



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale **Ingegneria Meccanica**

ANALISI DEI PROCESSI DI MOLTIPLICAZIONE DI COMPONENTI MECCANICI

ANALYSIS OF MULTIPLICATION PROCESSES OF MECHANICAL COMPONENTS

Relatore: Chiar.mo/a

Prof. Forcellese Archimede

Tesi di Laurea di:

Piersanti Luca

A.A. 2020 / 2021

Sommario

1.	INTRODUZIONE.....	4
1.1.	Prefazione.....	4
1.2.	Azienda ospitante.....	5
2.	REPARTO COMMERCIALE E GESTIONALE.....	6
2.1.	Studio di fattibilità del prodotto.....	6
2.2.	Rapporto con i clienti.....	9
2.3.	Programmazione e gestione.....	10
3.	PRODUZIONE.....	12
3.1.	Meccanica di taglio e lavorazione per asportazione di truciolo.....	12
3.2.	Dinamica del taglio: i moti.....	13
3.3.	I parametri di taglio.....	13
3.4.	Modello a zona di deformazione.....	14
3.5.	Aspetti termici del taglio.....	15
3.6.	Macchine a controllo numerico.....	17
3.7.	Fantine a testa mobile.....	20
3.8.	Macchine multi-mandrino meccanico.....	23
3.9.	Macchine a multi-mandrino a controllo numerico.....	26
3.10.	Elettroerosione.....	27
3.11.	Liquido lubrorefrigerante.....	29
3.12.	Smaltimento rottami e olii esausti.....	31
3.13.	Usura degli utensili.....	33
3.13.1.	<i>Affilatura utensili.....</i>	34
4.	REPARTO QUALITÀ.....	36
4.1.	Qualità in entrata.....	36
4.2.	Qualità in uscita.....	38
4.2.1.	<i>Cmm Zeiss.....</i>	39
4.2.2.	<i>Hommel Contour C305.....</i>	40
4.2.3.	<i>Controllo per lucidi.....</i>	41
4.2.4.	<i>Profilometro rugosimetro.....</i>	42
4.2.5.	<i>Controllo statistico delle misure.....</i>	43
5.	STRATEGIE DI OTTIMIZZAZIONE.....	45
6.	CONCLUSIONE.....	50

1. INTRODUZIONE

1.1. Prefazione

Negli ultimi decenni la tecnologia ha avuto una crescita esponenziale mettendo a disposizione delle industrie la capacità di lavorare quantità di prodotti non paragonabili a quelle che si avevano in passato, inoltre, la globalizzazione ha facilitato notevolmente i rapporti e i trasporti tra nazioni di tutto il mondo. Questa evoluzione ha portato grandissimi benefici per le industrie perché hanno a disposizione un upgrade tecnologico che permette di avere standard di efficienza molto elevati e una capacità produttiva molto più considerevole. Lo sviluppo tecnologico oltre che permettere di lavorare su volumi di produzione molto più ampi ha permesso anche di incrementare notevolmente la qualità dei prodotti. Il progresso che si è venuto a creare con il miglioramento tecnologico e con la globalizzazione ha innescato però una forte competitività nel mercato perché essendo molto più facile reperire materiali e macchinari per la lavorazione di qualsiasi oggetto, è inevitabile che l'offerta sul mercato aumenti e ci sia una concorrenza più spietata. Prendendo spunto dal tirocinio effettuato presso l'azienda Bucci s.r.l. e grazie alle nozioni acquisite nel percorso di studi seguito, che prevede una conoscenza approfondita della matematica e della fisica applicate alle tecnologie dei macchinari e agli impianti industriali, è stato possibile identificare nell'ottimizzazione dell'intero processo di produzione, partendo dalla funzione commerciale per arrivare a quella relativa al controllo qualità, passando attraverso i reparti di produzione, l'attività più importante per il consolidamento e per il miglioramento della competitività di un'azienda. Tale esperienza è stata utilizzata per proporre dei miglioramenti al processo di produzione della Bucci s.r.l., peraltro già ampiamente collaudato, con l'obiettivo di renderlo ancora più performante.

1.2. Azienda ospitante

L'azienda ospitante è la Bucci s.r.l. che è un'impresa nata nel 1974 che fin da subito si è imposta come azienda leader nel settore delle minuterie metalliche, la sua politica di innovazione di cura dei prodotti e attenzione per il cliente ha fatto sì che ad oggi l'azienda vanta un parco macchine molto ampio con un livello tecnologico molto elevato ed un rapporto con clienti, anche di grande spessore, molto saldo. Le lavorazioni che si effettuano in questa azienda sono sostanzialmente per asportazioni di truciolo, l'azienda ha puntato su questo settore perché ha un mercato ampio e diversificato e inoltre spesso, è richiesta una qualità molto elevata del prodotto finito e proprio la qualità del prodotto offerto, è un principio fondamentali su cui si basa la politica aziendale. L'azienda, inoltre, non presta attenzione solo alla qualità e alla produttività ma anche alla sostenibilità, infatti, il 25% dell'energia elettrica di cui necessita l'azienda è prodotta dall'impianto fotovoltaico installato sulla superficie di copertura dello stabilimento e il restante fabbisogno energetico è preso da fonti rinnovabili certificate. L'azienda ad oggi conta oltre 50 dipendenti tutti pienamente soddisfatti delle condizioni di lavoro, preparati e affidabili perché anche la cura e l'attenzione al personale sono principi fondamentali dettati dalla dirigenza, la quale viene ricompensata con un lavoro diligente ed efficiente. L'attenzione ai dettagli, infatti, ha fatto sì che l'azienda sia oggi una realtà sana credibile ed efficace difficilmente replicabile nelle piccole e medie industrie. Il tirocinio svolto in questa azienda, infatti, ha arricchito la mia conoscenza, non solo da un punto di vista prettamente tecnico, grazie alla vastissima gamma di impianti industriali presenti all'interno dello stabile e alle macchine a disposizione, ma anche da un punto di vista strategico infatti ho potuto intuire, grazie all'aiuto del personale, le dinamiche interne più importanti da tenere in considerazione per perfezionare il processo.

2. REPARTO COMMERCIALE E GESTIONALE

2.1. *Studio di fattibilità del prodotto*

L'intero processo produttivo inizia dall'ufficio commerciale, dove il personale cerca di acquisire nuovi clienti e di rafforzare le partnership con i clienti storici e di perfezionare tutti i processi di produzione e di compravendita. L'azienda per gestire e organizzare tutte le informazioni si serve di un software gestionale, come richiesto anche dalla normativa ISO 9001 a cui aderisce, che coordina tutte le informazioni sui prodotti, sulle vendite, sulla produzione e tutto quello che riguarda il prodotto, praticamente è una vera e propria banca dati da cui poter accingere a qualsiasi informazione di cui si abbia bisogno. Il software, che in questo caso si chiama SIINT, oltre che a tenere tutte le informazioni ben organizzate, ha lo scopo di gestire tutti gli aspetti che riguarda la compravendita l'approvvigionamento dei materiali e tutto quello di cui si debba tener conto, si può dunque affermare che questo software sia il cervello dell'azienda. Si può facilmente intuire, che per un'azienda che ha oltre cinquanta macchine che lavorano per ben 16 ore al giorno, che la mole di dati è grandissima, indispensabile e soprattutto preziosissima. Per avere una produzione remunerativa bisogna capire i costi che si affrontano quando si produce un pezzo. Si deve per prima cosa distinguere i due casi che si possono presentare: il primo è lo studio del costo di un pezzo già conosciuto e inserito nel database e quindi già collaudato mentre nel secondo caso si farà uno studio della fattibilità del prodotto molto più approfondito perché le informazioni riguardanti il pezzo non ci sono quindi si dovranno reperire da zero. I parametri principali che definiscono il costo del pezzo sono diversi, il primo da tenere in considerazione è il materiale che influenza molto il prezzo finale e i valori delle materie prime che variano continuamente. La causa delle variazioni può essere dovuta a diversi eventi, ad esempio, questo periodo è caratterizzato dalla pandemia che rende più difficile reperire il materiale con un conseguente aumento di prezzo. I materiali più altalenanti sono gli ottoni mentre per gli acciai ci sono oscillazioni meno

ampie. Per minimizzare gli sprechi quando si acquista il materiale si prende la quantità sufficiente per il lavoro, con un dovuto margine di sicurezza, perché è importante limitare il più possibile il materiale immagazzinato, poiché non è vantaggioso avere del materiale inutilizzato fermo, inoltre, il costo nel preventivo è sempre aggiornato; quindi, non si va in rimessa neanche quando la materia costa molto e in più non si rischia il deterioramento del materiale dovuto alla corrosione da parte dei agenti atmosferici esterni e oltretutto per materiali molto costosi come l'ottone o l'alluminio, c'è anche rischio di furto. Legato al materiale c'è anche la dimensione delle barre acquistate perché vanno a influire sul peso e quindi direttamente sul costo, inoltre per materiali molto costosi in relazione alla lavorazione da fare si può valutare di acquistare tubi e non barre perché essendo cavi all'interno peseranno meno; tuttavia, non è una scelta molto ricorrente perché il tubo è più difficilmente riutilizzabile; quindi, c'è il rischio che rimanga fermo a lungo in magazzino con le possibili complicazioni. In questo impianto si fanno delle lavorazioni anche molto complesse e rifinite e capita molto spesso che il cliente richieda dei trattamenti sia superficiali che termici quindi un'altra voce sui costi da tener conto è proprio l'eventuale trattamento. I trattamenti sia termici che superficiali (il più comune è la zincatura) vengono fatti da aziende esterne per poi essere ricontrollati nel reparto qualità, quindi, il trattamento comporta un prezzo maggiorato e almeno una settimana di tempo in più per la lavorazione che sono aspetti da considerare per la puntualità delle consegne. Nella lista dei costi ci sono da inserire l'imballaggio e il lavaggio. L'imballaggio non viene richiesto da tutti gli acquirenti e a volte vengono richiesti imballaggi particolari specialmente quando il pezzo è delicato, ad esempio, viene richiesta una protezione interna alla scatola per singolo pezzo spesso fatta con del polistirolo, oppure a volte i pezzi vengono semplicemente messi in delle casse sfusi, comunque il listino di questo servizio è fisso. Il lavaggio invece viene sempre fatto perché non si possono trasportare pezzi sporchi d'olio perché, essendo un fluido gravemente nocivo per l'ambiente, avrebbe bisogno di trasporti adeguati. Il controllo qualità è un costo sempre presente ma che per particolari richieste può avere un aumento. Solitamente con il controllo standard non c'è da aggiungere un surplus

rispetto al prezzo base mentre per richieste particolari come il totale controllo visivo dei pezzi, il prezzo cresce, solitamente viene fatto per pezzi di ottone e alluminio o per quelli molto delicati ed essendo un lavoro manuale c'è da considerare la tariffa oraria del personale. Questo elenco mostra i costi fissi su cui non è possibile avere grandi margini di guadagno. È importante, perciò, per avere un buon profitto lavorare sui costi variabili nei quali grazie all'esperienza del personale responsabile, alla gestione dei tempi, agli ODL perfezionati e alle tecnologie a disposizione si cerca di minimizzarli per avere un profitto migliore. È importante avere un impianto con diverse tipologie di macchine poiché permette di scegliere la più adeguata al pezzo da produrre così da sfruttare al meglio tutte le potenzialità dei macchinari. Le macchine che ci sono a disposizione in questo stabilimento si possono suddividere in due grandi tipologie: quelle ad alta produzione e quelle a medio bassa produzione. Il fattore determinante che fa scegliere una tipologia di macchina rispetto a un'altra è la dimensione del lotto, si scelgono quelle ad alta produzione, che hanno un costo orario elevato e un avviamento molto oneroso quando si hanno lotti molto grandi da produrre, così che si possano ammortizzare i costi elevati mentre per lotti medio piccoli le macchine a medio bassa produzione sono più adatte perché hanno tariffe orarie molto inferiori e tempi di avviamento molto rapidi ed economici facilmente ammortizzabili. Una differenza tra le due tipologie di macchine, non trascurabile, è la capacità di creare pezzi complessi, poiché alcune macchine ad alta produzione sono molto limitate da quel punto di vista.

2.2. Rapporto con i clienti

la politica aziendale presta molta attenzione alla fidelizzazione dei clienti perché consolidando i rapporti e mettendo al primo posto il cliente, le partnership possono proseguire e ampliare il loro raggio d'azione, inoltre, soddisfare i clienti soprattutto le aziende più influenti mette in buona luce l'azienda dando una immagine di credibilità e affidabilità. L'azienda Bucci, infatti, cerca sempre di appagare il cliente sia con pezzi conformi e di qualità, inoltre, è una precisa direttiva aziendale prendersi cura di ogni esigenza e richiesta da parte dei clienti. L'attenzione al prodotto è inevitabilmente importantissima ma facendo particolare attenzione anche alla comunicazione e ai rapporti si ottengono molti benefici. La dirigenza ha scandito le linee guida con le regole basilari per mantenere questi rapporti saldi e virtuosi. La prima di queste regole è l'attenzione, da parte del personale addetto, ad essere gentili e cortesi nei rapporti e nelle comunicazioni, poiché avere dei rapporti ben saldi e collaudati fa sì che le due parti comunichino perfettamente e riescano a risolvere tutti i problemi facilmente. La tempestività nelle risposte è anch'esso un principio su cui la dirigenza vuole che si presti molta attenzione perché essere puntuali e veloci nell'affrontare e risolvere i problemi è molto rilevante, perché fa sentire il cliente al centro ed è un concetto che sta alla base dei rapporti di fiducia più saldi e duraturi. La tempestività è importante sia per quanto riguarda i clienti già acquisiti sia per i nuovi che avranno come prima impressione un personale affidabile puntuale ed efficiente. Oltre a questi aspetti personali tra addetti, però è molto rilevante anche la puntualità nelle consegne; quindi, oltre ad avere una buona gestione dei lavori l'azienda si deve servire di vettori affidabili e precisi. Per quanto possibile, è consigliabile anche essere il più possibile flessibili, capire le urgenze è importante perché aiutare a superare momenti di difficoltà rende i rapporti ancora più forti sia da una parte che dall'altra. L'azienda aderisce alla normativa ISO 9001, che è una normativa che tocca moltissime aree, tra cui anche i rapporti con i clienti, e prevede anche che alla fine dell'anno si mandi il questionario di soddisfazione dei clienti e questo è uno strumento molto importante per avere un'idea di come si viene visti da parte del cliente, inoltre, avere un riscontro è

importantissimo per poter migliorare le eventuali lacune così da poter mantenere standard altissimi. L'adesione alla normativa ISO 9001 è un obbligo per l'azienda, perché aderendo a questa normativa il cliente sa già che l'azienda rispetta tutti gli aspetti importanti per una sana gestione.

2.3. Programmazione e gestione

Il SIINT è il software gestionale ed è importantissimo, perché grazie a questo strumento si può programmare nel modo più efficiente possibile l'ODL (ordine di lavorazione), cioè si può spostare bloccare anticipare ogni ordine che è stato depositato nel software, questo dà la possibilità di aumentare il margine di guadagno riducendo al minimo i tempi di attrezzamento, perché più i pezzi sono simili più è veloce il tempo di avviamento. Inoltre, con questo programma, avendo nel database lo storico dei prodotti trasformati si può scegliere la macchina con il tempo ciclo minore e quindi più efficiente. Il software, infatti, fa vedere tutti i lavori che hanno le macchine in coda e così si può scegliere se cambiare la lista delle posizioni ed eventualmente scambiare i lavori tra le macchine tenendo sempre conto delle date di consegna e dei possibili trattamenti che dovrà subire il pezzo. Nel momento di cambio ordine le macchine vanno attrezzate, ci vuole più o meno tempo per farlo a seconda delle tipologie. Se durante la programmazione degli ODL si mettono consecutivamente dei pezzi simili in particolare, se le barre che servono per la lavorazione hanno lo stesso diametro e sono dello stesso materiale, si recupera molto tempo per l'attrezzaggio visto che uno degli adeguamenti che necessita di più tempo è proprio il cambio del passaggio barra, con questo espediente quindi si hanno dei margini di recupero maggiori perché si perde meno tempo e inoltre si carica una volta sola il caricatore automatico. Per aver un quadro ben definito di tutte le macchine e dei lavori il SIINT, come anche altri software gestionali, offre uno strumento molto efficace che si chiama diagramma di Gantt. Questo diagramma si costruisce su due assi cartesiani e quello verticale rappresenta le

macchine mentre in quello orizzontale viene riportato il tempo. Tenendo sempre aggiornato questo grafico si hanno delle soluzioni più vantaggiose e si riduce al minimo l'errore dovuto a ordini di lavorazioni inefficienti. Operare su macchine dello stesso tipo con tempi ciclo inferiori e con un attrezzaggio ridotto al minimo indispensabile e tenendo sempre conto delle dovute scadenze fa sì che il margine di guadagno aumenti poiché aumenta l'efficienza senza aumentare i costi.

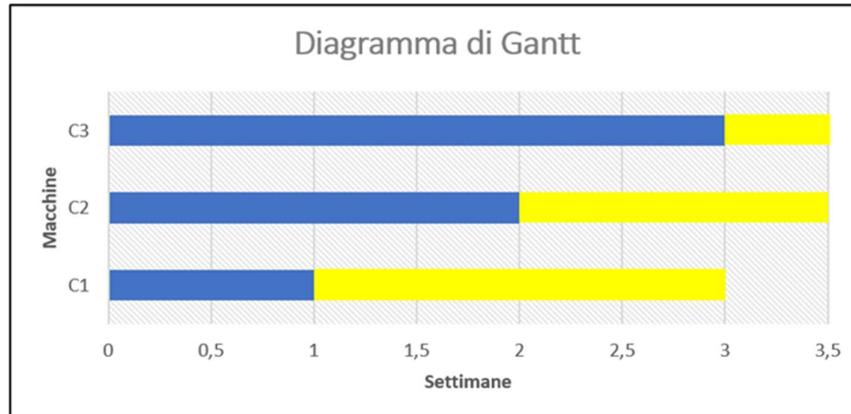


Figura 2-1 – esempio diagramma di Gantt

Questo è un esempio di come è formato un diagramma di Gantt, non si può inserire un grafico aziendale perché andrebbe a rivelare dei dati sensibili. Nelle ascisse è rappresentato il tempo mentre nelle ordinate le macchine; quindi, per ottimizzare il processo si dovrà combinare nel modo più efficiente possibile l'utilizzo delle macchine nel tempo; ad esempio, in questo caso è più vantaggioso produrre il pezzo blu nella macchina C1 perché impiega meno tempo mentre è più vantaggioso produrre il pezzo giallo nella macchina C3.

3. PRODUZIONE

3.1. *Meccanica di taglio e lavorazione per asportazione di truciolo*

L'azienda si occupa di minuterie metalliche ed è una torneria cioè trasforma le barre trafilate a freddo in pezzi finiti grazie ai torni che lavorano per asportazione di truciolo. L'asportazione di truciolo è una lavorazione che dipende dai moti relativi tra utensile e pezzo e fa sì che quando l'utensile tocca il pezzo lo modella portando via del materiale, il quale, dopo che è avvenuto il taglio viene chiamato truciolo (figura 3-1) Questa lavorazione ha molti punti di forza che la fanno preferire ad altre tipologie, la caratteristica principale è che non si riesce ad ottenere in nessun altro modo pezzi con una precisione così spinta che si attesta infatti attorno al centesimo di millimetro. Ci sono diversi tipi di torni ciascuno con le sue caratteristiche principali e ognuno è adatto a particolari richieste; quindi, si possono creare pezzi molto complessi e di qualsiasi forma, inoltre, si possono lavorare dei metalli trattati quindi molto duri (ma mai più duri degli inserti). Importante, è anche il vantaggio economico che si ha, perché se non si fanno lotti molto grandi c'è anche da considerare il basso costo della lavorazione, soprattutto per lotti medio piccoli. Però è importante tenere in conto che lo spreco del materiale è altissimo, ogni barra che viene trasformata, infatti, perde circa il 60-70 % del peso durante la trasformazione, per mantenere la precisione elevata è necessario anche un avanzamento lento quindi inevitabilmente i tempi ciclo risultano più lunghi e con un dispendio energetico alto. Per di più, va considerata anche la complessità delle macchine che richiede una manodopera ben formata e competente, perché altrimenti si può andare in contro a rotture dei macchinari per negligenza o alle non conformità dei pezzi che sono sprechi di risorse che si devono assolutamente evitare.

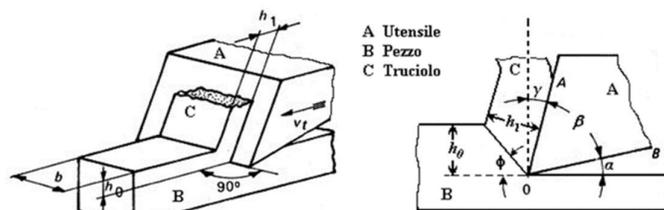


Figura 3-1 - rappresentazione pezzo truciolo utensile

3.2. *Dinamica del taglio: i moti*

Ci sono tre moti da analizzare quando si parla di asportazione di truciolo, il moto di taglio, il moto di avanzamento e il moto di lavoro. Il moto di taglio è quello che definisce la direzione la velocità del taglio, consente quindi di eseguire l'operazione vera e propria ed è la componente principale del moto relativo tra utensile e pezzo. Il moto di avanzamento è il moto di approvvigionamento di nuovo materiale da lavorare viene infatti chiamato anche moto di alimentazione. Infine, il moto di lavoro non è altro che la composizione dei due moti descritti in precedenza.

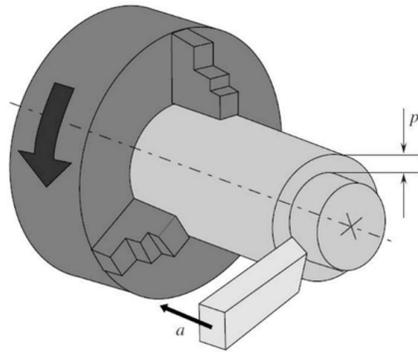


Figura 3-2 rappresentazione moti relativi utensile pezzo

3.3. *I parametri di taglio*

Per definire le operazioni di taglio è necessario specificare i parametri fondamentali ovvero: velocità di taglio velocità di avanzamento e profondità di passata. La velocità di taglio è la velocità dell'utensile o del pezzo nella direzione del taglio, si misura in [m/min] ad esempio con un moto di taglio rotatorio per calcolare la velocità si usa la seguente formula $v_t = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{10^3}$ dove v_t è la velocità periferica del moto circolare del pezzo se è una tornitura mentre se è una fresatura o alesatura dell'utensile, con D diametro del pezzo o dell'utensile in base a cosa lavora e n sono i giri al minuto. Ci sono altri parametri che influiscono sulla lavorazione come la velocità di avanzamento, che si misura in mm/min che è la velocità di avanzamento dell'utensile, l'avanzamento a che ha le dimensioni di mm/giro oppure mm/ doppio giro che è l'avanzamento dopo

uno o due giri, poi c'è la profondità di passata p misurata in mm che è lo spessore di metallo che viene asportato, misurato perpendicolarmente, nei torni longitudinali (che sono quelli presenti nello stabilimento) è calcolata come $p = \frac{(D-d)}{2}$.

3.4. *Modello a zona di deformazione*

Durante la deformazione plastica dovuta all'asportazione di truciolo si possono distinguere tre zone di deformazione chiamate primaria secondaria e terziaria (figura 3-3). La zona di deformazione primaria è inversamente proporzionale alla velocità di taglio e per le velocità comuni alla lavorazione nelle industrie si può approssimare questa zona con due rette parallele al piano di scorrimento. La zona di deformazione secondaria invece è dovuta al contatto nell'interfaccia truciolo petto questa adesione è dovuta ai moti relativi di taglio descritti prima, praticamente è causato dal truciolo che fluisce sul petto dell'utensile. La deformazione terziaria invece compare sul dorso ed è causata principalmente da un arrotondamento dell'utensile o al ritorno elastico del materiale lavorato. È molto importante operare con utensili adeguati e affilati altrimenti si va incontro a problemi durante il taglio come, ad esempio, il tagliante di riporto chiamato anche bue, che è in sostanza uno strato di materiale fortemente incrudito che si va a frapponere tra il tagliante e il truciolo che defluisce, all'altezza della zona di deformazione primaria. Il problema che causa questo accumulo di metallo molto duro è che arrivato a una dimensione critica, col il defluire del truciolo si stacca e crea dei crateri molto dannosi per l'utensile, questo problema si manifesta principalmente con velocità di taglio basse e con materiali che sono molto predisposti all'incrudimento.

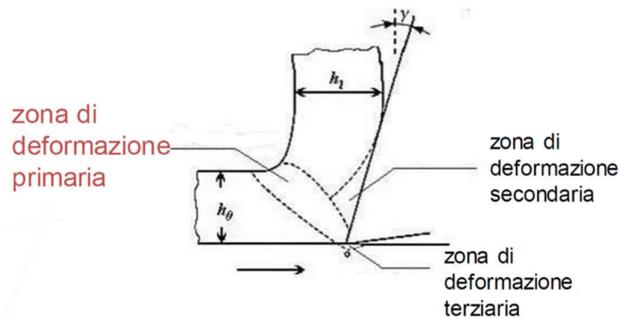


Figura 3-3 zone di deformazione

3.5. Aspetti termici del taglio

Il calore prodotto dalla lavorazione non è distribuito equamente in tutto il pezzo e sul truciolo, in più se si aumentano le velocità di taglio la maggior parte del calore tende a convergere nel truciolo. È molto importante avere una mappa delle temperature per capire come defluisce il calore per poi garantire il corretto funzionamento di tutte le macchine. Tenere sotto controllo l'energia termica prodotta durante la lavorazione è importantissimo per non intensificare l'usura degli utensili che è direttamente proporzionale con l'aumento di temperatura. Inoltre, ci sono dei fluidi di lavoro che vanno ad abbassare la temperatura in questione ma se è troppo elevata alcune tipologie di liquido rischiano addirittura di incendiarsi; quindi, anche per la sicurezza degli operatori e per il mantenimento delle macchine è importante avere un'analisi ben chiara di come si comporta l'energia termica prodotta dalla lavorazione.

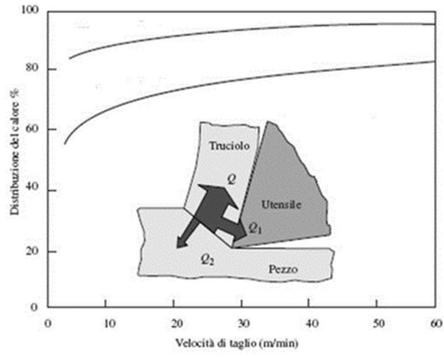


Figura 3-4 *distribuzione energia termica*

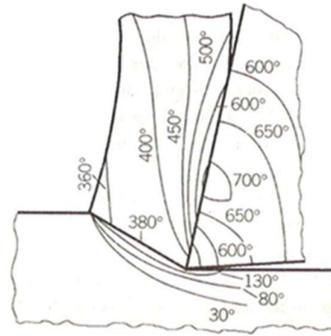


Figura 3-5 *esempio di mappatura delle temperature*

3.6. *Macchine a controllo numerico*

Per capire bene come effettuare la programmazione è necessario conoscere i funzionamenti delle macchine utensili. La macchina a controllo numerico, detta anche CN, è una macchina a produttività medio bassa molto flessibile. Nell'azienda tutte le macchine sono dotate di un optional molto importante chiamato caricatore automatico, questo strumento permette di non dover caricare le barre manualmente ed ha anche la funzione di spingerle attraverso il mandrino o testa così da far iniziare la lavorazione. La barra una volta entrata nel mandrino viene fissata con le pinze e da qui inizia la fase vera e propria di lavorazione. Parallelamente alla direzione del mandrino c'è uno strumento chiamato torretta (figura 3-7) che è la piattaforma in cui vengo inseriti gli utensili. La torretta può muoversi nelle tre direzioni e ruota attorno al proprio asse, quindi, si muove verso il pezzo a seconda della profondità di passata o della lavorazione che deve effettuare. La grande flessibilità della macchina, oltre al movimento tridimensionale delle torrette, è dovuta proprio al fatto che la torretta ruotando attorno al proprio asse possa cambiare strumento di lavoro, dalla foto (figura 3-7) si possono vedere dei numeri in prossimità della circonferenza e ognuno corrisponde a una postazione per gli utensili; quindi, una torretta può avere anche dodici utensili diversi, sono anche presenti postazioni motorizzate per lavorazioni a barra ferma come fresatura e foratura. Tutti questi movimenti sono controllati da motori elettrici quindi precisissimi, infatti, queste macchine possono rispettare delle tolleranze dimensionali e geometriche al centesimo di millimetro. Dopo essere stato lavorato il pezzo viene afferrato da una controtesta che sta allineata di fronte alla testa, e questa è mobile, cioè è lei che esce fuori e va verso il pezzo per poi gettarlo nel nastro trasportatore, il pezzo dunque è finito. Le macchine a controllo numerico più tecnologicamente avanzate hanno fino a tre torrette disposte due nel piano della testa e una nel piano della controtesta (figura 3-6) nella configurazione con tre torrette la macchina oltre a poter usare molti utensili diversi può compiere delle particolari lavorazioni anche nella parte posteriore del pezzo, dove veniva tenuto fermo dalla testa che ora è libero perché la presa della controtesta viene esercitata sulla parte lavorata del pezzo. La migliore

applicazione di questa macchina però è la possibilità di iniziare la lavorazione di un nuovo pezzo prima che finisca il pezzo già in lavorazione e facendo questa manovra si può abbattere il tempo ciclo perché si avrebbero due lavorazioni in contemporanea. Il termine esatto per questa riduzione di tempo ciclo è tempo mascherato, ovvero, è il tempo ciclo che si diminuisce facendo lavorare contemporaneamente un pezzo sulla testa e un pezzo nella controtesta. Un modo molto efficiente di lavorare che riduce il tempo ciclo in modo importante è sfruttare la lavorazione in contemporanea di tutte e tre le torrette due su un pezzo e una sull'altro; quindi, se si riesce a far coincidere le lavorazioni si abbatte il tempo ciclo. Ci sono inoltre delle macchine che hanno un braccio meccanico che prende il pezzo finito e lo trasporta a incidere nella postazione di scrittura e anche questo passaggio non influisce sul tempo ciclo sempre per il principio del tempo mascherato. Una caratteristica da non trascurare e molto vantaggiosa di questa macchina è che il tempo di attrezzaggio è molto esiguo; quindi, è molto utilizzata per piccoli medi lotti perché essendo molto veloce può cambiare rapidamente tipologia di pezzi. Mettere comunque in successione due pezzi simili ha notevoli vantaggi per quanto riguarda il tempo di attrezzamento anche per le macchine a controllo numerico perché hanno degli utensili molto ricorrenti come gli inserti triangolari che spesso non vanno neanche cambiati e quindi il tempo di attrezzaggio, che comporta la mancata produzione, è bassissimo a volte si parla anche di poche ore. La competenza dell'operatore è importantissima perché attrezzando bene la macchina con tutti gli utensili al posto giusto può diminuire notevolmente il tempo ciclo, cioè facendo in modo che quando la torretta ruota attorno al proprio asse per cambiare utensile debba fare meno corsa possibile rende più efficiente l'intera lavorazione. L'importanza di avere operatori molto competenti, attenti e esperti inoltre può evitare all'azienda molti sprechi ad esempio: se si accorge tempestivamente di un problema che può riguardare il pezzo finito o l'impostazione imprecisa del macchinario che può generare la formazione di bave o altri problemi di questo genere, può far ridurre notevolmente i pezzi da scartare e quindi limitare al minimo gli sprechi, inoltre se si accorge che la macchina lavora molto bene può provare ad aumentare i giri e la velocità

di avanzamento così che la macchina sia più produttiva o al contrario se vede che la macchina non è precisa come dovrebbe, ad esempio se le barre utilizzate presentano delle curvature è necessario rallentare sia i giri che l'avanzamento per ottenere comunque il pezzo conforme. C'è anche da considerare la variabilità del materiale perché quando si acquista, si cerca di acquistare sempre il prodotto con rapporti di qualità prezzo più elevati possibile però nonostante la ricerca dei migliori fornitori la composizione è definita da range di percentuali di elementi chimici che danno le diverse caratteristiche al materiale quindi se si trova una composizione con valori estremali delle percentuali si possono avere materiali nominalmente uguali ma con caratteristiche leggermente diverse uno dall'altro e quindi l'operatore deve prestare particolare attenzione, anche perché un materiale più duro comporta una maggiore usura dell'utensile che, se non sostituito, causa una non conformità nel pezzo finito.



Figura 3-6
configurazione tre torrette



Figura 3-7
torretta con utensili

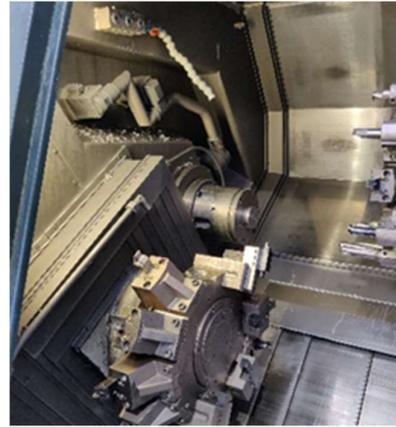


Figura 3-8
configurazione due torrette

3.7. *Fantine a testa mobile*

La fantina a testa mobile è una macchina che ha diversi aspetti in comune con la tipologia di macchina vista prima ma ha delle potenzialità molto più elevate su alcuni tipi di prodotti. Si chiama fantina a testa mobile perché il nome deriva dal fatto che la testa si muove, a differenza delle altre macchine a disposizione nello stabile. In sostanza il mandrino o testa va in precarica, quindi, fissa la barra e avanza portandola nella postazione dove avviene il lavoro. Si vede infatti nella (figura 3-10) che dietro il punto in cui viene effettuata la lavorazione c'è un mandrino mobile che si muove avanti e indietro e che fa avanzare la barra, si nota anche che c'è una striscia millimetrata che ci fa capire l'escursione della testa. Questa macchina è dotata molto spesso, in azienda quasi tutte le macchine a fantina mobile ne sono munite, di una bussola (figura 3-11) questo strumento serve per tenere la barra ben fissa e stabile e questo è importantissimo per i tipi di commesse che lavora. Analizzando propriamente come lavora la macchina, si nota che a differenza delle controllo numerico qui non si ha una torretta bensì una rastrelliera che tiene gli utensili. Si vede dalla figura (3-9) che gli utensili sono numerati e attaccati a questa rastrelliera che si muove in due direzioni più precisamente si può dire che si muove sul piano da cui esce la barra. Una volta uscita la barra gli utensili nella rastrelliera si avvicinano e compiono la lavorazione poi il mandrino torna indietro e per poi avanzare di nuovo e iniziare la seconda asportazione e così via. La particolarità di questa lavorazione è che è continua su tutto il pezzo si fanno passate su tutta la lunghezza del pezzo. Finita la lavorazione, chiamata primaria, esce la controtesta ed afferra il pezzo per poi metterlo nel nastro trasportatore, oppure si vedono degli utensili (figura 3-9) alla sinistra del mandrino che possono servire a compiere le ultime rifiniture o lavorazioni posteriori per poi essere comunque messi nel nastro trasportatore. Le lavorazioni fatte con il pezzo fissato nella controtesta sono molto piccole perché il pezzo non riuscirebbe a sopportare lavorazioni importanti senza andare incontro a fenomeni di vibrazione e instabilità elastica che rovinerebbe il pezzo. In questa azienda si sfrutta questa macchina per la sua pertinenza a lavorare pezzi lunghi e sottili. Le lavorazioni vengono effettuate in prossimità della bussola dove il

pezzo è sempre ben saldo e siccome il movimento di alimentazione viene fatto dal mandrino la lavorazione è sempre vicinissima alla bussola rendendo questa macchina molto adatta per questa tipologia di pezzi. Con questa macchina non si può sfruttare in modo rilevante il principio del tempo mascherato perché le lavorazioni più importanti non possono essere effettuate dalla controtesta, si cerca comunque di sfruttarlo il più possibile per abbassare il tempo ciclo. La fantina a testa mobile è una macchina abbastanza veloce perché lavorando barre molto piccole, qui viene usata con un passaggio barra di massimo di 32 mm di diametro, l'asportazione di truciolo è minima quindi sono macchine abbastanza veloci a differenza, ad esempio delle macchine a controllo numerico che arrivano ad avere un passaggio barra fino a 75 mm. Un potenziale inconveniente a cui spesso si va incontro è che le barre molto sottili tendenzialmente possono essere soggette a curvature e questo è un problema perché la fantina mobile lavora spesso con velocità di rotazione elevate e quindi si va incontro a vibrazioni intense, che causerebbero oltre a un inquinamento acustico molto forte la mancata riuscita del pezzo e potrebbero compromettere anche l'integrità strutturale del macchinario, per far fronte a questo problema si devono abbassare le velocità con un inevitabile calo del rendimento. Nei manuali della macchina, infatti c'è scritto che sarebbe opportuno che lavorasse con delle barre rettificate, in questo modo in linea teorica si avrebbe un rendimento altissimo ma il problema è che le barre già rettificate oltre che essere difficilmente reperibili, sono molto costose quindi mettendo a confronto i pro e i contro non si sceglie quasi mai di comprare barre già rettificate perché anche se si avranno dei rendimenti molto alti ma non si riuscirebbe comunque ad ammortizzare i costi sostenuti con l'incremento del rendimento. Le fantine a testa mobile hanno in comune anche un'altra importante caratteristica con le macchine a controllo numerico cioè il ridotto tempo di attrezzaggio, infatti anche la fantina si può attrezzare nell'ordine di un paio di ore, se poi si mettono in successione dei pezzi molto simili soprattutto con le barre di uguali dimensioni allora il tempo di attrezzaggio diminuisce ulteriormente, infatti anche qui una delle operazioni più dispendiose in termini di tempo è proprio il cambio del passaggio barra perché poi in questo caso c'è

anche la bussola da cambiare. Questa caratteristica insieme a quella dell'elevata velocità di rotazione fa sì che la macchina sia particolarmente adatta a lotti piccoli per la rapidità di attrezzaggio ma anche a lotti medi per la velocità di rotazione e avanzamento mediamente il tempo ciclo di una fantina si attesta attorno a 20-30 secondi dipende però sempre dalla complessità del pezzo e dalla dimensione, in generale posso dire che è una macchina più veloce di una controllo numerico. La fantina a testa mobile inoltre è una macchina che riesce a fare pezzi anche abbastanza complessi perché come si può ben vedere sulla rastrelliera ci posso inserire fino a 12 utensili in più ne ho fino a 5 per le lavorazioni minori posteriori quindi si riesce ad arrivare a un buon grado di complessità.



Figura 3-9
*rastrelliera e utensili per
lavorazioni posteriori*



Figura 3-10
mandrino mobile



Figura 3-11
bussola

3.8. *Macchine multi-mandrino meccanico*

Questa è la macchina più complessa ed efficiente che ha a disposizione l'azienda, è capace infatti di creare pezzi con un tempo ciclo ridottissimo nell'ordine dei 10 secondi generalmente, ma può scendere anche a 5-6 secondi se si usa la tecnica del doppio pezzo. La grande differenza con le altre macchine a disposizione è che questa non usa motorini elettrici per i movimenti degli utensili si dice infatti che ha dei movimenti meccanici o a "tuffo". Per capire il funzionamento della macchina occorre iniziare a parlare delle parti che la compongono. La macchina studiata ha 8 mandrini, ma in commercio se ne trovano da 6 fino a 12, e l'altissima produttività è data dal fatto che questi lavorano in contemporanea. I mandrini sono alloggiati in un tamburo di ghisa, davanti a ogni mandrino c'è una postazione di lavoro che ha due carri in cui sono inseriti gli utensili, unica eccezione è la postazione 1 nella quale c'è solo il fermo barra. Gli utensili davanti alle postazioni sono inseriti nei carri che sono di due tipologie, c'è il carro frontale e il carro laterale. Come accennato in precedenza questo macchinario non ha motorini elettrici ed encoder che regolano il movimento, ma sono tutti movimenti meccanici detti a "tuffo" perché quando la macchina lavora gli utensili vanno verso il pezzo contemporaneamente come se ci si tuffassero. I movimenti meccanici degli utensili sono regolati dalle camme e contro-camme che fanno scendere i carri e li fanno ritirare, ci sono quattro alberi porta-camme in cui vanno inserite le camme due nella parte posteriore che regolano i movimenti longitudinali e due posti più avanti che regolano i movimenti dei carri radiali. Il movimento è dato da un unico motore elettrico che mette in rotazione tutti i componenti e grazie a un sistema di ingranaggi e giunti trasferisce il moto ovunque negli alberi nel tamburo nei mandrini. Per far sì che la macchina funzioni perfettamente quindi c'è bisogno di un sincronismo perfetto tra tutti i componenti. A seconda del pezzo da realizzare le camme poste sugli alberi vanno cambiate poiché non hanno elasticità di movimento, cioè con una camma c'è solo un movimento disponibile di una determinata lunghezza. Il funzionamento della macchina si può spiegare come una lavorazione per tappe definite dalle postazioni. La lavorazione, infatti, inizia con l'uscita della barra nella postazione 1

dove è presente il fermo-barra, questo strumento è indispensabile perché la macchina non è provvista di encoder controllati dal computer. Uscita la barra e fermata c'è quello che si chiama il movimento rapido che è la traslazione del tamburo che fa scorrere la postazione al mandrino, quindi, dopo la prima traslazione rapida il mandrino 1 sarà nella postazione 2 e così via. A partire dalla seconda postazione inizia la lavorazione vera e propria cioè nel pezzo di barra uscito si andranno a tuffare i primi due utensili che compiranno la prima lavorazione, contemporaneamente uscirà dalla prima postazione una nuova barra da lavorare. Finito questo step c'è di nuovo la rotazione del tamburo che porterà il mandrino 1 nella postazione 3 il mandrino 2 nella postazione 2 e ci sarà il mandrino 3 che farà uscire un'altra barra. A regime tutte le postazioni lavoreranno simultaneamente e per questo i tempi ciclo di questa macchina sono bassissimi, perché sfrutta al massimo il tempo mascherato. La traslazione del tamburo viene effettuata tramite una croce di malta che quando è finita la lavorazione ha il suo movimento rapido. Si può ben capire che un perfetto sincronismo è indispensabile. Essendo una macchina molto complessa l'attrezzaggio è estremamente più lungo delle macchine a controllo numerico o delle fantine mobili, poiché normalmente ci vogliono 2-3 giorni. Ogni volta, infatti, che si attrezza bisogna far sì che ci siano tutte le camme giuste per il movimento di cui necessita il pezzo oltre che a cambiare gli utensili. Dalla figura si vedono anche delle strisce millimetriche poste sul braccio delle camme, questi bracci si possono regolare entro un certo range così quando l'operatore attrezza la macchina se la differenza di movimento è poca e rientra nel range, è possibile che non ci sia bisogno di cambiare l'intera camma ma di regolare quella presente risparmiando così del tempo per l'avviamento. La macchina deve lavorare perciò con lotti molto grandi per giustificare gli alti costi dell'attrezzaggio e inoltre ha dei limiti per quanto riguarda la complessità del pezzo. I movimenti meccanici non controllati elettronicamente sono limitanti per quanto riguarda la complessità del prezzo e inoltre anche la precisione non è massima. Il punto di forza della macchina, quindi, è l'altissima produttività anche se con dei opportuni accessori si possono creare dei pezzi più complessi. Nella figura (3-13), infatti, ci sono degli ingranaggi sulla parte

posteriore che sono collegati ai carri che hanno la possibilità di effettuare delle lavorazioni con utensili in rotazione. Questo è possibile perché questa macchina ha una frizione che ferma il mandrino e quindi l'utensile può svolgere il suo lavoro a barra ferma, ad esempio alesature e fresature. Finita la lavorazione la frizione si stacca e fa ripartire il moto del mandrino, in queste macchine la velocità di rotazione di tutti i mandrini è la stessa. Il mandrino quindi o ha la stessa velocità di tutti gli altri o sta fermo se entra in funzione la frizione. Dalla figura (3-13) si vedono dei fori sul retro della macchina aperta, quelli servono per posizionare degli ingranaggi che mettono in rotazione gli utensili nei rispettivi carri; quindi, ogni foro è collegato a un carro. Alcune macchine come optional hanno anche una controtesta situata davanti alla postazione 1 che prende il pezzo e compie una lavorazione posteriore molto rapida e semplice, questa lavorazione non può essere complessa perché ha pochissimo tempo per essere effettuata visto che la contro testa prende il pezzo torna dietro, scende il carro, va avanti e avviene la lavorazione posteriore e lascia il pezzo nel nastro trasportatore cioè effettua un doppio movimento. Per aumentare ulteriormente la produttività si può utilizzare la tecnica del doppio avanzamento, cioè la barra fa una doppia escursione sufficiente per due pezzi e nel caso di una macchina a 8 mandrini le prime tre lavorazioni lavorano metà pezzo nella quarta postazione viene tagliato a metà, poi le restanti postazioni lavorano la seconda metà del pezzo così con un giro intero di tamburo si producono due pezzi e non più uno solo, questa tecnica dimezza il tempo ciclo ma si può utilizzare raramente e solo per pezzi molto semplici.



Figura 3-12
multi-mandrino in funzione



Figura 3-13
sistema di trasmissione del moto per carri longitudinali



Figura 3-14
camme e controcamme

3.9. *Macchine a multi-mandrino a controllo numerico*

Questa è la macchina più all'avanguardia che è a disposizione dell'azienda perché offre la produttività della macchina a multi-mandrino e l'accuratezza e la flessibilità delle macchine a controllo numerico. Anche questa ha i mandrini inseriti in un tamburo che ruota e il processo di lavorazione è lo stesso della multi-mandrino cioè davanti a ogni mandrino c'è una postazione di lavoro. Analogamente alla multi-mandrino questa macchina ha delle postazioni con utensili con due carri in cui vengono effettuate le lavorazioni. La differenza che c'è tra queste due macchine, infatti, è solo il controllo computerizzato di tutti i movimenti e della strumentazione. La differenza più rilevanti, infatti, è che la macchina non opera con un movimento meccanico bensì ha delle vere e proprie mini-torrette con gli utensili inseriti come nelle macchine a controllo numerico. Per una questione di spazio le torrette sono molto più piccole e con meno strumenti perché non sarebbe possibile altrimenti. La flessibilità della macchina risiede appunto nel controllo centralizzato perché a differenza dell'altra si può controllare tutti i movimenti elettronicamente quindi si può compiere una gamma di lavorazioni più complesse. Ad esempio, a differenza dell'altra in cui per praticare un foro si poteva solamente fermare la barra, con questa macchina si possono effettuare dei fori o delle fresature orientate, operazione impossibile nell'altro macchinario. Inoltre, con questa tecnologia si può scegliere il numero di giri del singolo mandrino così da avere la velocità perfetta per ogni lavorazione. Il tempo ciclo a causa di questi movimenti controllati ne risente, e aumenta lievemente, ma la precisione e la flessibilità sono notevolmente maggiori. Questa macchina però ha un costo orario molto elevato e la sua complessità fa sì che per l'attrezzaggio ci voglia molto tempo quindi i lotti che andrà a lavorare devono essere sufficientemente grandi. Le macchine multi-mandrino a controllo numerico sono quindi la perfetta soluzione per ottenere quantità e qualità, sono macchine con un livello tecnologico elevatissimo, in azienda sono a disposizione 4 macchine di quel tipo e sono sempre costantemente in funzione perché non hanno problemi per trasformare quasi la totalità dei pezzi con tempi cicli bassi e con qualità ottima, queste però sono macchine molto molto costose e quindi va prestata moltissima

attenzione alla manutenzione e le condizioni di lavoro devono essere sempre il più possibile ottimali.

3.10. Elettroerosione

L'elettroerosione è una lavorazione che permette di effettuare dei tagli su materiali conduttori. Questa tecnica di lavorazione non convenzionale permette alla macchina di tagliare i metalli molto duri senza utilizzare inserti più duri del metallo che va a lavorare. Con questa macchina si possono effettuare forme molto complesse non realizzabili con lavorazioni convenzionali. Ha bisogno di un tempo più lungo per la lavorazione rispetto alle altre macchine ma per gli scopi per cui si usa non è un problema. La macchina per l'elettroerosione che ha a disposizione questa azienda è molto avanzata perché ha un optional chiamato rifinitore che per effettuare un taglio preciso fa 4 passate, parte dalla sgrossatura per poi arrivare a rifinire sempre di più il taglio; arrivando a livelli di rugosità molto buoni fino a una Ra0,2. Il funzionamento vero e proprio consiste nell'avvicinare l'utensile da taglio (o elettrodo) al pezzo da tagliare, il tutto avviene all'interno di un dielettrico liquido, quando l'elettrodo è abbastanza vicino al pezzo, avendo due cariche diverse, rompe il dielettrico e inizia a generare una corrente. Gli elettroni iniziano a creare un flusso di plasma detto arco che fonde il pezzo nell'immediata vicinanza, l'utensile quindi non tocca mai il pezzo altrimenti si salderebbero. Le scariche elettriche, quindi, alimentano questo flusso di elettroni che tagliano il pezzo. L'utensile da taglio è un filo sottilissimo di lega di rame che scorre continuamente per evitarne la rottura. Il materiale di scarto è composto da dei granelli che sono lasciati in sospensione nel liquido e vengono poi raccolti e buttati. Questo macchinario lavora in sinergia con le altre macchine che sono presenti nell'azienda soprattutto con le multi-mandrino. La capacità di tagliare in maniera precisa e complessa i materiali più duri fa sì che con questa macchina si possano creare degli utensili sagomati (figura 3-16). Producendo degli utensili su misura si può far

fare alla macchina, con una sola passata, dei profili che altrimenti avrebbero richiesto più passate. Il materiale che solitamente si lavora è il widia, un metallo molto duro usato per gli inserti. Facendo quindi collaborare la macchina per l'elettroerosione e la multi-mandrino posso creare dei pezzi più complessi poiché la sola passata di un inserto sagomato può essere l'equivalente di più lavorazioni separate. Con questo metodo è anche più facile fare i cicli a doppio pezzo nelle multi-mandrino. La macchina non è necessaria in sé per sé alla produzione perché gli inserti si trovano facilmente in commercio, e hanno anche dei trattamenti che ne migliorano le prestazioni. Tuttavia, avere questo strumento permette di avere sempre l'utensile su misura per qualsiasi pezzo si vada a lavorare inoltre è sempre disponibile e pronto in poche ore e soprattutto a bassissimo costo. Il disegno dell'utensile viene fatto dai tecnici interni, quindi, non bisogna reperire solo il materiale per avere un utensile personalizzato. Questa macchina ha lo scopo quindi di migliorare ulteriormente l'efficienza delle altre macchine che producono i pezzi.

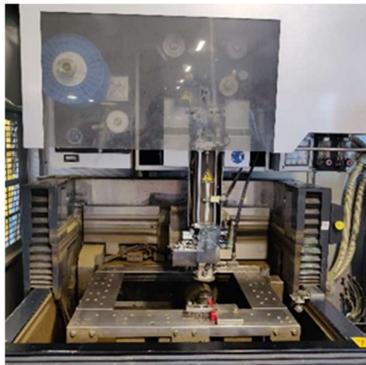


Figura 3-15

macchina per l'elettroerosione



Figura 3-16

esempio di utensili sagomati

3.11. Liquido lubrorefrigerante

Le macchine utensili descritte per funzionare hanno la necessità di avere un apporto continuo di una copiosa quantità di liquido lubrorefrigerante. Il nome già dice quali sono le funzioni principali che va a svolgere, ovvero asportazione di calore e protezione dall'usura e inoltre aiuta moltissimo anche all'evacuazione del truciolo. Esistono diversi tipi di fluidi e ognuno è adatto a particolari tipologie di esigenze, i principali fattori di cui si deve tenere conto nella scelta del liquido sono la velocità di taglio, la pressione dell'utensile contro il pezzo e anche il calore generato a causa dell'attrito. Scegliere il liquido appropriato per il tipo di macchina materiale e lavorazione è fondamentale perché altrimenti si hanno altissime probabilità di andare incontro a gravosi problemi come il surriscaldamento dell'utensile che provoca una usura notevolmente più accentuata e l'accumulo di bavetta sul tagliente che può causare una lavorazione inadeguata e che può portare anche alla rottura dell'utensile. Il fluido che veniva usato maggiormente è l'olio intero minerale che ha un'ottima funzione lubrificante ma è un pessimo refrigerante. Questo fluido, perciò, è diventato presto obsoleto perché con l'avanzare della tecnologia le macchine tendono ad avere velocità di taglio sempre più elevate con una produzione più elevata di calore, quindi risulta sempre meno adatto. L'olio minerale intero, infatti, ha un punto di infiammabilità di circa 150° quindi molto basso per il campo di applicazione e di conseguenza pericoloso, perché si possono innescare incendi, inoltre, tende ad evaporare quando raggiunge alte temperature quindi questo fenomeno fa sì che l'aria che si respira attorno alla macchina sia impura e anche la zona circostante sia molto unta oltretutto a causa dell'evaporazione è necessario effettuare dei rabbocchi molto più frequenti con un maggiore consumo di olio. L'olio intero minerale, quindi, è diventato presto obsoleto ed è stato rimpiazzato dall'olio intero sintetico che è migliore anche dal punto di vista ecologico perché è derivato da fonti rinnovabili e non da derivati del petrolio. Questo olio ha un punto di infiammabilità molto più elevato quindi dal punto di vista della sicurezza è un notevole upgrade e visto che resiste meglio alle alte temperature ha una minore tendenza all'evaporazione quindi la zona circostante è più salubre e si risolve

anche il problema dell'alta frequenza di rabbocco. In alternativa agli olii interi che garantiscono una buonissima lubrificazione ma una scarsa asportazione di calore, ci sono le emulsioni che sono una miscela al 5-8% di sostanze oleose e che hanno come punto di forza la refrigerazione ma una minore lubrificazione. In questo caso il punto di infiammabilità è praticamente irraggiungibile poiché le emulsioni sono composte per la maggior parte da acqua e quindi sono molto sicure per quanto riguarda la possibilità di incendio, inoltre, le zone circostanti sono molto più pulite. Il problema di queste emulsioni però è dovuto al basso contenuto di componenti oleose il che comporta una scarsa lubrificazione; infatti, anche le macchine ne risentono per quanto riguarda la durata vera e propria non solo dell'utensile ma anche della macchina stessa, una macchina che lavora con emulsioni; infatti, dopo circa dieci anni perde quasi tutto il suo valore residuo perché si logora moltissimo poiché oltre agli sforzi continui dovuti a una resistenza maggiore si ossidano anche molti componenti. In questa azienda si usano le emulsioni solo sulle macchine a controllo numerico perché lavorano con elevatissime velocità di rotazione, oltre i 2.500 giri al minuto, e c'è un'importante asportazione di truciolo, poiché si hanno dei passaggi barra che possono superare i 70 millimetri, quindi di conseguenza una produzione di calore molto elevata. Con l'emulsione quindi si riesce a sfruttare tutto il potenziale delle macchine a controllo numerico anche se si ha un'usura della macchina elevata. L'olio intero non minerale si usa nelle altre macchine invece, anche nelle fantine mobili. Le fantine mobili hanno delle velocità di rotazione molto elevate ma non producono un eccessivo calore perché la quantità di truciolo asportato non è grandissima visto che lavorano con barre sottili; quindi, si può lavorare con olio intero in modo sicuro e preservando la macchina. La multi-mandrino è adatta per lavorare anche barre abbastanza grandi quindi con una considerevole asportazione di truciolo, ma in questo caso è possibile utilizzare olio intero perché la velocità di rotazione non è elevata poiché girando contemporaneamente otto mandrini si andrebbe incontro a problemi dovuti alle vibrazioni, ci sarebbe un inquinamento acustico molto intenso e quindi molto dannoso per l'operatore e inoltre il pezzo potrebbe non essere conforme. Il numero di giri non

elevato che si attesta attorno ai 1700-1800 fa sì che nonostante l'asportazione importante non ci sia grandissima produzione di calore rendendo adatto l'olio per questa macchina. Altro aspetto da tenere in considerazione è che l'olio come detto prima preserva la macchina quindi con macchinari molto costosi come questi è veramente molto importante curarle il più possibile. Sulla DAS macchina a multi-mandrino a controllo numerico vale lo stesso identico principio ed è particolarmente necessario fare attenzione a preservare la macchina poiché queste hanno un costo elevatissimo. In questo stabilimento c'è un impianto di refrigerazione dell'olio che permette di rifornire le macchine con olio fresco aiutandole così all'asportazione del calore, con questo impianto quindi si riesce a massimizzare l'uso dell'olio intero non minerale.

3.12. Smaltimento rottami e olii esausti

Le lavorazioni per asportazione di truciolo producono una grandissima quantità di rottami (trucioli e spezzoni) basti pensare che generalmente quando viene lavorata, la barra perde circa il 70 % del peso durante la lavorazione, quindi, è facilmente intuibile che è indispensabile gestire bene i rottami prodotti. I rottami si distinguono in due categorie, quelli puliti e quelli sporchi di olio. Le macchine che lavorano a emulsione producono un truciolo già pulito quindi non serve il passaggio in centrifuga per recuperare l'olio. Queste macchine producono molto truciolo per singolo pezzo perché compiono lavorazioni complesse anche su barre di grandi diametri ma hanno un solo mandrino quindi il tempo ciclo è spesso molto elevato e la raccolta del truciolo viene effettuata tramite grandi carrelli che vengono manualmente trasportati e poi caricati dal carrello elevatore nei container. Le fantine mobili a differenza delle macchine a controllo numerico lavorano ad olio quindi il truciolo è molto unto e sporco all'uscita della macchina e prima di essere caricato nel container deve essere centrifugato. La centrifuga installata in questo stabilimento è un macchinario importantissimo perché

permette oltre che di recuperare l'olio intrappolato nei rottami, anche di rivendere in sicurezza il materiale di scarto prodotto dalle macchine che lavorano a olio, questo recupero è molto importante perché fa sì che ci sia un guadagno anche nei materiali di scarto. Il riciclo dei materiali è fondamentale per un risparmio maggiore in termini economici e per la salvaguardia dell'ambiente. Anche nelle fantine mobili la produzione di truciolo è modesta perché oltre ad essere una macchina a un solo mandrino c'è anche da considerare il fatto che le barre che lavora non sono di grandi dimensioni. Le macchine ad alta produttività invece hanno un enorme quantità di truciolo da espellere quindi non è molto efficace farlo trasportare da operatori anche perché la posizione delle macchine è svantaggiosa in questo stabilimento e quindi è stato installato un sistema molto avanzato di trasporto del truciolo. Nelle macchine a multi-mandrino è installata una vaschetta che raccoglie il truciolo prodotto, questa vasca è dotata di una griglia all'imbocco per bloccare il truciolo lungo, non adatto al trasporto nelle tubature, sul fondo della vaschetta c'è una coclea che raccoglie il truciolo che viene aspirato e sparato nella centrifuga, per poi essere pulito e raccolto nei silos tutto automaticamente. C'è un sistema centralizzato che opera anch'esso servendosi di un diagramma di Gantt che organizza il recupero dei trucioli di tutte le macchine. Questo sistema oltre che raccogliere il truciolo lo smista negli appositi silos perché vengono raccolti per tipo di materiale. I silos e i container hanno la stessa funzione l'unica differenza è che nei silos è tutto automatizzato quindi tutte le operazioni sono più veloci come lo scarico, perché non c'è bisogno del camion con il ragno che lo svuota come per i container ma viene aperto da dei martinetti idraulici che fanno scivolare tutto all'interno del cassone del camion. Gli spezzoni invece vengono venduti a parte perché hanno un valore maggiore del truciolo vero e proprio quindi differenziandoli si ha un maggior recupero. Le aziende di cui si serve la Bucci s.r.l. per smaltire i rottami e i fluidi di lavorazione sono aziende certificate e anch'esse aderiscono alla normativa ISO 9001, queste certificazioni sono indispensabili perché i materiali di scarto sono molto inquinanti e possono creare gravissimi danni all'ambiente, per questo è necessario servirsi di aziende che offrono servizi certificati.



Figura 3-17 *centrifuga
automatica*



Figura 3-18 *silos automatico per
rottami*



Figura 3-19 *estrazione rottami da
container*

3.13. Usura degli utensili

L'usura causata dalla lavorazione sull'utensile avviene per un'asportazione del materiale dalla sua superficie, che lo logora e che va prontamente sostituito per evitare danni al pezzo alla macchina e per garantire quindi una corretta lavorazione. Ci sono diversi fattori che causano l'asportazione del materiale dall'utensile, la causa principale è dovuta all'usura per abrasione che viene prodotta dallo strisciamento dell'utensile sul metallo da lavorare e si evidenzia principalmente nel punto di contatto tra utensile e pezzo. L'usura dell'utensile è anche causata dall'adesione che dipende dalle forti pressioni di contatto e le alte temperature che creano delle vere e proprie microsaldature che con il fluire del truciolo vengono strappate causando un'asportazione di materiale, questo tipo di usura è localizzata nel petto dove scorre il truciolo. Esiste poi l'usura per diffusione dovuta alla mutua solubilità dei materiali innescata dalle alte temperature e provoca una vera e propria migrazione di atomi nell'interfaccia utensile truciolo. Date le elevate temperature che sono in gioco a contatto con l'ossigeno si creano degli ossidi che vengono poi portati via dal truciolo per sfregamento, solitamente per andare incontro a questo fenomeno gli inserti sono trattati per evitare il più possibile la solubilità. Quando si compiono delle lavorazioni interrotte come la fresatura con

continue variazioni di forze e temperature è molto probabile imbattersi nell'usura per fatica termomeccanica, che provoca nel peggiore dei casi la formazione di cricche che espandendosi andranno a rompere l'utensile. Se la macchina non è ben calibrata invece e non si hanno parametri di lavorazione adeguati si può manifestare una scheggiatura dovuta alle pressioni troppo elevate o a urti, in questo caso l'utensile è danneggiato e va prontamente sostituito. L'aspetto termico durante il taglio è molto importante perché se non si ha una refrigerazione sufficiente all'inserto, per quanto duro, a causa della temperatura troppo elevata, può ridursi la sua tensione e andare incontro a una deformazione plastica, che rovina il pezzo irrimediabilmente e andrà poi sostituito. È quindi importante che l'operatore sia sempre ben attento al pezzo in uscita così da intervenire prontamente quando uno di questi fenomeni rende l'utensile inutilizzabile.



Figura 3-20
inserto nuovo



Figura 3-21
zone d'usura

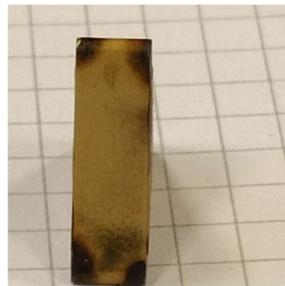


Figura 3-22
*vista laterale di zone
usurate*



Figura 3-23
labbro d'usura

3.13.1. Affilatura utensili

In questa azienda sono presenti due macchine affilatrici che si differenziano tra loro per la dimensione degli utensili che riescono ad affilare. Questa macchina è semplice, viene indicato nel computer l'utensile che si deve affilare e i vari parametri come il materiale dell'utensile o quanto si vuol rendere affilato l'inserto in base al metallo che andrà a lavorare. L'utensile viene posizionato manualmente, fissato bene e poi la macchina con la levigatrice adatta all'operazione inizia a limare l'utensile. Una volta finito si avrà un utensile affilato che svolgerà perfettamente il proprio lavoro. Per la

maggioranza dei casi si affilano le punte rotanti, generalmente gli inserti si buttano perché sono difficilmente recuperabili. Questo passaggio che sembra banale allunga notevolmente la vita dell'utensile e lo fa lavorare sempre perfettamente facendo risparmiare all'azienda il costo di nuove punte e inoltre garantisce una pregiatissima lavorazione essendo sempre adeguatamente affilato.

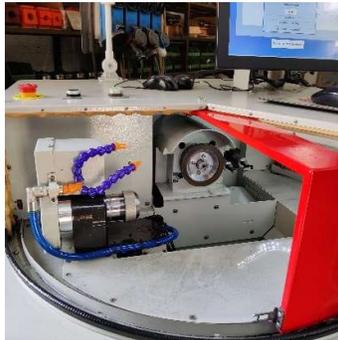


Figura 3-24 *affilatrice*

4. REPARTO QUALITÀ

4.1. *Qualità in entrata*

Il reparto qualità gestisce tutti i controlli qualitativi che vengono effettuati e per una azienda che punta fortemente sulla qualità del prodotto è necessario, per mantenere il target dei clienti acquisiti durante gli anni, che questo reparto funzioni in modo impeccabile. L'azienda ha a disposizione per i controlli moltissime macchine all'avanguardia. L'inizio del processo di trasformazione inizia con l'approvvigionamento del materiale, essendo una torneria in cui sono presenti solo macchine tornitrici che producono i pezzi, il materiale che arriva sono delle barre trafilate a freddo. Le barre possono essere di varie dimensioni materiali a seconda del pezzo che si deve trasformare. Il materiale che arriva è certificato dal produttore ma si hanno due diversi tipi di certificazione. Il certificato standard chiamato anche 2.2 fornisce le specifiche dell'intera colata quindi si conoscono le percentuali dei materiali fusi che vanno a comporre le barre. In certi settori il cliente chiede maggiori informazioni sulle barre che poi l'azienda andrà a lavorare, questo avviene perché il pezzo che si andrà a comporre dovrà essere inserito in meccanismi in cui è importantissimo rispettare fedelmente tutte le caratteristiche nominali del progetto e spesso questo accade per pezzi che vengono utilizzati nel settore automobilistico. In questo caso l'azienda non potendo garantire le proprietà meccaniche con il certificato 2.2 ricorre alla certificazione 3.1.. Questa certificazione oltre a specificare le quantità dei materiali con le rispettive percentuali danno anche al compratore una certificazione sulle proprietà meccaniche delle barre acquistate, questa documentazione ha un costo maggiore che influirà sul prezzo del prodotto. Questi certificati però non bastano, quando arrivano fisicamente le barre e vengono scaricate nel magazzino vengono controllate visivamente dagli operatori per accertare che non siano curve, soprattutto

quelle con un diametro piccolo e inoltre vengono verificati i diametri. Certamente il controllo finale non ha una precisione estrema ma può evitare degli errori grossolani e inoltre, quando le barre sono fortemente incurvate si evita all'azienda di accettare delle barre non conformi. L'approvvigionamento delle barre però non è l'unica entrata di prodotti che ha l'azienda. Per soddisfare appieno i clienti l'azienda vende sempre il prodotto finito ma spesso accade che il prodotto debba subire dei trattamenti (superficiali o termici) che vengono effettuati da altre aziende quindi l'azienda spedisce pezzi controllati dimensionalmente e geometricamente pronti per subire dei trattamenti e una volta ripresi i pezzi trattati vanno ricontrollati seguendo un procedimento ben definito a seconda anche dell'affidabilità del fornitore. Accade inoltre a volte che l'azienda sia sommersa da ordini e quindi tutte le macchine lavorano a pieno regime senza spazio per altri lavori, ad esempio nei periodi di ripresa economica, e per non perdere la clientela si cerca di ottimizzare il più possibile il processo produttivo come visto nel reparto gestionale ma a volte è necessario ricorre a tornerie esterne per la lavorazione dei pezzi. Per affidarsi a tornerie esterne si deve conoscere bene l'impianto e le macchine che le terze parti hanno a disposizione per affidargli i pezzi più adeguati alle loro potenzialità e per rispecchiare il livello di qualità della Bucci s.r.l.. Quindi sia per i trattamenti che per i pezzi fatti da terzi l'azienda fa dei controlli con le macchine che ha a disposizione e assegna un parametro che rappresenta il grado di affidabilità del fornitore, questo parametro o indice si chiama IQF (indice di qualità del fornitore). Questo indice è frutto di diversi fattori basati sui controlli effettuati per lavori precedenti ed è inversamente proporzionale ai controlli che si dovranno fare sull'intero lotto. Un fornitore con un IQF superiore al 96 % è un fornitore che dà garanzie di conformità di prodotto quindi si potranno anche effettuare dei controlli ridotti. Invece quando l'indice scende sotto il valore soglia del 96% si dovranno effettuare dei controlli standard perché è più probabile che l'azienda fornitrice non rispetti le specifiche richieste.

4.2. *Qualità in uscita*

La qualità è un punto di forza per l'azienda, ma non basta avere delle macchine all'avanguardia bisogna anche avere delle strumentazioni accurate che permettono di accertare effettivamente che la macchina lavori nel modo giusto e che produca un pezzo adeguato e conforme alla richiesta. L'azienda ha a disposizione diverse macchine per far sì che tutto questo processo di controllo sia veloce ed efficace. Per ogni pezzo, infatti, viene stipulato un protocollo di controllo dai tecnici che garantisce il più possibile la conformità di tutti i pezzi del lotto. La linea guida che l'azienda ritiene efficace è quella di fare delle misurazioni di controllo all'ultimo pezzo di ogni micro-lotto. La macchina quando produce espelle i pezzi vanno in un raccoglitore più o meno grande chiamato micro-lotto, l'insieme di tutti i micro-lotti comporranno alla fine il lotto vero e proprio. Questi controlli periodici sono importanti perché garantiscono che la macchina lavori bene e non ci sia bisogno di apportare delle ricalibragezioni o delle modifiche sulla lavorazione vera e propria. La strategia del micro-lotto oltre che affidabile dal punto di vista dimensionale è anche un processo che fa percepire in tempi relativamente brevi se la macchina ha dei problemi. In sostanza si può affermare che se ogni pezzo finale del micro-lotto è conforme allora con ottima probabilità anche tutti gli altri pezzi che compongono sono uguali, quindi conformi. Le macchine che si hanno a disposizione per effettuare questi controlli sono la Cmm Zeiss e la Hommel Contour C305 inoltre è presente anche la macchina per il controllo del lucido e il profilometro. Queste macchine sono complementari cioè per avere una misurazione perfetta e completa vanno usate sfruttando i punti di forza di ognuna. Per garantire misure affidabili le macchine vengono calibrate periodicamente dal SIT che è l'ente ufficiale nazionale per le calibragezioni come anche specificato dalla normativa ISO 9001. Le misurazioni che vanno effettuate sono per garantire la conformità che richiede il cliente e sul disegno sono tutte presenti. La tolleranza è concettualmente il margine di errore che una determinata misura può avere. Esistono due tipi di errori a cui posso andare incontro ovvero errori geometrici ed errori dimensionali. Gli errori geometrici sono gli errori sulla forma del pezzo e sono controllati quando ho delle tolleranze geometriche

come, ad esempio, concentricità o conicità mentre quando si ha una richiesta di tolleranza dimensionale si devono controllare le misurazioni delle dimensioni effettive del pezzo come la lunghezza o il diametro.

4.2.1. Cmm Zeiss

Questa macchina è la più tecnologica che l'azienda ha a disposizione, ce ne sono due nello stabilimento, così da effettuare senza attese le misure richieste. Questa macchina è costituita da un pesante basamento che assorbe bene le vibrazioni e dà stabilità. La struttura della macchina è composta da un arco, anch'esso molto solido, che permette alla testa di muoversi nelle tre dimensioni ed effettuare le misurazioni. Si vede dalla figura (4-2) il set di punte sul retro che la macchina cambia automaticamente durante la misurazione a seconda di quelle che sono richieste. La macchina è completamente automatizzata e viene gestita da un software che, una volta impostato il pezzo da misurare, fa partire la misurazione e rilascia un resoconto dettagliato sulle misure effettuate. La macchina effettua le misurazioni per contatto, ogni testa che ha a disposizione la macchina ha delle punte molto sensibili solitamente in rubino che vanno a contatto con il pezzo ed effettuano le misurazioni. La macchina è molto precisa e affidabile e ha una vasta gamma di misurazioni da poter fare ma ha dei limiti strutturali che le impediscono di effettuare certe misurazioni, ad esempio, all'interno di pezzi con piccoli diametri. Tuttavia, questa macchina è molto usata perché può controllare in maniera molto precisa le tolleranze geometriche, cosa che le altre macchine non garantiscono in modo del tutto soddisfacente.

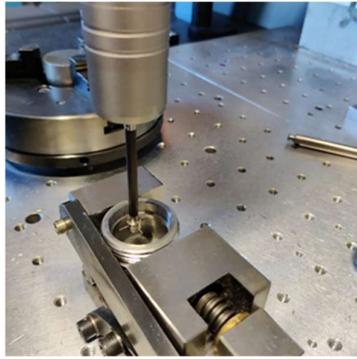


Figura 4-1 *Cmm Zeiss durante la misurazione*



Figura 4-2 *Cmm Zeiss*

4.2.2. *Hommel Contour C305*

Questa macchina invece è particolarmente adatta per misurazioni esterne del pezzo, è composta da due perni che fissano il componente da misurare e che vanno cambiate a seconda del pezzo che si deve misurare. Il componente da misurare deve essere ben fissato perché la misurazione viene effettuata quando il pezzo è in movimento. La macchina una volta fissato il pezzo lo mette in rotazione e viene fatta una scansione ottica. Finita la misurazione si ha il resoconto di tutte le misurazioni effettuate su un pc. Questa macchina è molto veloce ma permette di controllare le misure esterne del pezzo. È particolarmente adatta al controllo delle tolleranze dimensionali esterne.



Figura 4-3 *Hommel Contour C305*

4.2.3. Controllo per lucidi

Questo metodo è meno tecnologico degli altri ma comunque molto efficace. Ci sono anche qui come con le altre due macchine due postazioni per poter effettuare questo tipo di controllo. Il processo qui è più lungo perché si deve prendere il pezzo e farne una “fettina” con una sega particolare a due lame (figura 4-6), questa sezione andrà poi posizionata sul proiettore della macchina a lucido (figura 4-4). Il lucido invece è un ingrandimento del disegno della parte che si va a controllare stampato su una carta lucida così che si possa vedere l’ombra della fettina che sta sotto. Infatti, questa macchina proietta su uno schermo l’immagine ingrandita di dieci volte della fettina così sovrapponendo il lucido si può controllare se il profilo è adeguato. Inoltre, si può anche effettuare delle semplici misurazioni poiché la macchina è collegata a uno strumento elettronico che misura la distanza tra i due punti scelti dall’operatore. Quindi questa macchina è ottima per i profili interni ma sono misurazioni che vengono effettuate da un occhio umano, quindi, è probabile che la precisione non sia così elevata come nelle altre macchine automatiche.



Figura 4-4 *macchina confronto
lucido*

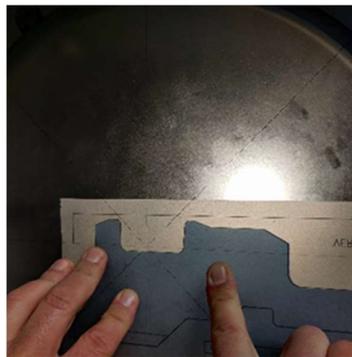


Figura 4-5 *controllo profilo con
lucido*



Figura 4-6 *sega a due lame per la
sezione*

4.2.4. Profilometro rugosimetro

Questa non è uno strumento a cui si fa troppo affidamento, perché spesso le stesse misurazioni si possono effettuare con le altre due macchine automatiche che garantiscono un'accuratezza migliore con tempi minori. A volte però a causa dei limiti strutturali delle macchine automatiche si ricorre al profilometro. In questo caso viene fatta una sezione dell'intero pezzo che viene poi fissato su una morsa. La misura viene effettuata da una punta attaccata a una barretta che la sostiene che avanza toccando il pezzo su tutta la lunghezza che si vuole misurare. Anche questo strumento lavora per contatto e una volta effettuata la misurazione manda il resoconto sul computer collegato. Tutti i parametri di cui ha bisogno la macchina per la misurazione come, ad esempio, la velocità di avanzamento o la frequenza di misurazione vengono settati tramite il software del computer che controlla la macchina. Equipaggiando il profilometro con punte adeguate si possono effettuare delle misurazioni di rugosità e questa versatilità spesso è molto vantaggiosa.

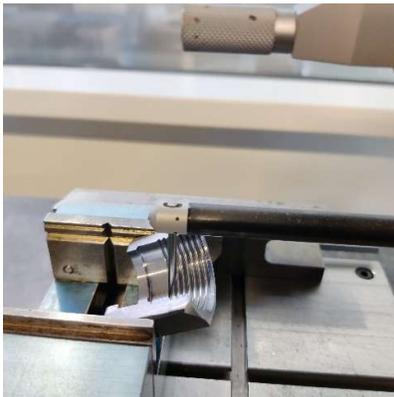


Figura 4-7 *profilometro*

4.2.5. Controllo statistico delle misure

Ci sono alcuni settori in cui la precisione necessaria è elevatissima, soprattutto nel settore automobilistico, che è quello che generalmente richiede questo tipo di prerequisito. Per avere una garanzia migliore della conformità dei pezzi quindi i clienti richiedono il controllo statistico della macchina. Partendo dal principio che i pezzi che vengono fatti sono tutti diversi l'uno dall'altro e che non si riuscirà mai a crearne due perfettamente identici, anche se la macchina che lo trasforma è perfettamente collaudata e lavora nelle stesse identiche condizioni. Si ricorre quindi al CP e al CPK che sono due indici, che al di sopra dei quali, il valore richiesto ha la garanzia che il 99,97% dei pezzi che escono siano conformi. Per ricavare questi parametri si effettua una misurazione della stessa misura di un lotto composto da 50 o 60 pezzi consecutivi, quindi, dopo la misurazione vengono analizzati statisticamente i risultati trovati. Con questi dati si crea una campana di gauss e da quella si estrapolano i vari fattori che vanno a definire gli indici. I dati di cui si ha bisogno sono: la \bar{x} media che rappresenta la media aritmetica dei valori delle misurazioni, la deviazione standard che misura di quanto i valori si discostano dalla media aritmetica, cioè all'apertura della campana e

si calcola con questa formula $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$ dove la x_i sono le misurazioni

effettuate che vengono inserite nella sommatoria. Si va poi a calcolare il valore massimo superiore (USL) e il valore massimo inferiore (LSL). Con questi dati si può già ricavare il CP perché è definito come: $c_p = \frac{USL-L}{6\sigma}$, questo indice valuta quanto sia precisa la macchina che si utilizza; quindi, più è elevato più è precisa la macchina.

Ultimo parametro che si va a calcolare è il CPK e questo dà la misura di quanto è centrata, rispetto alle tolleranze, la macchina che crea il pezzo e si calcola $CPK = \min$

$(c_{pi}; c_{ps})$ dove $c_{ps} = \frac{USL - \bar{x}_i}{3\sigma}$ e $c_{pi} = \frac{\bar{x}_i - LSL}{3\sigma}$. Grazie a questi indici così calcolati si ha

la certezza statistica che al 99,97% i pezzi che vengono lavorati su quella macchina abbiano la stessa misura. Quindi i clienti che richiedono questo tipo di controllo

chiedono una deviazione standard sufficientemente bassa e un CP e un CPK elevato così, se soddisfatti questi parametri, avranno la certezza di avere la precisione richiesta.

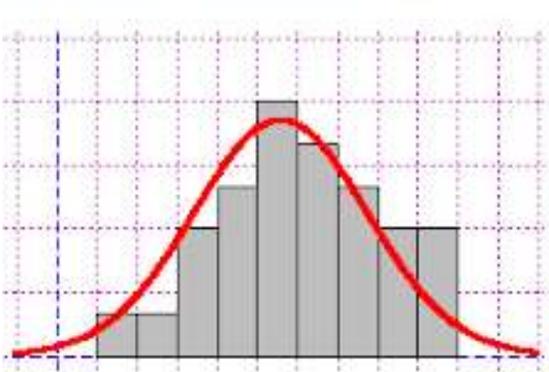


Figura 4-8 esempio di campana di Gauss

5. STRATEGIE DI OTTIMIZZAZIONE

Dopo un'attenta analisi del processo produttivo di un'azienda così ben collaudata negli anni come quella presa in esame è complicato, ma molto stimolante, pensare a dei metodi per renderla ancora più efficiente. Basandomi perciò sulle conoscenze e nozioni apprese durante il percorso di studi, dalle ricerche effettuate nei vari testi di meccanica e dalla preziosissima esperienza maturata durante il tirocinio proverò ad esporre quelli che sono i punti su cui l'azienda potrebbe lavorare per migliorare il suo rendimento globale così da consolidare e magari a incrementare la competitività nel mercato. Il principio che sta alla base dell'ottimizzazione è semplice, ma difficile da attuare, si tratta infatti di cercare di abbattere i costi o di aumentare i ricavi così da poter offrire prodotti di altissima qualità a prezzi vantaggiosi. Il processo di miglioramento si potrebbe suddividere in tre macroaree: quella che riguarda la **produzione**, quella che riguarda la **parte commerciale e gestionale** e quella che riguarda il **personale**.

1) La prima proposta di miglioramento riguarda proprio la **produzione**, in particolare, è importante mantenere il più possibile alto il valore e l'appetibilità dei macchinari che sono a disposizione dell'azienda e recuperare spazi utili all'interno dello stabile:

- Essere maniacali nelle *manutenzioni e cercare di usurare al minimo le macchine*, ad esempio sfruttando il più possibile fluidi che preservano le macchine utensili, è fondamentale perché se le macchine sono appetibili sul mercato dell'usato si possono facilmente rivendere e grazie al loro valore residuo con dei investimenti esigui si possono aggiornare anno dopo anno le macchine e gli impianti industriali. Avere delle macchine sempre più performanti e tecnologiche permette dunque di abbassare il costo della produzione ed evitare le manutenzioni straordinarie che hanno una maggior incidenza nelle macchine più datate, bisogna comunque tenere sempre conto degli ammortamenti, perché se si investe troppo, i costi di produzione saranno minori, ma gli ammortamenti potranno risultare troppo onerosi. Il processo di aggiornamento tecnologico

potrebbe essere un'arma vincente perché si avranno degli ammortamenti costanti e poco incisivi e un parco macchine efficiente, inoltre, se le macchine sono nuove è più probabile che non vadano incontro a rotture e quindi a sospensioni della produzione. Questo principio non riguarda solamente le macchine utensili ma anche gli impianti industriali al servizio della produzione.

- Oltre al rinnovamento tecnologico costante, un'altra piccola miglioria che si potrebbe attuare è il miglioramento del *layout dei macchinari e del magazzino prodotti e materie prime*. La configurazione attuale infatti lascia inutilizzato, o meglio, non completamente sfruttata l'intera metratura dello stabile. Infatti, durante il tirocinio l'azienda ha installato un magazzino verticale automatizzato che sfrutta in modo più opportuno lo spazio e protegge in modo più adeguato le materie prime. Con questo rimedio, infatti, si è recuperato dello spazio importante, prima adibito al magazzino a terra, per installare nuovi strumenti o implementare ulteriormente il parco macchine. Così facendo si sfrutta di più lo spazio a disposizione, ad esempio, lo spazio recuperato può essere utilizzato per adibire un'altra area per permettere una piccola pausa al personale durante il turno di lavoro, perché è importante che gli operatori siano sempre concentrati e attivi durante la lavorazione così che possano rendere al meglio; oppure lo spazio ripreso potrebbe essere sfruttato per altri scopi, ad esempio per l'ottimizzazione della gestione rottami, che fa parte della proposta successiva.

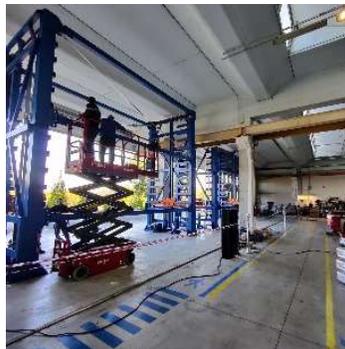


Figura 5-1 *magazzino automatizzato in fase di installazione*

- 2) Per quanto riguarda il **reparto commerciale e gestionale**, anch'esso già notevolmente efficiente, gli spunti che potrebbero procurare dei vantaggi sono principalmente due:
- Uno sfruttamento più incisivo del *mercato dei rottami* potrebbe essere fonte di un migliore margine di guadagno. Durante la lavorazione, infatti, la barra perde generalmente il 60-70 % del peso e questo materiale di scarto va rivenduto. Facendo attenzione quindi alla vendita dei materiali di scarto soprattutto per i più pregiati è possibile avere un maggiore margine di recupero. Nello specifico l'ottone è il materiale più costoso che l'azienda tratta, inoltre ha un costo sul mercato molto più altalenante rispetto a degli acciai più comuni. Sfruttando queste proprietà quindi, si potrebbe stoccare il rottame prodotto dall'ottone, ad esempio, tramite una pressa idraulica si potrebbe compattare il materiale (grazie anche alla sua morbidezza), stoccarlo in dei pallet e attendere il momento migliore per venderlo.
 - Di conseguenza il secondo spunto riguarda proprio il *tipo di clientela*. Visto il livello tecnologico dell'azienda che le permette di lavorare praticamente qualsiasi pezzo e vista la concorrenza per lotti molto grandi di pezzi semplici, si potrebbe indirizzare su clientele più esigenti dal punto di vista qualitativo, specialmente quelli che trattano dei materiali pregiati. Rimane comunque da tenere in considerazione che è importantissimo avere dei clienti diversificati perché specializzarsi solo su un tipo di mercato non è sicuro, poiché se ci fosse una crisi in quel settore si andrebbe incontro a gravi perdite. L'azienda, dunque, dovrebbe ricercare dei clienti che lavorano dei materiali molto pregiati per poter sfruttare maggiormente il mercato del rottame ma deve comunque mantenere sempre i clienti più datati che sono quelli che le garantiscono lavoro e stabilità. Con l'aumentare degli ordini però è possibile imbattersi in un intasamento delle commesse. Perciò per risolvere questo problema, si può pensare di sfruttare delle tornerie esterne, commissionando i pezzi più semplici adatti alle potenzialità di queste aziende meno strutturate, di cui ci si serve. Sicuramente il margine di

guadagno di quei pezzi sarà minimo, ma l'azienda dovrà solamente accertarsi della conformità del prodotto finale. Servendosi di aziende più piccole con macchinari meno all'avanguardia per piccoli lotti, il costo che servirà per produrre il pezzo sarà inevitabilmente più basso e sfruttando questa opportunità entrambe le parti avranno dei vantaggi.

Le proposte riguardanti queste due macroaree sono mirate ad aumentare i guadagni dovuti alla produzione mantenendo quasi inalterati i costi, quindi, avendo dei margini migliori, l'azienda potrà incrementare la sua competitività nel mercato poiché il prezzo dei singoli pezzi potrebbero essere più bassi senza compromettere l'aspetto qualitativo.

3) Per quanto riguarda il **personale** la proposta è molto semplice, ovvero è quella di investire sulla *formazione dei dipendenti* soprattutto quelli che operano con macchine utensili complesse. La formazione degli operatori è un investimento che sicuramente porterà dei benefici sul rendimento della produzione, infatti, sarebbe opportuno proporre dei corsi di aggiornamento periodici, magari facoltativi per non sembrare troppo oppressivi e retribuiti per incentivare la partecipazione. Questo è importante perché le macchine con cui ognuno di loro si confronta ogni giorno sono molto complesse ed è quindi molto difficile che le si conosca appieno. Con dei corsi di aggiornamento o di formazione vera e propria si potrebbe magari far capire e fissare dei concetti che applicati al lavoro di tutti i giorni avrebbe sicuramente dei risultati virtuosi in termini di efficienza. La complessità delle macchine a disposizione non dovrebbe essere un limite ma un'opportunità, perché tanto più le macchine sono complesse tanto più sono le possibilità di applicazione. Il vantaggio quindi che porterebbe una formazione mirata sulle macchine a disposizione potrebbe essere, ad esempio, una maggior autonomia dei singoli operatori nella risoluzione di problemi, perché durante il turno accade spesso che operatori nuovi e meno esperti chiedano informazioni ai capireparto o a operatori più esperti. Questa non è una perdita di tempo, perché chiedere informazioni e imparare non lo è mai, però se venisse fatto in altri momenti con calma e più tempo a disposizione per le spiegazioni verrebbe,

sicuramente, metabolizzato meglio e non inciderebbe sulla produzione. Inoltre, capire come funziona come lavora e come è composta una macchina potrebbe far intuire delle migliorie all'operatore che poi potranno essere valiate dal capireparto o dal responsabile della produzione e se valida, essere messa in atto, così da migliorare il processo. Un altro vantaggio potrebbe essere l'interscambiabilità degli operatori. In questo periodo storico il vantaggio che porterebbe la flessibilità degli operatori a lavorare su più tipi di macchine è lampante poiché se un addetto di un reparto risultasse positivo al Covid-19, obbligherebbe altri del suo reparto con cui è venuto a contatto a fare la quarantena e si avrebbe una carenza di personale; quindi, se si avessero più persone competenti che li potessero sostituire grazie anche a dei turni straordinari, si potrebbe riuscire a non far fermare la produzione. Inoltre, potrebbe essere stimolante per gli operatori cambiare reparto di tanto in tanto così che possano essere più motivati.

Nonostante, quindi, l'azienda presa in esame sia molto ben collaudata e funzionante, poiché è in espansione sia di dimensioni sia di fatturato da quando è stata aperta, come ogni altra azienda può essere migliorata. Le idee e gli spunti individuati che mirano al miglioramento della produzione e dei ricavi potrebbero consolidare la forte competitività già acquisita e aumentarla ulteriormente.

6. CONCLUSIONE

L'ispirazione per lo sviluppo di questo lavoro è arrivata durante il periodo di tirocinio durante l'analisi del funzionamento delle macchine e dello studio delle mansioni di ogni dipendente. È stato molto interessante cercare di capire le dinamiche interne ed esterne che ci sono attorno al processo produttivo del settore delle minuterie metalliche. Dopo aver analizzato perciò ogni aspetto dell'impresa ho pensato che fosse molto stimolante cercare di capire come migliorare un sistema così ben collaudato. Perciò ho voluto mettere insieme le nozioni e le conoscenze dovute al percorso di studi alla praticità e concretezza vista in azienda per provare a sviluppare dei metodi e delle teorie per cercare di ottimizzare l'intero processo. È stato quindi molto interessante lo studio e l'analisi di una realtà aziendale rapportata alla ricerca nei testi di possibili strategie. Durante lo svolgimento di questo elaborato quindi, grazie alla ricerca e all'esperienza maturata, ho potuto comprendere come è organizzata e strutturata un'azienda, quali sono gli aspetti più importanti e i problemi più comuni da dover affrontare. Concludo dicendo che tutto ciò mi è stato utile per poter proiettarmi verso il mondo del lavoro con una maggior consapevolezza di quello che dovrò affrontare.

Ringraziamenti

Vorrei ringraziare, in primis, il mio relatore il professor Forcellese Archimede, per la sua disponibilità e per i suoi preziosi consigli, i quali, mi hanno permesso di sviluppare questa tesi, per me molto interessante e stimolante. Ringrazio inoltre la mia famiglia e la mia ragazza per il sostegno dato durante tutto il percorso di studi, non privo di ostacoli e difficoltà. Vorrei menzionare anche i miei amici più stretti e colleghi di università che mi hanno dato sollievo e spensieratezza durante i periodi più duri e stressanti. Infine, vorrei ringraziare me stesso, perché grazie alla mia tenacia e ambizione sono riuscito a raggiungere questo traguardo, molto importante, che mi rende orgoglioso e fiero di me stesso.

Bibliografia

- F. Gabrielli, R. Ippolito, F. Micari, *Analisi e tecnologia delle lavorazioni meccaniche*, McGraw-Hill, 2008.
- DE FELICE S.P.I., *Disegno progettazione e organizzazione industriale*, Voll. 1° e 2°, Calderini Milano, 2004.
- MICHELETTI G.F., *Tecnologia meccanica*, Utet, Torino, 1968.
- SECCIANI A. -Villani G., *Produzione metalmeccanica*, Cappelli Editore, Bologna, 2000.
- TSCHATSCH H., *Manuale lavorazione per deformazione*, Tecniche Nuove, Milano.
- ZOMPI' A. -Levi R., *Tecnologia Meccanica*, Utet, Torino, 2001.
- ANDREINI A., *manuale dell'ingegnere meccanico*, Hoepli, Milano, 2005.

Sitografia

- <https://www.buccimec.com/home.php?h=1>
- <https://www.bigliaspa.it/>
- <https://www.techmec.it/tornio-a-fantina-mobile/>
- <https://www.tajmac-zps.cz/mori-say-620ac-it>
- <https://www.schuetze.de/it/>
- <https://it.wikipedia.org/wiki/Lubrorefrigerante>
- <http://www.siderrottami.it/>
- <https://www.carbonaftaecologia.com/it/home>