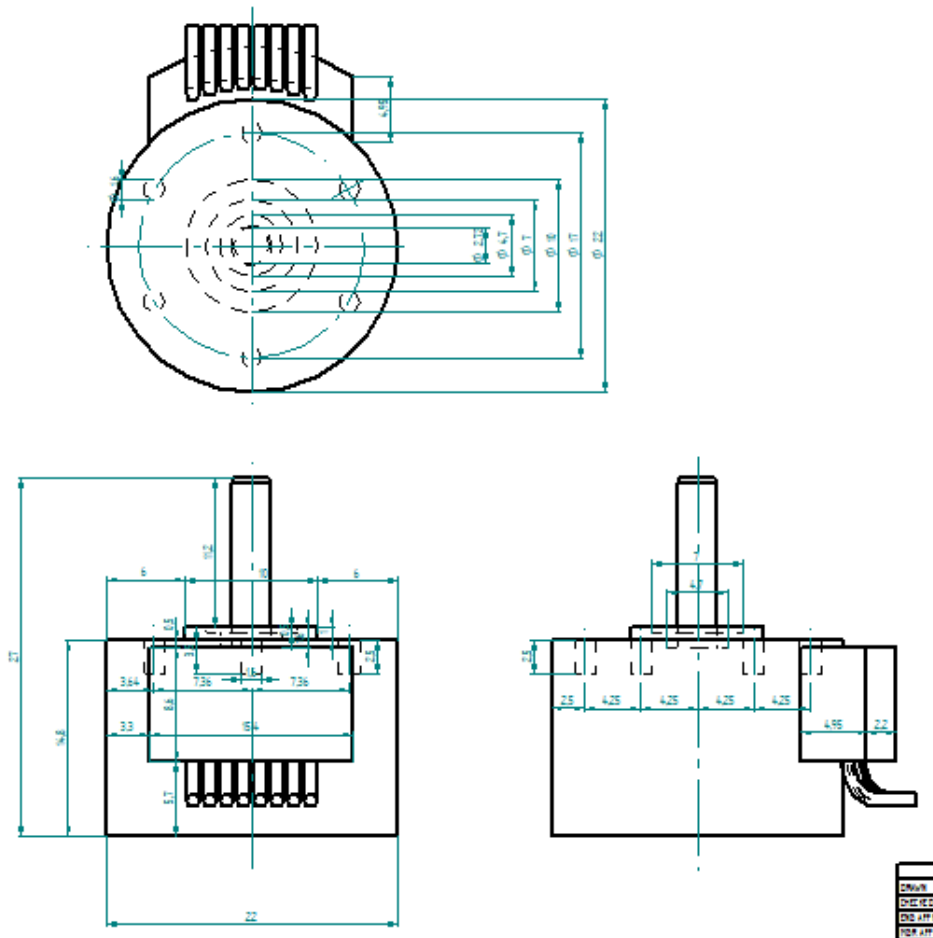


Fig.6 Motore

- 4) Flangia: la seconda flangia è posta invece tra il motore e il riduttore. Il componente può essere stampato in 3D o realizzato mediante una lavorazione al tornio.

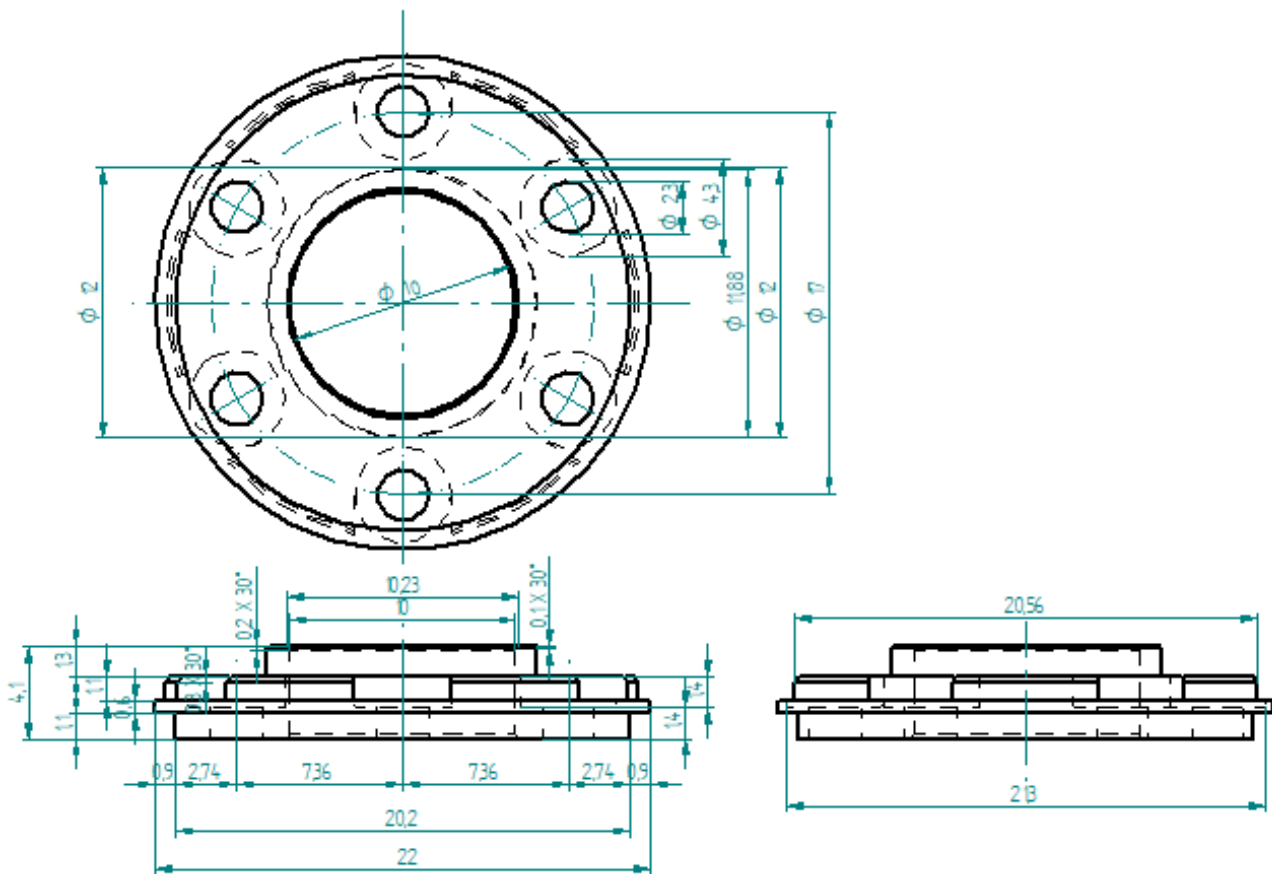


Fig.7 Flangia

5) Riduttore

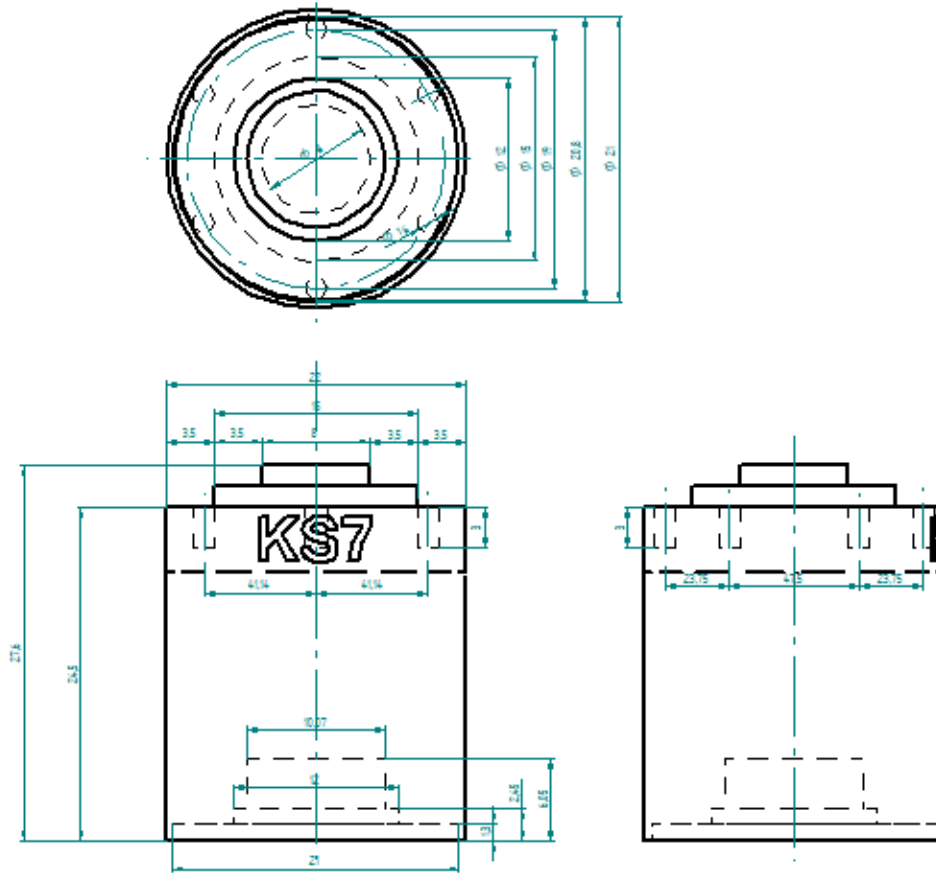


Fig.8 Riduttore

6) Albero

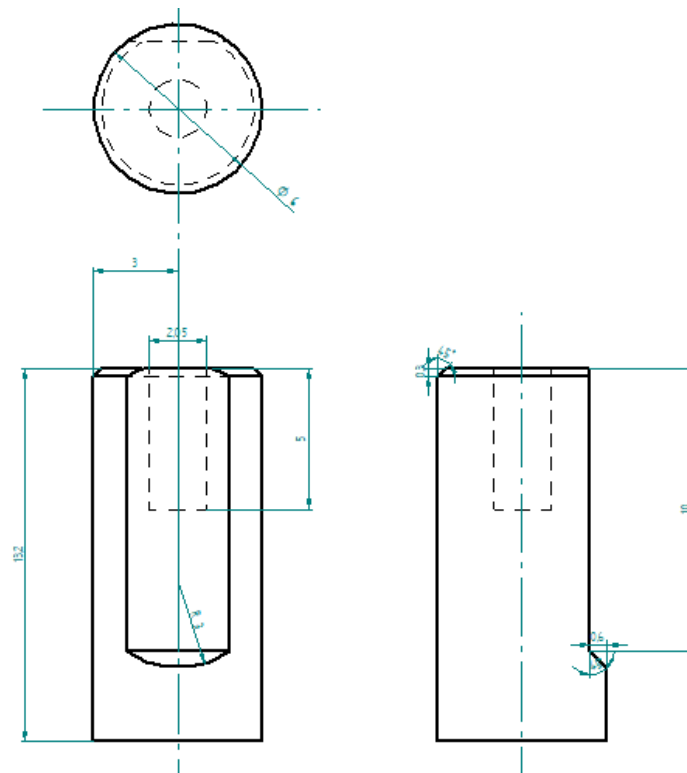


Fig.9 Albero

7) Componente di collegamento: Per il collegamento sono necessarie n.2 Grano M4x5

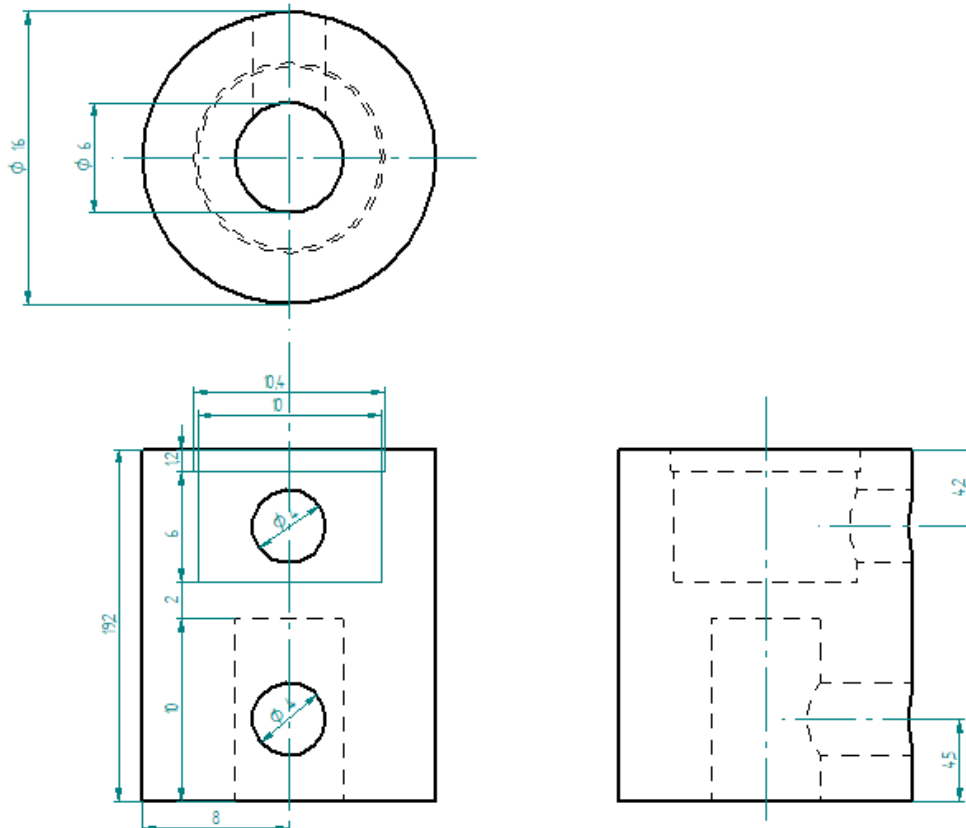


Fig.10 Componente di collegamento

Parte Inferiore

8) Componente Testina:

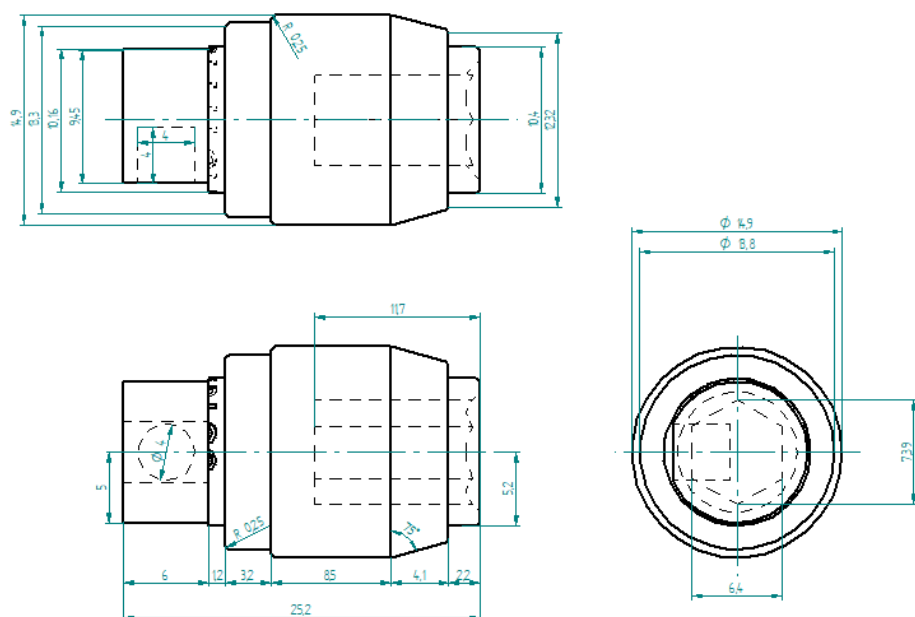


Fig.11 Comp. Testina

9) Perno Interno

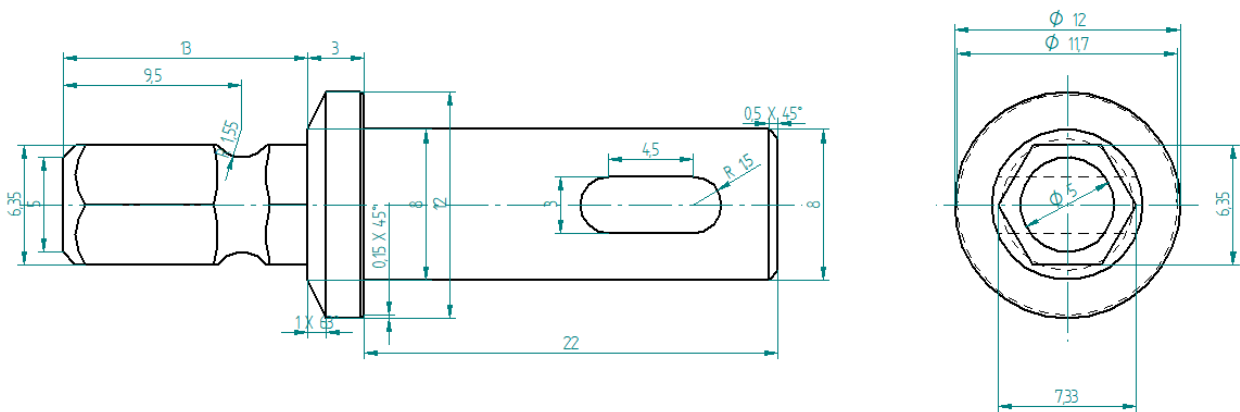


Fig. 12 Perno Interno

10) Molla

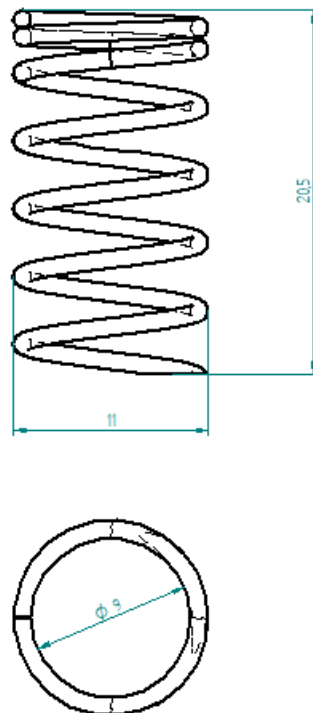


Fig. 13 Molla

11) Parte inferiore Testina

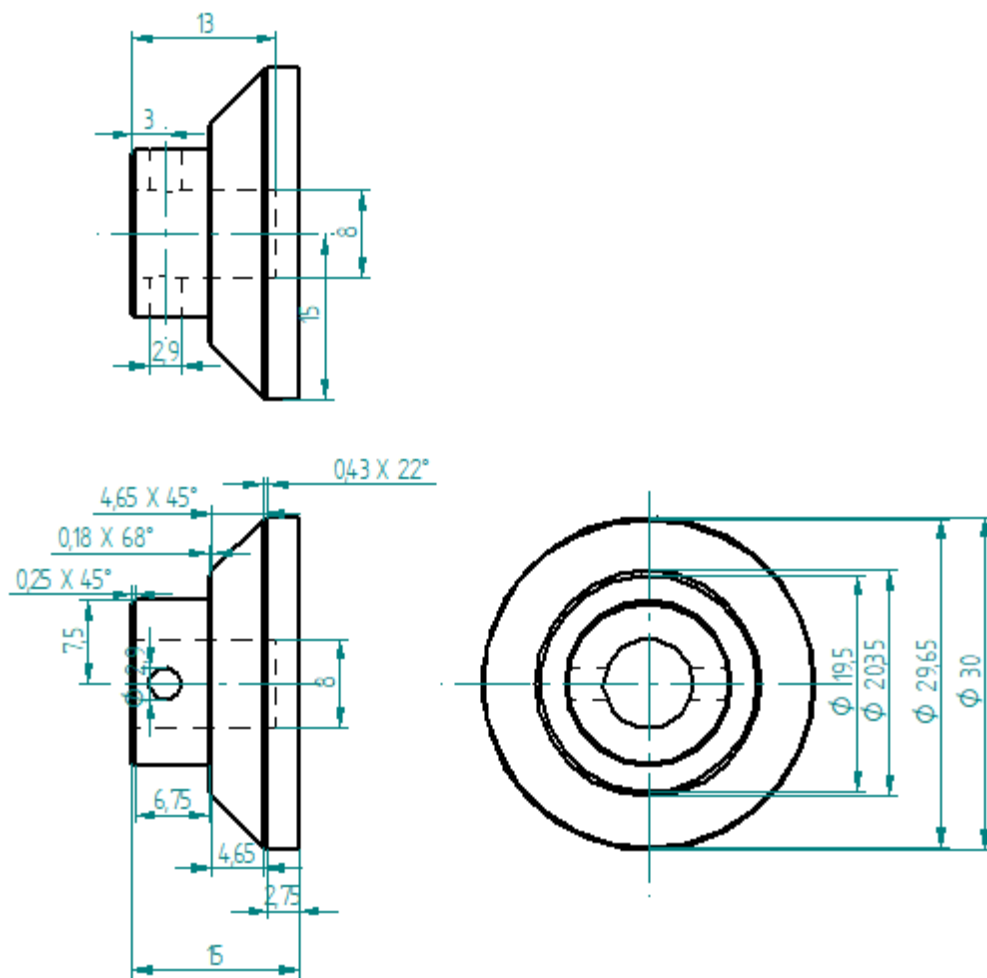


Fig.14 Parte inferiore Testina

12) Spina 3x16: necessaria a collegare la parte inferiore della testina con il perno interno

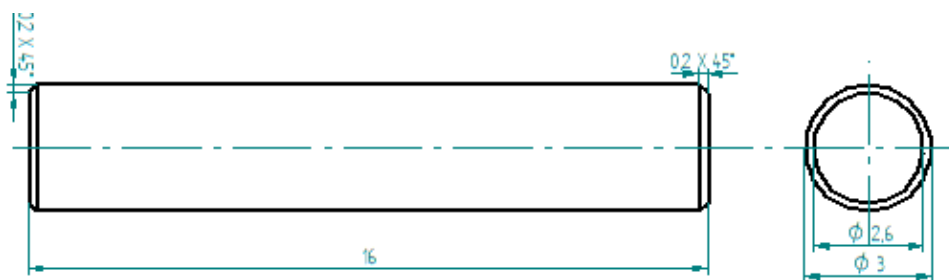


Fig.15 Spina 3x16

13) Parte superiore Testina

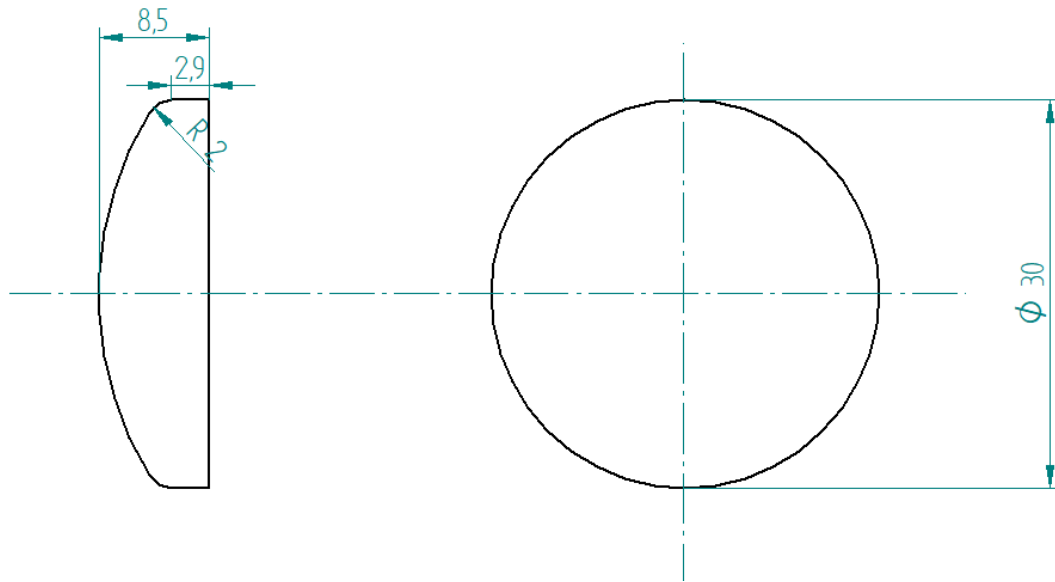


Fig. 16 Parte superiore Testina

3.3 Calcolo del rapporto di trasmissione e dei parametri per la scelta del motore

Il calcolo del nuovo rapporto di trasmissione con la relativa scelta del motore è stato necessario per la modifica apportata al progetto trattata nel capitolo 3.1, in cui la nuova testina non percorreva più un moto di tipo elicoidale ma una circonferenza di raggio 10 mm ruotando attorno al proprio asse fisso. Di seguito vengono quindi riportati i calcoli:

Sistema ad ingranaggi:

1: Anello esterno

2: Satellite

p: Portatreno

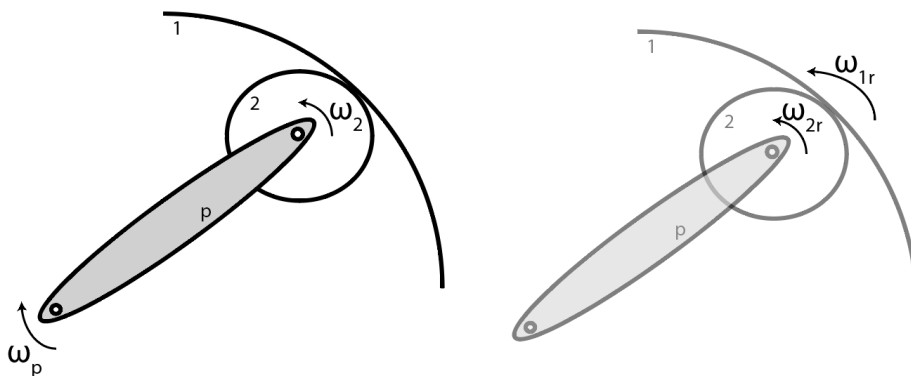


Fig.17 Sistema ad ingranaggi

$$\begin{cases} \omega_p = \omega_2 \frac{1}{1 - \frac{z_1}{z_2}} \\ \omega_p = -\omega_2 \end{cases}$$

Rapporto di trasmissione: $\frac{z_1}{z_2} = 1.5$ (parametro calcolato)

Con ruota dentata ($m=0.5$, $z_2=40$) ed anello esterno ($m=0.5$, $z_1=60$)

Parametri stimati e calcolati:

Si analizzano quindi i parametri del sistema ad ingranaggi:

PARAMETRI STIMATI
Circonferenza: diametro $d = 10$ mm
Frequenza di lucidatura: $f = 3.5$ Hz
Coeff. attrito: $\mu = 0.4$
Forza normale: $F = 0.5 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 = 4.9 \text{ N}$

PARAMETRI CALCOLATI
Perimetro Circonferenza = $L = 2\pi r = \pi d = 31.42$ mm
Velocità media di percorrenza = $v_m = L f = 0.110$ m/s
Potenza dissipata = $P = \mu v_m F = 0.216$ W
Velocità tool = $n_t = f \cdot 60 = 210$ rpm; $\omega_t = \frac{2\pi \cdot n_t}{60}$;
Coppia resistente tool = $C_t = \frac{P}{\omega_t} \cdot 10^3 = 9.822$ Nmm

Lista motori selezionati

Inserendo nella ricerca il valore di "Coppia di carico richiesta", lasciando invariati altri parametri (Velocità di carico richiesta, Rotazione diretta, Funzionamento continuo) sono state analizzate 16 differenti soluzioni, tra le quali, in base alle caratteristiche più idonee, è stato scelto il motore più idoneo. Vengono riportate di seguito le principali caratteristiche:

Motore Precedente

Descrizione	Tensione nominale (V)	Coppia max (mNm)	Velocità a vuoto (min^{-1})	Diametro (mm)	Lunghezza (mm)
Serie 2214 ... BXT H	6 ... 24	9,7	6.970	22	14,8

Motore Utilizzato

Descrizione	Tensione nominale (V)	Coppia max (mNm)	Velocità a vuoto (min^{-1})	Diametro (mm)	Lunghezza (mm)
Serie 2232 ... BX4 SC	12 ... 24	17,5	7.100	22	49,6

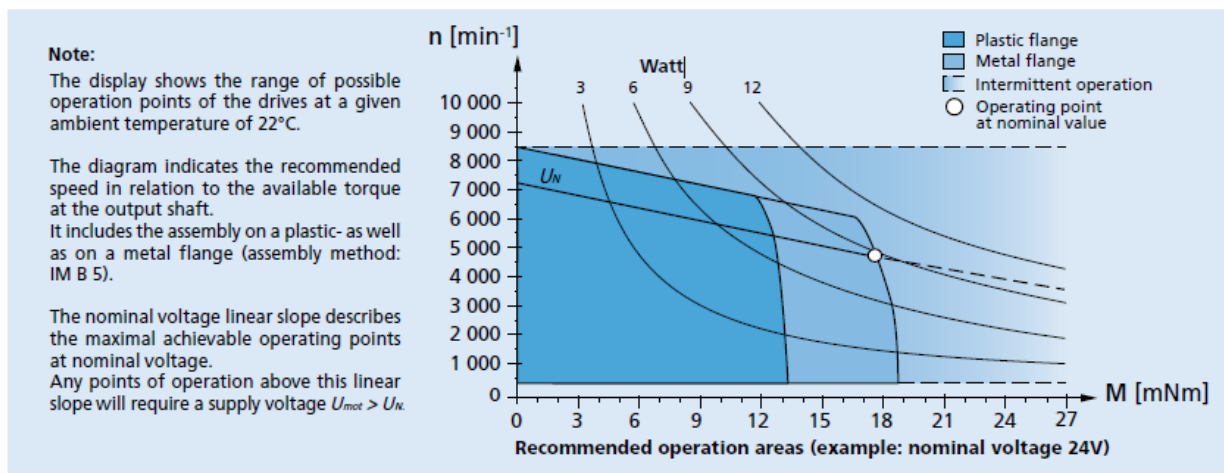


Fig.18 Aree operative consigliate

3.4 Creazione stazione di lavoro e upload file "CLS"

Una volta aver completato il progetto del tool è stato trattato l'aspetto della simulazione della lucidatura della scarpa. Ricorrendo all'ausilio del software PS, è stata innanzitutto creata la Workstation, che sintetizza l'ambiente di lavoro di tutto il sistema in cui operatore e robot si trovano a collaborare. Nello specifico la stazione di lavoro è costituita da:

- Banco di lavoro, sopra al quale viene posizionata la calzatura e il contenitore del lucido, posti rispettivamente su appositi sostegni facilmente raggiungibili dal robot.
- Portale Robot, che rappresenta la struttura su cui viene poi posto il robot.
- Robot "UR5".
- Tool, appositamente collegato al robot.

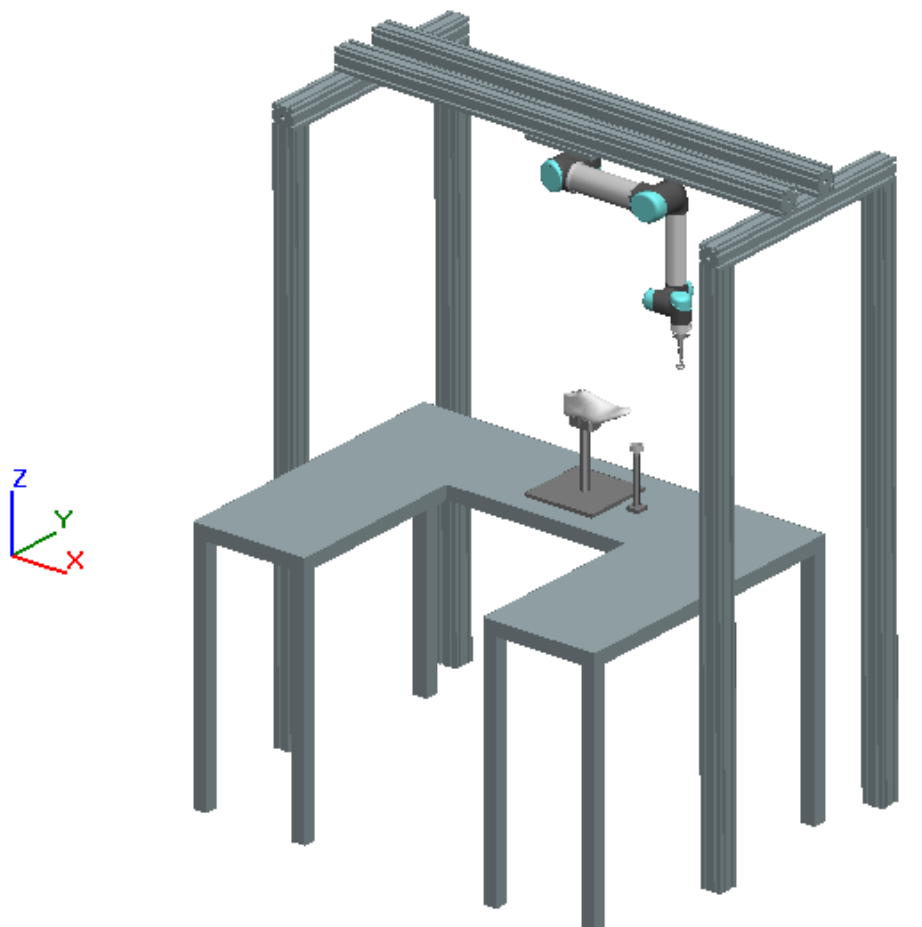


Fig.19 Stazione di lavoro (1)

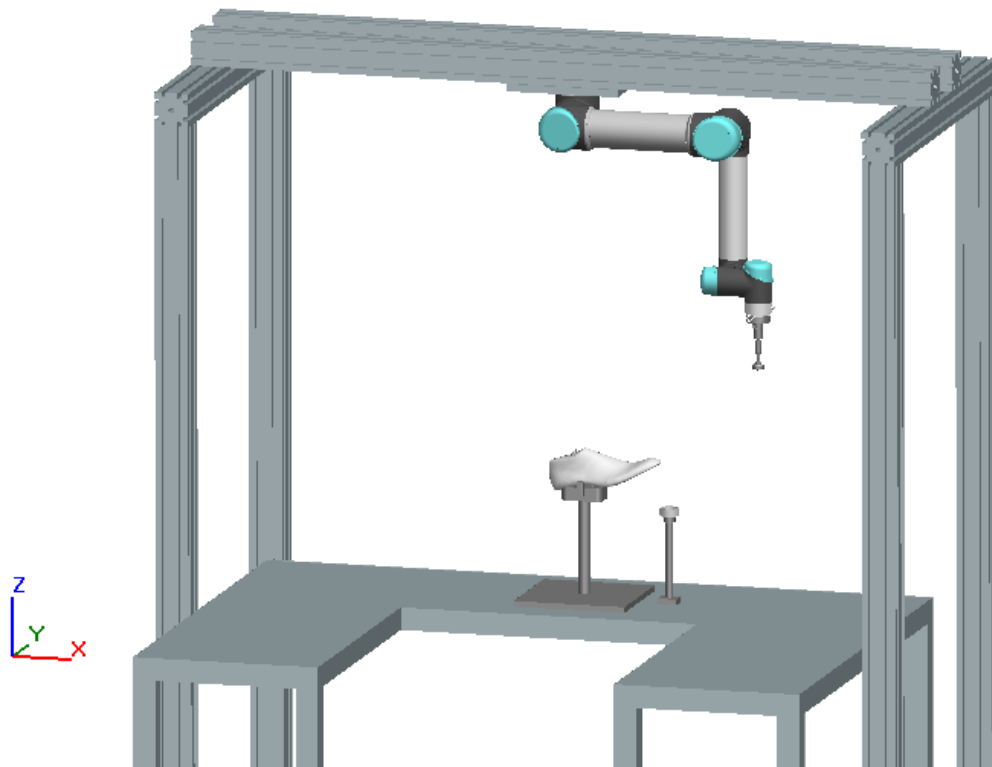


Fig.20 Stazione di lavoro (2)

Con questa configurazione, il tool si trova ad eseguire l'operazione di lucidatura della calzatura dall'alto. Il compito dell'operatore diventa esclusivamente estrarre il prodotto finito dall'apposito sostegno e sostituirlo con una nuova calzatura da lucidare. Tool e Robot riescono infatti ad operare in maniera completamente automatizzata.

Per assegnare al robot le coordinate per eseguire l'operazione di lucidatura è stata necessaria una fase di studio per poter capire la soluzione più adatta.

La soluzione scelta è stata quella di utilizzare un file CLS caricato esternamente. Il software PS infatti è dotato del comando "CLS Upload", che può essere utilizzato per importare file CLS da software CAM come NX e ProE creando operazioni continue. Selezionando il robot ed impostando i parametri richiesti è stato quindi definito un percorso di lucidatura, costituito da un insieme di punti.

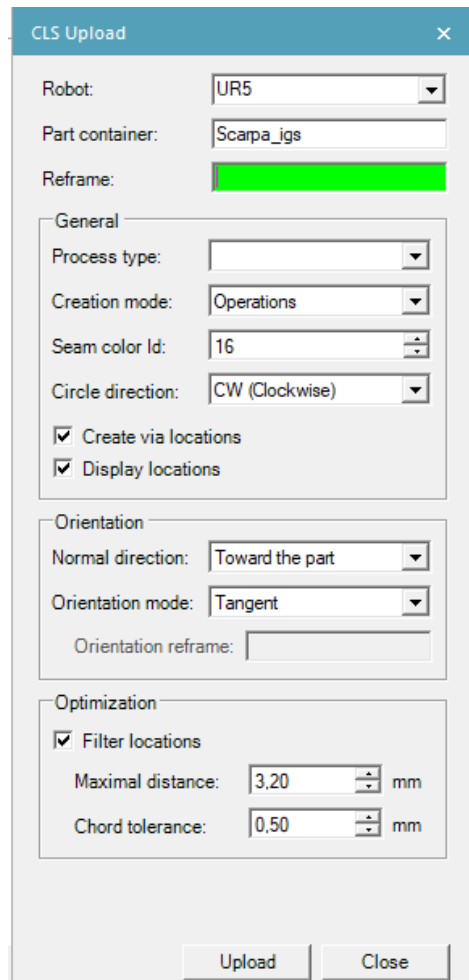


Fig.21 Comando "CLS Upload"

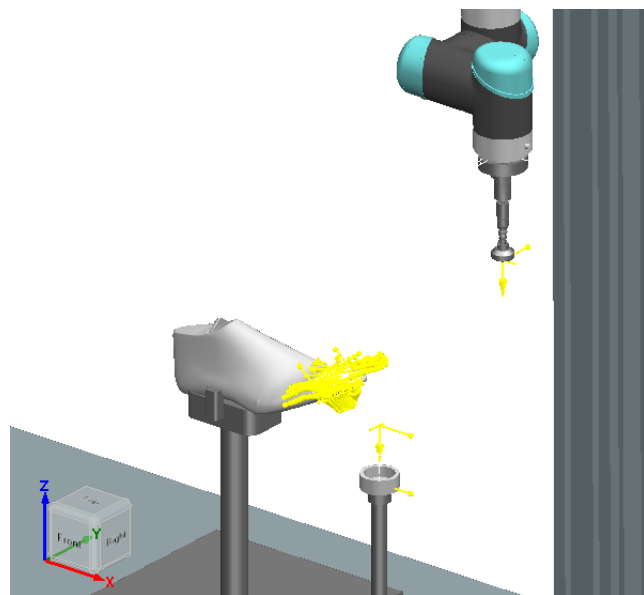


Fig.22 Percorso Robot

3.5 Simulazione

Una volta aver importato i punti per eseguire l'operazione di lucidatura e aver creato l'intera stazione di lavoro, è stato trattato l'aspetto della simulazione. Anche in questo caso è stato utilizzato il software PS.

Nello specifico sono state eseguite 3 diverse simulazioni:

- Una prima simulazione che riporta esclusivamente il percorso eseguito dal tool partendo dalla sua configurazione iniziale riportata in fig.20 fino al contenitore del lucido, per poi tornare nella sua posizione iniziale.
- Una seconda simulazione mostra invece il percorso del tool intorno alla calzatura, partendo dalla configurazione iniziale del tool riportata in fig.20 per poi tornare nella stessa posizione iniziale.
- L'ultima simulazione racchiude invece le due precedenti simulazioni, dalla configurazione iniziale infatti, il tool raccoglie il lucido nell'apposito contenitore raggiungendo poi la calzatura, qui il tool esegue tutto il percorso che è stato importato con il file "CLS" caricato esternamente, per poi tornare nella sua configurazione iniziale.

Vengono riportate alcune immagini raccolte dal video della simulazione:

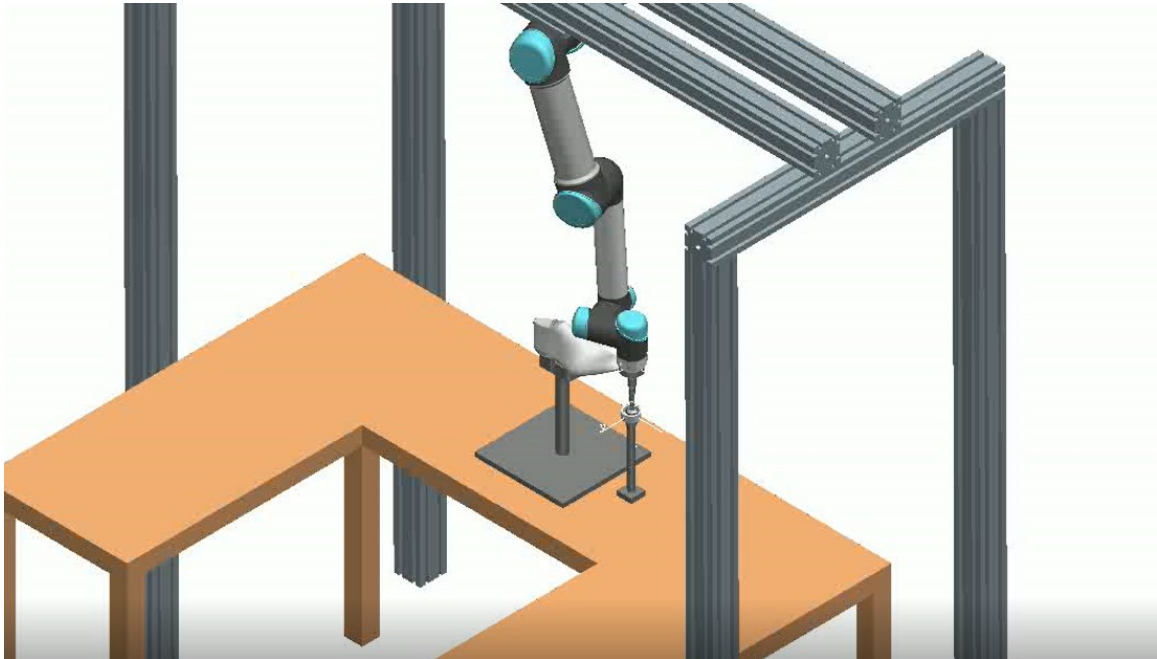


Fig.23 Tool nel contenitore del lucido

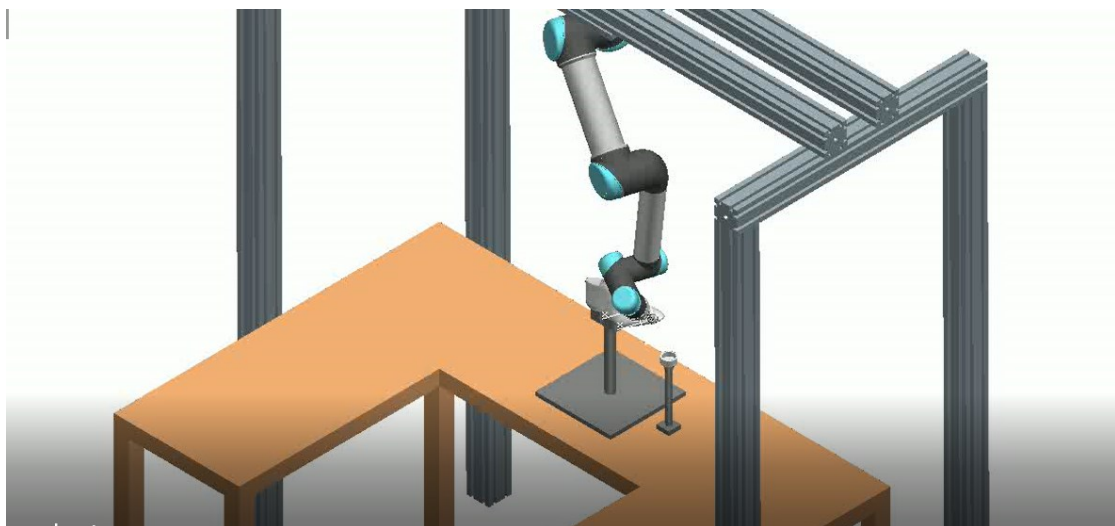


Fig.24 Tool in esecuzione (1)

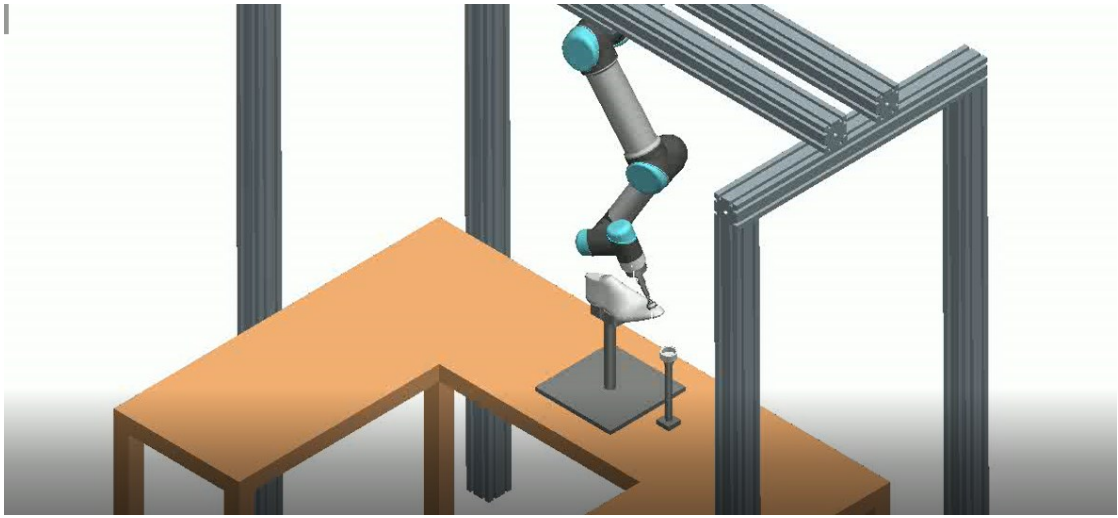


Fig.25 Tool in esecuzione (2)

CAPITOLO 4: CONCLUSIONE

Grazie all'utilizzo dei vari software di programmazione offerti dalla "Siemens PLM Software" è stato possibile raggiungere lo scopo della Tesi: la realizzazione di un tool per la lucidatura robotizzata di calzature.

Come riportato nel Cap.2 l'intero tirocinio è stato svolto in modalità telematica ed è stato necessario utilizzare esclusivamente software di progettazione sviluppati da "Siemens PLM Software". Parte del tempo a disposizione per il tirocinio è stato adoperato per effettuare una fase di studio preliminare dei vari software, necessaria inizialmente ad installare ed individuare le funzionalità principali, comandi base.

Per la realizzazione del tool è stato trattato inizialmente l'aspetto della progettazione, creando il componente di collegamento Motore-Testina. Il progetto del tool prevedeva inizialmente un moto della testina di tipo elicoidale, a cui però è stata apportata una modifica richiesta specificatamente dall'azienda. È stata infatti imposta come nuova traiettoria una circonferenza di raggio 10 mm. Si è resa dunque necessaria una modifica del progetto del tool dovuta principalmente alla testina, che, ruotando ora attorno ad un asse fisso, ha permesso di rimuovere componenti come il "portatreno" e la ruota esterna con le relative viti.

In seguito, come trattato nel capitolo 3.3, è stato analizzato il calcolo dei parametri del sistema ad ingranaggi, utilizzati per la scelta del motore più adatto. L'università Politecnica delle Marche ha proceduto poi con l'acquisto del motore Serie 2232 ... BX4 SC, FAULHABER, con il relativo riduttore, i vari accessori e la relativa scheda tecnica.

Successivamente, nel capitolo 3.2, è stata effettuata la messa in tavola del tool riportando nello specifico tutte le varie componenti.

Una volta aver completato il progetto del tool è stato trattato l'aspetto della simulazione della lucidatura della scarpa. Ricorrendo all'ausilio del software PS, è stata innanzitutto creata la Workstation, che sintetizza l'ambiente di lavoro di tutto il sistema in cui operatore e robot si trovano a collaborare.

Dopo aver importato i punti per eseguire l'operazione di lucidatura attraverso un file "CLS" caricato esternamente è stato trattato l'aspetto della simulazione attraverso il software PS, nello specifico sono state eseguite 3 diverse simulazioni.

Le principali difficoltà riscontrate sono state principalmente di tipo organizzative. Essendo un tirocinio svolto "a distanza", si è resa necessaria l'installazione dei vari software di programmazione. Sono stati riscontrati dei problemi con le varie procedure d'installazione e in particolare le relative licenze rilasciate da Siemens, queste problematiche hanno richiesto parte del tempo a disposizione del tirocinio.

BIBLIOGRAFIA

[1] Naclerio, Alessandro Gaetano (A.A. 2017/2018) *“L’impatto dell’industria 4.0 sull’organizzazione aziendale”*. Tesi di Laurea in Organizzazione Aziendale, LUISS Guido Carli, relatore Luca Giustiniano, pp. 49. [Tesi di Laurea triennale]

[2] Conterno, Niccolò (A.A. 2018/2019) *“Sviluppo di una linea di confezionamento con robot collaborativi”*. Tesi di laurea in Ingegneria Meccatronica, Università degli Studi di Padova, relatore Prof. Giovanni Boschetti, pp. 110. [Tesi di Laurea Magistrale]

[3] F. Vicentini - Tecniche Nuove, Milano, 2017 - confagricolturalessandria.it

SITOGRAFIA

[4] www.wikipedia.it

[5] <https://reports.weforum.org/future-of-jobs-2016/>

[6] <https://www.tecnicacalzaturiera.it/2018/02/14/universal-robots-automazione-robotizzata/>

[7] <https://www.sgrconsulting.it/prodotti/solid-edge>

[8] <https://www.plm.automation.siemens.com/global/it/products/nx/nx-for-design.html>

[9] <https://www.engusa.com/it/product/siemens-tecnomatix-process-simulate>

[10] <https://www.faulhaber.com/it/prodotti/serie/2232bx4-sc/>