



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

Industrializzazione di componenti meccanici
industrialization of mechanical components

TESI DI LAUREA

Relatore:

Ch.mo Prof. *Archimede Forcellese*

Candidato:

Jagdish Mei

matricola: 1090933

Correlatore:

Ing. *Alessio Vita*

A.A. 2020/2021

RINGRAZIAMENTI

Un sentito grazie a tutte le persone che mi hanno permesso di arrivare fin qui e di portare a termine questo lavoro di Tesi.

In primis, un ringraziamento speciale al mio relatore Forcellese Archimede e al mio correlatore Vita Alessio per la loro infinita disponibilità e tempestività ad ogni mia richiesta. Grazie per avermi fornito ogni materiale utile alla stesura dell'elaborato.

Un ringraziamento speciale va al mio Tutor aziendale Fabbri Marco, che mi ha guidato e supervisionato durante il periodo di tirocinio formativo della durata di 3 mesi presso Azienda Biesse S.p.A. di Pesaro.

Ringrazio tutto lo staff dell'ufficio tecnico dell'azienda che mi ha ospitato.

Ringrazio di cuore i miei genitori. Grazie per essere sempre stati accanto, con l'infinita pazienza che li contraddistingue, e per avermi sempre sostenuto e permesso di portare a termine gli studi universitari.

Ringrazio mia sorella Premila e alla sua piccola bimba di 2 anni Francesca che hanno contribuito a non rendere monotone le tante giornate di questo lungo periodo di pandemia. Grazie per saper strapparmi sempre un sorriso!

Ringrazio la mia collega di corso Tatiana che ha condiviso con me gioie e fatiche di questa Magistrale.

Ringrazio i miei amici Michele, Tom e Talo che sono sempre stati presenti e di supporto nei momenti di difficoltà, ma anche di avermi saputo regalare tanti momenti di gioia e spensieratezza.

Grazie infinite a tutti voi.

INDICE

INTRODUZIONE	3
1. CICLO DI VITA DEL PRODOTTO	1
1.1 introduzione	1
1.2 FASI DEL CICLO DI SVILUPPO DEL PRODOTTO	2
1.3 CONCURRENT ENGINEERING (CE)	3
2. PROCESSI DI LAVORAZIONE	5
2.1 Introduzione	5
2.2 FONDERIA	7
2.3 LAVORAZIONI PER ASPORTAZIONE DI TRUCIOLO	16
3. INDUSTRIALIZZAZIONE (TIROCINIO)	21
3.1 introduzione	21
3.2 BIESSE	21
3.3 STRUMENTO DI LAVORO	22
3.4 COMPONENTI DEI GRUPPI FUNZIONALI PRINCIPALI DELLA MACCHINA	23
3.5 SCELTA TECNOLOGIA ALTERNATIVA	33
3.6 PROGETTAZIONE DEI GREZZI DI FUSIONE E FINITI	35
3.7 CONFRONTO E ANALISI TRA I COSTI DEI PEZZI ORIGINALI (BREMA) E I COSTI DEI FINITI INDUSTRIALIZZATI OTTENUTI PER FUSIONE	53
4. CONCLUSIONI	57
APPENDICI	59
Indice delle figure	80
Indice delle tabelle	84
bibliografia e sitografia	85

INTRODUZIONE

Obiettivo principale di questa tesi è dare una descrizione del lavoro di industrializzazione di componenti meccanici di gruppi funzionali; in particolare si è valutato se sia conveniente o meno produrre per fusione alcuni componenti. Tale lavoro è stato svolto presso azienda Biesse di Pesaro.

Nel primo capitolo si descrive in modo generale il ciclo di vita del prodotto, in particolare le fasi che precedono la produzione.

Nel secondo capitolo si descrivono i principali processi produttivi, in particolare la fonderia poiché è stata utilizzata nel lavoro di industrializzazione e una descrizione non dettagliata del processo di lavorazione per asportazione di truciolo.

Nel terzo capitolo si descrivono le varie fasi del lavoro di industrializzazione e infine nel quarto capitolo sono riportati i risultati del lavoro svolto.

1. CICLO DI VITA DEL PRODOTTO

1.1 introduzione

Un'azienda è un insieme di attività che si susseguono con lo stesso obiettivo: la creazione di valore. Il valore viene generato dalla differenza tra i profitti, che si cerca di massimizzare, e i costi, che si cerca di averli il più basso possibile.

Nel tempo il modo di creare valore, quindi di essere competitivo nel mercato, è cambiato nel tempo. Si è passati dagli anni '80-90 con una produzione di massa, quindi cercando di produrre tanti pezzi al costo più basso, grazie all'automazione di fabbrica agli ultimi 20 anni con una strategia di riduzione del time to market, cioè ridurre il tempo che intercorre tra ideazione di un prodotto e la sua messa in commercio, e una maggiore diversificazione dei prodotti in modo da andare più incontro possibile alle esigenze dei diversi clienti.

Il ciclo di vita del prodotto è definito come l'insieme di quelle attività che parte dalla fase iniziale di concepimento di un'idea fino alla fase finale di eliminazione, dismissione e riciclo.

All'interno è inserito il ciclo di **sviluppo del prodotto** che rappresenta l'insieme delle attività che un'impresa compie per ideare, progettare, produrre e commercializzare un prodotto.

1.2 FASI DEL CICLO DI SVILUPPO DEL PRODOTTO

Oggi il successo di un'azienda dipende dalla sua capacità di identificare i bisogni dei consumatori e saperli soddisfare in tempi brevi e a costi contenuti.

Fase di ideazione

Lo sviluppo di un nuovo prodotto può partire da un'analisi di mercato, da un confronto con la concorrenza, dalla direzione ricerca e sviluppo. In questa fase si raccolgono le richieste e le preferenze di utente target.

La fase successiva è la fase concettuale attraverso la quale si definiscono il principio di funzionamento, i vincoli, le specifiche del prodotto che riflettono i bisogni dei clienti, le specifiche che differenziano il prodotto dalla concorrenza e lo rendono tecnicamente ed economicamente realizzabile, infatti si cerca di avere la massima semplicità dei componenti, facilità di montaggio e il minor numero di parti.

L'idea iniziale viene rifinita, analizzata e migliorata fino a realizzare una soluzione concettuale preliminare, spesso tramite uno schizzo.

Fase di ingegnerizzazione

Dopo di che si può partire con la fase di ingegnerizzazione definendo l'architettura, le specifiche funzionali di ciascun componente o assieme e la scelta di geometrie, materiali e componenti standardizzati.

In questa fase si utilizzano anche sistemi di simulazione virtuale in grado di analizzare il comportamento strutturale, cinetico e dinamico. Alla fine di tale fase si realizza la documentazione tecnica finale formata da una serie di disegni di complessivi e particolare che identificano in modo completo le forme, gli errori ammissibili.

Fase di industrializzazione

Avuti i disegni tecnici si può passare alla fase di industrializzazione, rappresenta il ponte di collegamento tra l'area progettuale e l'area della produzione.

Obiettivo di tale fase è capire se i requisiti geometrici e funzionali del progetto possano essere soddisfatti dal processo produttivo in modo da ottenere la più alta qualità e precisione al minor costo possibile.

Dopo quest'ultima fase, molte volte viene lanciata una preserie (un piccolo lotto di prodotto) con lo scopo di testare le funzionalità e valutare nuove richieste di modifiche.

Ad oggi la gestione e lo scambio delle informazioni in tutte queste fasi avviene secondo un approccio simultaneo (chiamato anche concurrent engineering).

1.3 CONCURRENT ENGINEERING (CE)

Termine che è stato coniato nel 1980. È una nuova forma di organizzazione in cui le fasi del ciclo sviluppo del prodotto non sono viste in rigida successione l'una rispetto l'altra (approccio tradizionale), ma operano in parallelo e si ha un coinvolgimento sinergico di tutte le competenze aziendali fin dalla fase di ideazione.

La premessa di base è che tutti gli elementi di un prodotto del ciclo di vita, dalla funzionalità, producibilità, montaggio, testabilità, problemi di manutenzione, l'impatto ambientale e, infine, smaltimento e riciclaggio, dovrebbero essere presi in attenta considerazione nelle fasi iniziali della progettazione. [1]

Questo approccio implica un numero elevato di modifiche nelle prime fasi della progettazione che vanno via via a diminuire con il progredire delle attività. Quando poi si arriva alla fase di produzione le modifiche sono pressoché nulle, poiché si sono già anticipate tutte le problematiche che riguardano il ciclo di vita del prodotto.

Quindi è vero che si ha un aumento di costi di progettazione, poiché più complessa, ma si riesce a ridurre di una quantità superiore i costi di produzione che porta come risultato finale ad un costo complessivo del prodotto inferiore rispetto ad un approccio sequenziale, poiché il costo delle modifiche è tanto più alto quanto più tardi si fanno, soprattutto quando si arriva alla fase di produzione.

Ciò che abbiamo detto lo si può vedere nelle due figure seguenti:

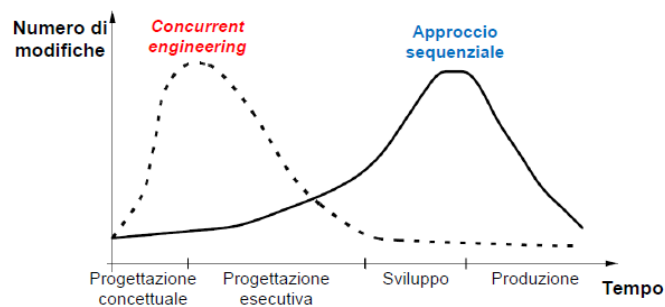


Figura 1- confronto qualitativo tra approccio simultaneo (linea tratteggiata) e quello sequenziale (linea continua). ASCISSE->TEMPO (abbiamo tutta la progettazione che si divide: in progettazione in fase concettuale, fase esecutiva e fase di sviluppo del progetto e poi si passa alla produzione; ORDINATA->NUMERO DELLE MODIFICHE;

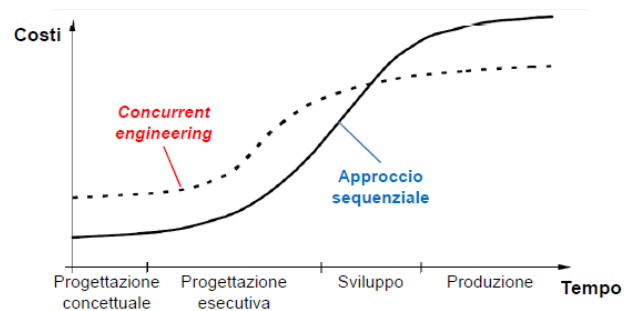


Figura 2 -L'EVOLUZIONE qualitativa DEI COSTI in funzione del tempo.

Quindi con un approccio simultaneo (la linea tratteggiata) mi dice che: è vero che complico la progettazione, facendone aumentare il costo (rispetto all'approccio sequenziale) →MA LA COSA IMPORTANTE è che alla fine quando sono in produzione → i costi sono più bassi rispetto con l'approccio sequenziale (linea continua)

Quindi questa strategia comporta altri vantaggi:

- Riduzione dei tempi di sviluppo del prodotto (riduzione time to market) e quindi può portare ad una più alta produttività;
- Migliore qualità dei prodotti;
- Una riduzione di scarti e rilavorazioni.

2. PROCESSI DI LAVORAZIONE

2.1 Introduzione

Si può definire il processo di lavorazione come una trasformazione che comporta una variazione nel tempo di una o più proprietà di una parte. Può anche essere assimilato come passaggio da uno stato iniziale ad uno stato finale. [2]

Nel caso di una trasformazione ideale partendo dalle stesse condizioni si producono gli stessi risultati.



Figura 3 – rappresentazione di una trasformazione ideale

Nella realtà il processo è influenzato da fenomeni non sono purtroppo controllabili, detti anche disturbi, che rendono il risultato finale variabile all'interno di un intervallo, che chiameremo variabilità del risultato.

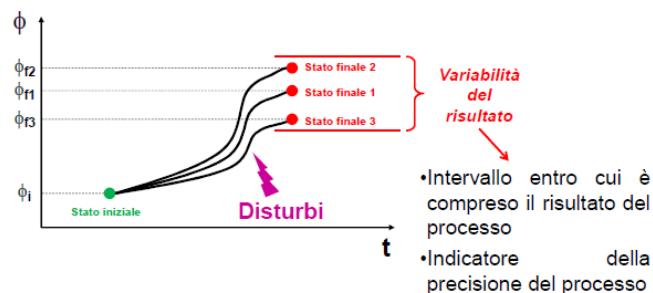


Figura 4 -rappresentazione di una trasformazione reale

Ma spesso non è noto con certezza neppure lo stato iniziale. Quindi avendo anch'esso una sua variabilità comporta ad una maggiore ampiezza della variabilità del risultato finale.

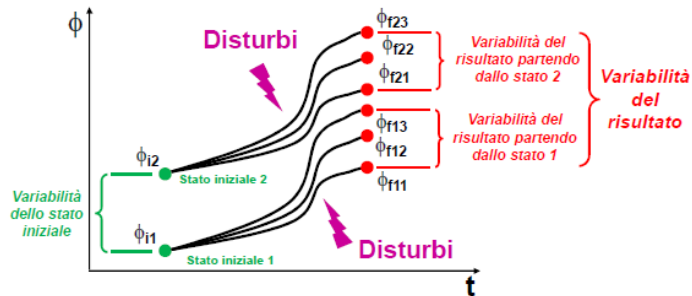


Figura 5 - trasformazione reale con anche una variabilità dello stato iniziale

Quindi a causa di questi disturbi, in fase di progettazione, sono definiti i limiti entro i quali sono acconsentiti le inesattezze dimensionali che chiameremo intervalli di tolleranza. Un processo è eseguito correttamente quando la variabilità del risultato è compresa all'interno dell'intervallo di tolleranza (come in figura 6).

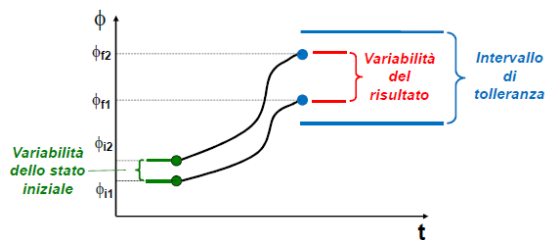


Figura 6 - trasformazione reale corretta

Nella figura 7 vediamo una trasformazione non corretta e le uniche azioni che si possono fare è cercare di migliorare il processo oppure scegliere un processo alternativo.

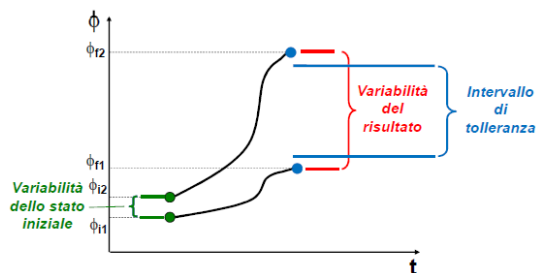


Figura 7 - trasformazione reale non corretta

Le principali lavorazioni di formatura nel settore della meccanica sono:

- Formatura allo stato liquido (fonderia): un materiale senza forma (fuso) viene trasformato fino a raggiungere una geometria prossima a quella finale;
- Processi di rimozione di materiale: forma finale realizzata asportando materiale in eccesso;
- Processi per deformazione plastica: volume e massa sono conservate e la trasformazione avviene attraverso la deformazione plastica del materiale.

Verranno approfondite le prime due lavorazioni in quanto sono quelle che sono state utilizzate per industrializzazione dei componenti meccanici dei gruppi funzionali.

2.2 FONDERIA

La tecnica fusoria consiste nel preparare una cavità, che riproduce la forma complementare del pezzo che si desidera realizzare, entro il quale si versa del metallo fuso che a solidificazione ultimata si ha la memorizzazione della geometria della cavità. Tecnologia conosciuta già dal 4000 a.C., ma si aveva difficoltà nel raggiungere le alte temperature per fondere i metalli. Con il perfezionamento degli impianti e il progresso tecnologico del XIX secolo tale tecnica inizia ad occupare un posto di primo piano rispetto ad altri metodi di produzione.

La fonderia presenta il vantaggio della rapidità di esecuzione e convenienza economica, nella realizzazione di pezzi la cui forma renderebbe troppo costosa o difficile la lavorazione con altri metodi.

Le principali limitazioni sono: i bassi livelli di resistenza, elevato grado di porosità e anche i bassi livelli di precisione e di finitura superficiale.

Elemento più importante è la forma che rappresenta il negativo del pezzo. Quindi possiamo fare una suddivisione fondamentale in base al tipo di forma.

TIPI DI FUSIONE

- Fusioni in **forma transitoria** (in sabbia, shell molding,): significa che la forma deve essere distrutta per poter estrarre il getto dalla forma. Quindi per ogni particolare bisogna costruire la sua forma. Di solito la forma è realizzata con materiale refrattario
- Fusioni in **forma permanente** (in conchiglia): si ha un'unica forma attraverso la quale è possibile produrre un numero elevato di getti uguali. La forma deve essere costruita con certi accorgimenti per permettere estrazione del getto. La forma è realizzata in metallo mediante lavorazioni alle macchine utensili (MU). La forma ha un alto costo che viene spalmato su un numero elevato di getti.

FUSIONE IN FORMA TRANSITORIA in generale

Fasi del ciclo di fabbricazione dei getti

- Allestimento di un modello;
- Allestimento delle anime
- Preparazione della forma
- estrazione del modello;
- preparazione dei canali di colata e posa eventuale delle anime (che servono per creare le cavità all'interno degli oggetti)
- fusione del metallo e colata nella forma
- raffreddamento e solidificazione del fuso
- estrazione del getto
- finitura del getto

MODELLO

Consente di realizzare la forma (transitoria) attraverso l'operazione di formatura (compattazione del materiale della forma attorno al modello).

Per realizzarlo si parte dal disegno dell'elemento che si vuole avere alla fine del processo tecnologico.

Per progettare il modello occorrono questi passaggi:

- scelta del materiale
- scegliere il piano di divisione
- eliminare spigoli vivi
- definire angoli di sformo
- definire sovrametalli
- tenere conto del ritiro

MATERIALE MODELLO

I materiali per un modello permanente possono essere: in resina, in quanto migliore per lavorabilità alla macchine e una durata buona; il legno ormai obsoleto o in metallo ma conveniente solo per grandi produzioni.

PIANO DI DIVISIONE

La forma realizzata nella maggior parte dei casi in due metà per permettere estrazione del modello. È importante scegliere in modo adeguato il piano di divisione in modo da eliminare o comunque ridurre al minimo i SOTTOSQUADRI, superfici del modello che danneggiano la forma durante l'operazione di sformatura.

Per risolvere i eventuali sottosquadri o si cerca di modificare il disegno oppure si ricorre a dei elementi scomponibili.

ELIMINAZIONE SPIGOLI VIVI

Il fuso a causa della sua velocità esercita una certa azione meccanica sulle pareti della forma, in particolare sugli spigoli che sono la parte più delicata della forma. Questa azione meccanica si traduce in un'erosione della forma producendo arrotondamento. Il problema è che il materiale di formatura asportato dagli spigoli lo ritroviamo all'interno del getto, come inclusioni solide. Non è accettabile in quando un corpo estraneo all'interno del getto ne peggiora le prestazioni meccaniche.

Quindi gli spigoli vivi vanno eliminati a priori.

ANGOLO DI SFORMO

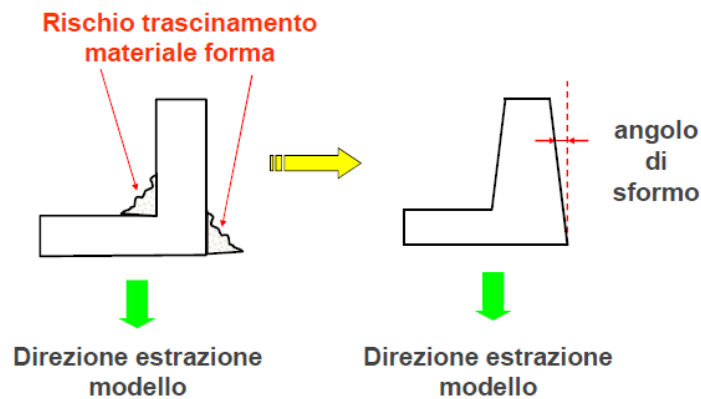


Figura 8 -angoli di sformo

Nelle superfici del modello parallele alla direzione di estrazione a causa di aderenza del materiale su tali superfici con il rischio di danneggiare la forma durante estrazione del modello. Come soluzione si cerca di dare una certa inclinazione a tali superfici facilitando così anche l'estrazione del modello.

Il valore degli angoli si cerca di tenerli più piccoli possibili per quelle superfici funzionali che vengono lavorate alle macchine utensili; mentre per le superfici non funzionali si utilizzano angoli di sformo più ampi.

AGGIUNTA DI SOVRAMETALLO

Maggiorazione delle dimensioni del pezzo su quelle superfici funzionali, per tener conto del materiale che verrà asportato nella successiva fase di lavorazione alle MU. Entità dipende: materiale e dimensioni del getto; metodo di formatura e dal costo della lavorazione. I 2 fattori materiale e dimensioni del getto sono collegate con il problema del ritiro in fase solida del getto stesso.

RITIRO

Modello costruito con dimensioni maggiorate rispetto al disegno del getto per tener conto del ritiro nella fase di solidificazione. Dipende esclusivamente dal materiale.

MATERIALE DI FORMATURA

È composto da 3 elementi:

- materiale refrattario: (sabbie silicee) conferisce resistenza alle elevate temperature;
- legante: garantisce la coesione per ricreare la forma, ma conferisce anche cedevolezza per permettere la contrazione e l'estrazione del getto senza danneggiarlo;
- additivi: correggono alcune caratteristiche del materiale

CARATTERISTICHE

Refrattarietà: capacità del materiale di formatura di resistere alla alta temperatura del fuso;

coesione: è la resistenza meccanica della forma. Dipende molto dal legante e dal metodo di formatura;

permeabilità: capacità di lasciarsi attraversa da gas;

scorrevolezza: capacità del materiale di formatura di coprire il modello, andando a riprodurre tutti i dettagli

sgretolabilità: capacità della forma di essere rotta una volta che il getto è solidificato.

La forma viene preparata compattando il materiale di formatura attorno al modello.

SISTEMA DI COLATA

Insieme delle canalizzazioni che si deve creare per portare il fuso all'interno della forma. Deve assicurare il veloce riempimento della forma evitando: erosione della forma e il trascinamento di aria e ossidi all'interno della forma stessa.

In linea generale è formato da:

- bacino di colata: elemento che riceve per primo il fuso che lo canalizza nel canale di colata;

- canale di colata: trasforma energia potenziale del fuso in energia cinetica. Dimensionato, supponendo incomprimibilità del fuso, in modo da evitare aspirazione di gas;
- canale di alimentazione: compito di distribuire il fuso entro la cavità attraverso gli attacchi rallentando e addolcendo il flusso del fuso;
- attacchi di colata: ultimi elementi che portano il fuso nella forma (più di uno se la forma è complessa)

le sezioni di passaggio, tra i vari elementi che compongono il sistema di colata, sono decrescenti per impedire entrata del flusso d'aria che altrimenti porterebbe alla formazione di soffiature (aria bloccata all'interno del liquido fuso) provocando difetti

COLATA DEL FUSO NELLA FORMA

Operazione complessa perché accompagnata da una riduzione di T del fuso dovuta alla cessione di calore alle pareti con conseguente variazione delle caratteristiche fluidiche.

Importante è la fluidità, cioè attitudine a riempire la forma, che dipende da:

- temperatura iniziale del fuso;
- tipo metallo (composizione);
- forma (geometria, materiale e temperatura).

Una bassa fluidità fornisce difetti nel getto: ad esempio la mancanza di particolari dovuto a un incompleto riempimento. Lo si valuta attraverso *indice di fluidità*: misura la lunghezza del canale che il fuso percorre in sistemi standardizzati.

SOLIDIFICAZIONE

Durante la trasformazione liquido-solido si ha il fenomeno della nucleazione, cioè la comparsa nel liquido di piccolissimi germi cristallini (nuclei), e crescita dei nuclei che porta alla formazione dei grani. Il metallo solidificato costituito da grani cristallini che hanno dimensione e forma irregolare ed orientati in maniera casuale che conferisce proprietà isotrope del materiale. La dimensione dei grani dipende dal numero di nuclei presenti che a loro volta dipendono dalla velocità di raffreddamento.

Per avere buone proprietà meccaniche è necessario avere una dimensione del grano fine (data dalla relazione di Hall-Petch). Affinamento del grano lo si può ottenere attraverso:

- velocità di raffreddamento elevate;
- spessori del getto ridotti
- aggiunta di opportuni elementi.

EFFETTI DEL RAFFREDDAMENTO

Principale problema è quello del RITIRO: contrazione volumetrica del metallo

Se non vengono controllati provocano effetti dannosi.

Ritiro: dal passaggio dallo stato liquido a quello solido e poi dalla temperatura di solidificazione a quella ambiente si ha un aumento di densità e quindi diminuzione di volume. A seconda del tipo di forma possiamo avere **cono di ritiro** per le forme aperte e **cavità di ritiro** per le forme chiuse.

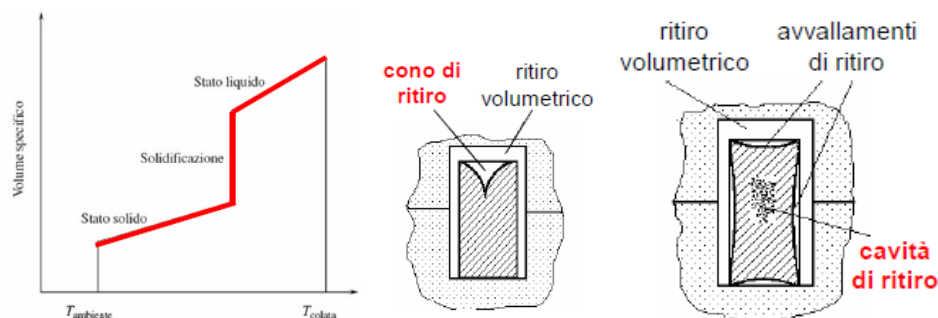


Figura 9 -a sx volume specifico in funzione della temperatura; contrazione metallo in tre fasi: allo stato liquido; durante la solidificazione; allo stato solido. Al centro cono di ritiro sulla superficie libera (inizio solidificazione in corrispondenza pareti e del fondo e si ha un abbassamento del livello del liquido per la contrazione volumetrica. A dx cavità di ritiro tipica delle forme chiuse in quanto il flusso del calore in tutte le direzioni e rimane del liquido intrappolato all'interno del solido e per il fatto che il coefficiente di contrazione del liquido è maggiore del solido si ha la formazione di una cavità interna

Si cercano di superare il problemi del ritiro attraverso l'uso di MATEROZZE che hanno la funzione di spostare il baricentro termico dalla forma al loro interno. Opportunamente dimensionate e collocate.

PROCESSI DI FUSIONE in particolare:

FUSIONE IN SABBIA [3]

Fusione in sabbia permette di realizzare sia produzioni in serie che in pochi esemplari, con pesi variabili da pochi grammi a decine di tonnellate.

Una volta realizzato la placca modello, la inseriamo all'interno di una staffa nel quale viene versato e pressato il materiale di formatura in modo manuale o meccanico. Si estrae il modello e si inserisce nella forma eventuale anima. Preparata la forma in essa viene colato il fuso. Una raggiunto la completa solidificazione si rompe la forma e si estrae il greggio di fusione, del tutto simile al pezzo finale a meno dei sovrametalli (le parti da asportare con le macchine utensili per la realizzazione delle superfici funzionali).

Benefit:

- versatilità di produzione;
- economicità;
- possibilità di produrre forme complesse;
- possibilità di utilizzo di leghe differenti (ferrose e non)

FUSIONE IN SHELL MOLDING (A GUSCIO) [3]

È un processo di fusione con formatura transitoria.

La forma è realizzata investendo un modello metallico che viene preriscaldato alla temperatura di 250 °C con della miscela di sabbia-resina termoindurente, che polimerizza, formando un guscio caratterizzato da spessore sottile e una porosità che limita le soffiature.

Questa tecnica permette quantità produttive elevate, ma una limitazione consiste nelle dimensioni dei getti che sono piccoli-medi dove però sia richiesta un'elevata precisione.

Benefit:

- impiego con getti di forma complessa e dettagli curati
- alto investimento per il modello in metallo
- elevata qualità superficiale
- riduzione delle tolleranze dimensionali
- possibilità di utilizzo di leghe differenti (ferrose e non)
- elevate quantità produttive
- ridotte quantità di scarti produttivi

FUSIONE IN FORMA PERMANENTE (IN CONCHIGLIA) [2]

In una colata in forma permanente (o conchiglia), come dice la parola stessa, al termine della solidificazione la forma non viene distrutta per estrazione del getto, così da poterla riutilizzare.

Questa tecnica è indicata per produrre un elevato numero di getti uguali e che porta i seguenti vantaggi:

- riduzione dei costi e tempi di produzione;
- un miglioramento della qualità dei getti (forma metallica consente di avere strutture cristalline fini)

gli svantaggi sono:

- costo di costruzione delle conchiglie è elevato
- convenienza persa in parte con forme complesse (l'uso di parecchie anime, rallentano la produzione poiché aumentano le operazioni di montaggio e smontaggio).

CARATTERISTICHE e REQUISITI PROGETTUALI DELLE FORME

Necessitano gli stessi accorgimenti che abbiamo visto per la realizzazione del modello (le fusioni in forma transitoria):

- cavità interne realizzabili con anime metalliche fisse o mobili;
- anime costruite in più parti nel caso di sottosquadri;
- necessità di espulsori per la rimozione del getto e l'espulsione inizia nel momento in cui comincia a ritirarsi;
- velocità di raffreddamento può essere attenuata preriscaldando la forma.

Il processo si può classificare in 2 modi, a seconda del modo in cui viene colato il fuso all'interno della forma:

- per gravità: è la gravità l'unica azione che spinge il fuso a riempire la forma;
- sottopressione: riempimento della forma avviene tramite pressione. I metodi di pressofusione sono sostanzialmente 2: **iniettofusione** (colata in camera calda) in cui si ha il sistema di pompaggio immerso nel fuso; **pressofusione** (colata in camera fredda) il fuso viene spillato dal forno e posto entro un cilindro ad iniezione non scaldato dall'esterno.

2.3 LAVORAZIONI PER ASPORTAZIONE DI TRUCIOLO

Di seguito si fornisce solo una descrizione base di tale processo.

Attraverso opportuni moti relativi tra pezzo-utensile, si realizza l'asportazione di uno strato superficiale di materiale del pezzo (trasformandolo in truciolo), generando una superficie caratterizzata da livelli di precisione e finitura desiderati.

VANTAGGI

- Precisioni e finiture superficiali non ottenibili con altri processi;
- Lavorazioni di parti trattate termicamente;
- Convenienza economica, soprattutto per volumi di produzione relativamente bassi.

SVANTAGGI

- Spreco di materiale (che si trasforma in truciolo);
- Tempi di ciclo lunghi
- Manodopera specializzata

PRINCIPALI MOTI NELLE LAVORAZIONI PER ASPORTAZIONE DI TRUCIOLO

Si hanno i seguenti moti:

- **Moto di taglio:** consente di eseguire l'asportazione di truciolo e definisce direzione e velocità di taglio;
- **Moto di avanzamento** (o di alimentazione): permette all'utensile di entrare in contatto con nuovo materiale da asportare per estendere la lavorazione alla superficie per la sua intera estensione; definisce la direzione e velocità di avanzamento;
- **Moto di taglio** è una composizione vettoriale dei 2 moti precedenti.

MECCANICA DI BASE

in generale si utilizza un modello bidimensionale.

È necessario definire il concetto di taglio libero e ortogonale: tagliente rettilineo e perpendicolare alla direzione di taglio; tensile è più largo del pezzo che porta a considerare il truciolo vincolato al pezzo su un solo lato (se larghezza utensile inferiore a quello del pezzo si ha che il truciolo vincolato al materiale almeno su due lati). Altezza del truciolo molto più piccola della larghezza pezzo ($h \ll b$).

Altezza truciolo molto più piccola della larghezza pezzo ($h \ll b$)

Ulteriori assunzioni:

- utensile perfettamente affilato
- assenza di contatto utensile-superficie lavorata
- assenza di deformazione nel truciolo lungo la direzione del
- tagliente (larghezza truciolo pari a b)
- v_t costante
- h_0 costante

Taglio libero ed ortogonale

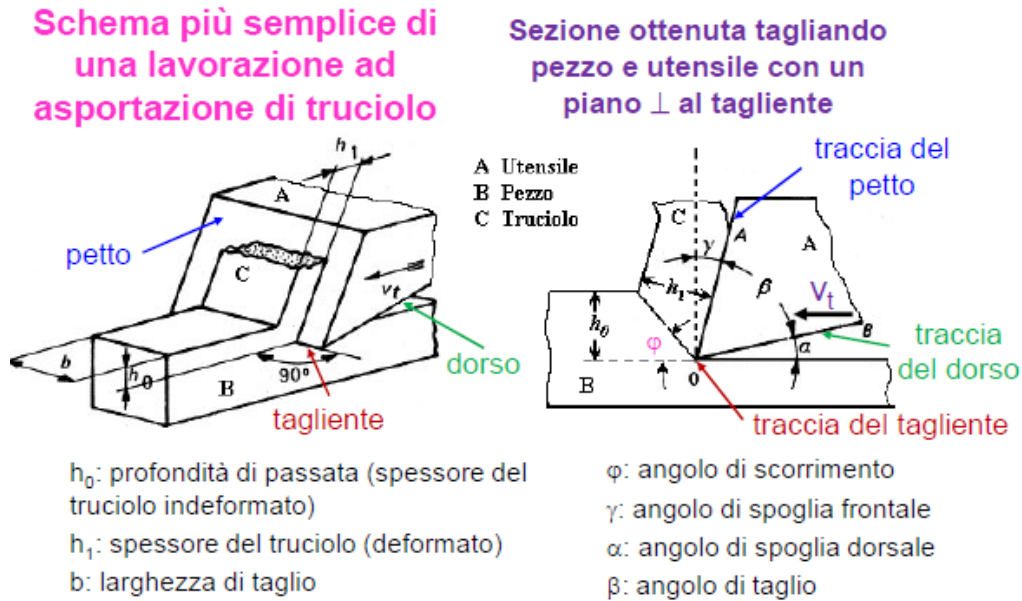


Figura 10 - definizione dei parametri del taglio libero ed ortogonale

- Angolo di spoglia frontale: angolo tra la traccia del petto e la perpendicolare alla direzione del moto di taglio; favorisce la penetrazione del tagliente nel materiale (formazione del truciolo con minori deformazioni e forze, riduzione dell'attrito sul petto a causa della diminuzione della pressione di taglio);
- Angolo di spoglia dorsale: angolo tra la traccia del fianco e la direzione del moto di taglio; impedisce lo strisciamento del dorso sulla superficie lavorata;
- angolo formato tra la traccia del petto e quella del dorso; influenza la resistenza dell'utensile alle sollecitazioni meccaniche.

Il meccanismo di formazione del truciolo è legato ad un processo di deformazione plastica e non è un semplice distacco.

A scala microscopica si ha marcata distorsione della struttura cristallina del truciolo.

A scala macroscopica si un notevole sviluppo di calore superiore a quello dovuto al solo attrito all'interfaccia petto-truciolo; Spessore del truciolo maggiore di quello indeformato e si ha una diu urezza del truciolo maggiore di quella del pezzo.



Figura 11 - sezione trasversale del truciolo

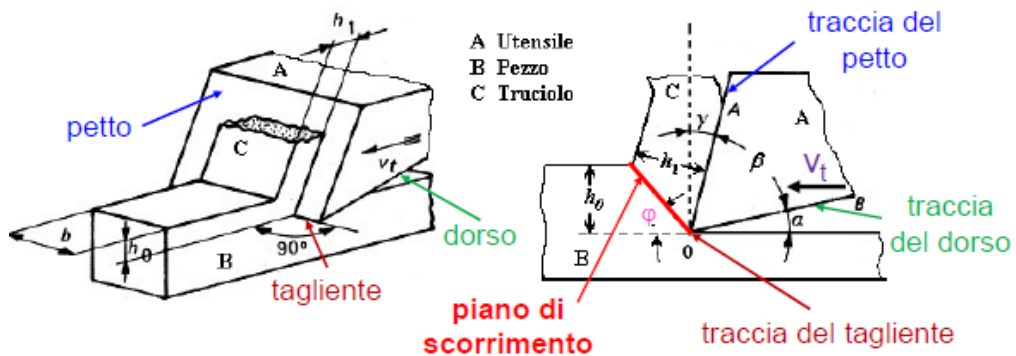


Figura 12 - visibile piano di scorrimento

Deformazione plastica prodotta per scorrimento di piani cristallini lungo il piano di scorrimento inclinato dell'angolo ϕ rispetto alla direzione di taglio.

Piano di scorrimento: piano sul quale la τ raggiunge il valore necessario per provocare la deformazione di scorrimento

MODELLO DI PIJSPANEN

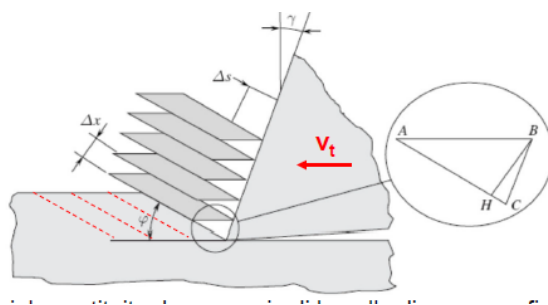


Figura 13 - modello PIJSPANEN

Materiale costituito da una serie di lamelle di spessore finito.

Lamella spinta in avanti dall'avanzamento dell'utensile che la obbliga a scorrere sulla successiva.

Forza esercitata dall'utensile tale da generare sul piano di scorrimento la τ necessaria a produrre scorrimento relativo tra due lamelle a contatto.

Per maggiori approfondimenti si rimanda a testi specializzati. [2]

3. INDUSTRIALIZZAZIONE (TIROCINIO)

3.1 introduzione

Presso l'Ufficio Tecnico Biesse di Pesaro è stato svolto un'attività di tirocinio, in particolare un lavoro di industrializzazione di alcuni componenti meccanici che costituiscono gruppi funzionali prototipali di macchine per la lavorazione del pannello del legno, nello specifico trattasi di macchine foratrici verticali (→VEKTOR 15\13 e VEKTOR 15\13 CS (colla e spine)). Le macchine analizzate sono composte da gruppi funzionali complessi ed i componenti sono realizzati, in versione prototipale, con tecnologie produttive che si basano su materiali laminati e trafilati, lavorati per asportazione di truciolo.

3.2 BIESSE

BIESSE è una multinazionale italiana fondata a Pesaro (regione Marche) nel 1969 da Giancarlo Selci. È Una azienda che opera nel settore della metalmeccanica ed è specializzata nella la progettazione, realizzazione e distribuzione di macchine per la lavorazione del legno.

Negli anni si è evoluta formando BIESSE GROUP che è caratterizzata da quattro unità di business:

- Biesse: specializzata nella lavorazione del legno.
- Intermac: nasce nel 1987, specializzata nella lavorazione di vetro e pietra.
- Mechatronics: nasce nel 1991, specializzata nella mecatronica, così da permettere di progettare e realizzare direttamente tutti i componenti ad elevato valore tecnologico per le proprie macchine.
- Diamut: produce utensili per la lavorazione di ceramica, pietra e vetro [4]

PUNTI FORZA

Due i principali punti di forza:

- 1) **Processo di internazionalizzazione:** ad oggi nel mondo sono presenti 39 filiali per essere sempre più competitivi nel mercato globale.
- 2) **Qualità:** Biesse Group la considera come una delle sue priorità. L'obiettivo dell'azienda è raggiungere l'eccellenza dei propri processi, dei propri prodotti e servizi, la piena soddisfazione dei propri clienti e dei stakeholders interni ed esterni. [5]

3.3 STRUMENTO DI LAVORO

Come strumento di lavoro si è adottato SolidEdge un CAD (computer-aided design (lett. "progettazione assistita dall'elaboratore")) con il quale si è potuto ottimizzare industrializzazione dei componenti dei gruppi funzionali.

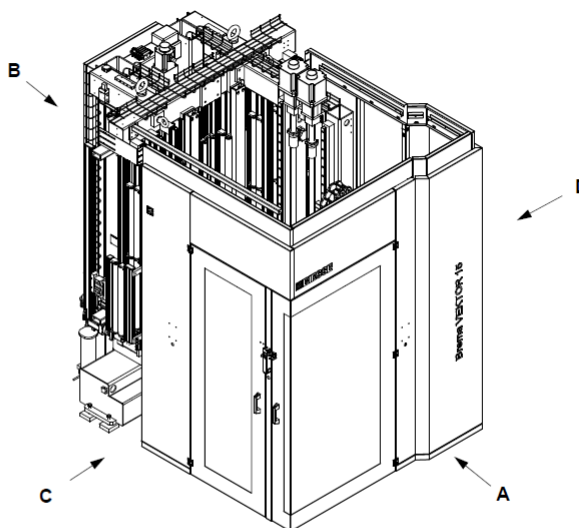
Attraverso il CAD è possibile realizzare modelli di prodotto in formato digitale con maggiore velocità e con migliore precisione, quindi una minore possibilità di commettere errori e se commessi si ha l'ulteriore possibilità di risolverli con un minore impatto a livello economico.

3.4 COMPONENTI DEI GRUPPI FUNZIONALI PRINCIPALI DELLA MACCHINA

BREMA, situata a Brianza (Como), è una filiale di BIESSE che ha fornito i componenti dei gruppi funzionali della macchina VEKTOR 13/15 e VEKTOR 13/15 CS su cui è necessario eseguire il lavoro di industrializzazione.

3.4.1 BREMA VEKTOR 13/15

La BREMA VEKTOR 13/15 è una foratrice flessibile passante verticale a controllo numerico (CN) [l'attrezzatura della macchina viene controllata attraverso un programma chiamato programma delle istruzioni (costituito da caratteri alfanumerici, codificati in un appropriato formato)] in grado di forare, fresare e pantografare sequenzialmente pannelli di differenti dimensioni senza alcun intervento di set up manuale.



- A Lato anteriore o frontale della macchina.
- B Lato posteriore della macchina.
- C Lato ingresso pannelli.
- D Lato uscita pannelli.

Figura 14 – VEKTOR 13/15 (lettere indicano orientamento della macchina)

GRUPPO MORSA VERTICALE (MV)

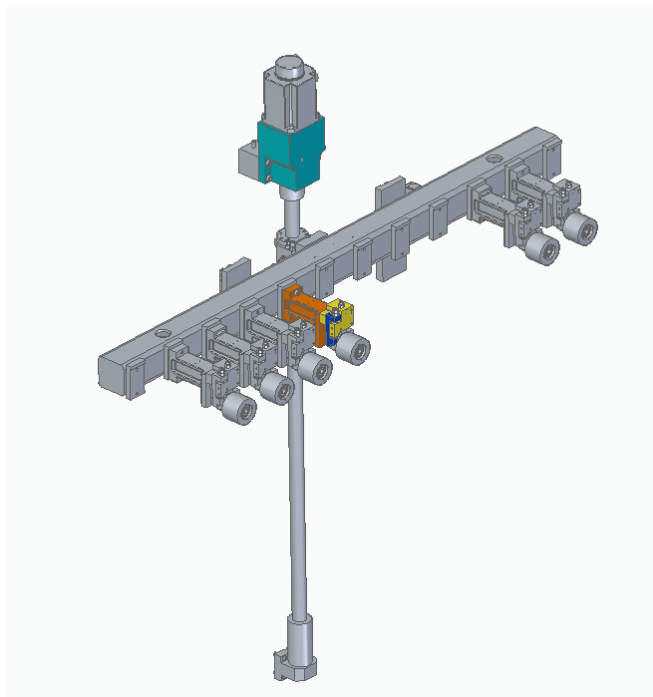


Figura 15 - Gruppo morsa verticale

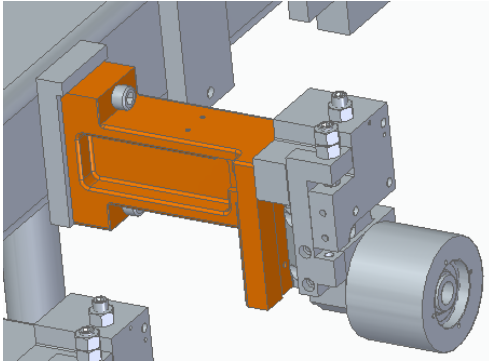
La morsa verticale consente di garantire il corretto posizionamento del pannello durante tutte le fasi di lavorazione. La morsa è composta da una traversa e supporti con ruote. Il programma consente l'impostazione dell'altezza del pezzo e la velocità di spostamento è programmabile.

Parti principali:

- Motore per il posizionamento della morsa.
- Ruote rivestite in gomma.
- Traversa

Di tale gruppo sono stati forniti i seguenti componenti:

1) SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE

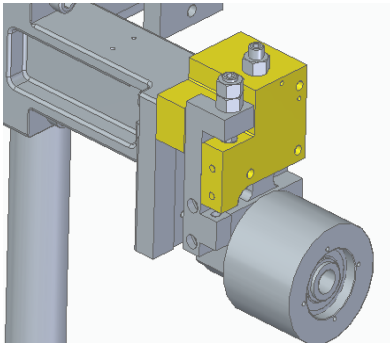


Componente con funzione di supporto.

La BREMA ne produce 350 pezzi l'anno.

Figura 16 - SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE

2) CORPO CENTRALE DX

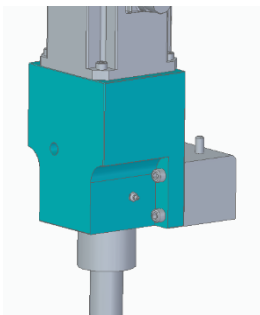


Componente con funzione di supporto e centraggio.

La BREMA ne produce 350 pezzi l'anno.

Figura 17 - CORPO CENTRALE DX

3) SUPPORTO GRUPPO CUSCINETTO MOTORE ASSE Y MORSA VERTICALE



Componente con funzione di supporto.

La BREMA ne produce 35 pezzi l'anno.

Figura 18 - SUPPORTO GRUPPO CUSCINETTO MOTORE ASSE Y MORSA VERTICALE

GRUPPO ASSE Y

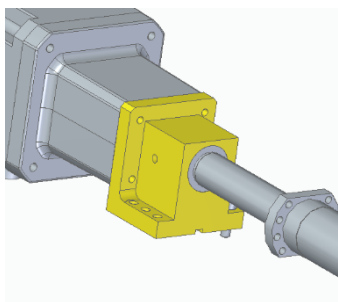


Figura 19 - Gruppo Asse Y

Permette la traslazione in verticale della testa del madriano che contiene gli utensili per eseguire le lavorazioni

Di tale gruppo sono stati forniti i seguenti componenti:

4) SUPPORTO SUPERIORE Y



Componente con funzione di supporto.

La BREMA ne produce 70 pezzi l'anno.

Figura 20 -SUPPORTO SUPERIORE Y (giallo)

5) SUPPORTO VITE - COLONNA MAGGIORATA



Componente con funzione di supporto.

La BREMA ne produce 10 pezzi l'anno.

Figura 21 -SUPPORTO VITE - COLONNA MAGGIORATA (arancione)

GRUPPO TRAINO

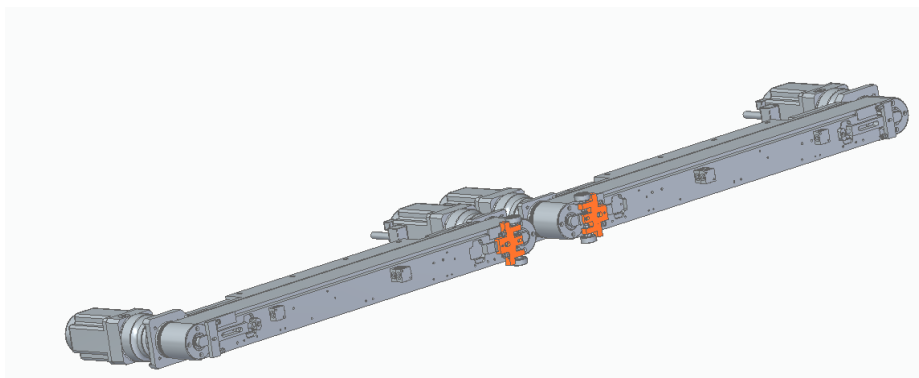


Figura 22 – Gruppo traino

La macchina è dotata di un sistema doppio traino che consente la movimentazione del pannello all'interno della macchina.

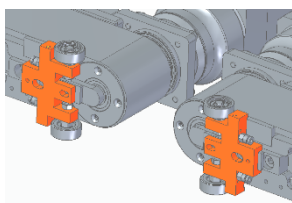
Il sistema è dotato di fotocellula laser in grado di rilevare lo “zero” di riferimento pannello per l'esecuzione delle lavorazioni durante la fase di introduzione in macchina. L'elevata precisione della costruzione meccanica permette l'esatto posizionamento del pannello in tutte le fasi di lavoro.

Caratteristiche principali:

- Doppio traino: oltre che sulle facce principali, consente di eseguire lavorazioni sui quattro bordi del pannello.
- Rivestimento gommato: garantisce il corretto posizionamento del pannello durante tutte le fasi di lavorazioni.
- Quattro motori: consentono di controllare con precisione la velocità e la posizione del traino.

Di tale gruppo è stato fornito:

6) SUPPORTO INFERIORE ROTELLE GOMMATE diam28 MV VEKTOR15



Componente con funzione di supporto al riferimento guida traino.

La BREMA ne produce 70 pezzi l'anno.

Figura 23 -SUPPORTO INFERIORE ROTELLE GOMMATE diam28 MV VEKTOR15 (arancione)

GRUPPO MORSA RIZZONTALE (MO)

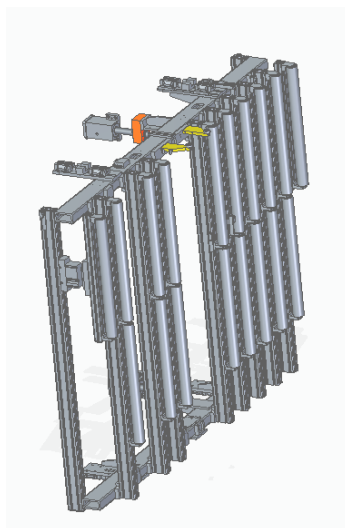


Figura 24 - Gruppo Morsa Orizzontale

La morsa orizzontale è composta da profilati in alluminio anodizzati ad elevata resistenza meccanica, equipaggiati con rulli gommati per consentire l'adattabilità a qualsiasi tipo di pannello.

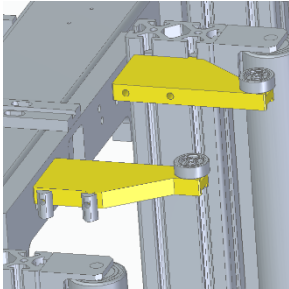
La macchina dispone di un sistema di contropressione pneumatico gestito dal programma che consente l'apertura e la chiusura del rullo verticale di contrasto durante tutte le operazioni di lavorazione che ne richiedono l'esclusione, senza alcun intervento di regolazione da parte dell'operatore. Questo sistema, che garantisce il corretto posizionamento del pezzo durante le fasi di lavorazione, è montato in corrispondenza dei gruppi a forare anteriori alla colonna. Il posizionamento della morsa orizzontale avviene con velocità di spostamento programmabile, e non richiede interventi da parte dell'operatore.

Parti principali:

- Due motori per il posizionamento della morsa.
- Rulli: piano di appoggio su cui si posiziona il pannello da lavorare.

Di tale gruppo sono stati forniti:

7) PIASTRA MONTAGGIO ROTELLA

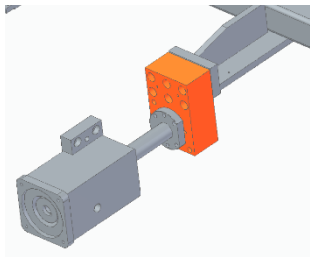


Componente che ha le funzioni di supporto della rotella, che permette il bloccaggio e la movimentazione del pannello da lavorare.

La BREMA ne produce 70 pezzi l'anno.

Figura 25 -PIASTRA MONTAGGIO ROTELLA (giallo)

8) ATTACCO CHIOCCIOLA MOVIMENTAZIONE TRAVERSE - M. O.



Componente con la funzione di accoppiamento alla chiocciola di movimentazione.

La BREMA ne produce 50 pezzi l'anno.

Figura 26- ATTACCO CHIOCCIOLA MOVIMENTAZIONE TRAVERSE - M. O.(arancione)

GRUPPO COLONNE CS

VEKTOR 13/15 CS è la foratrice verticale flessibile con gruppo integrato per inserimento colla e spina.

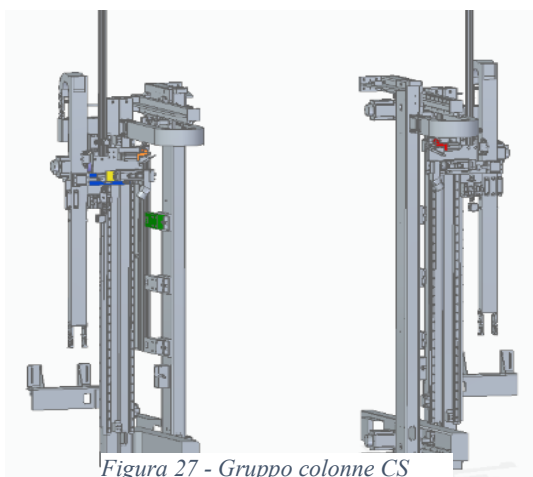
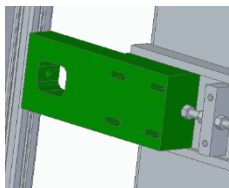


Figura 27 - Gruppo colonne CS

Di tale gruppo sono stati forniti i seguenti componenti:

9) SUPPORTO PIANO DI RIFERIMENTO PANNELLO

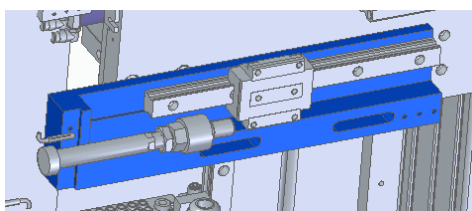


Componente con funzione di supporto.

La BREMA ne produce 30 pezzi l'anno

Figura 28 -SUPPORTO PIANO DI RIFERIMENTO PANNELLO (verde)

10) PIASTRA FISSA GRUPPO FORATORE SX VEKTOR CS

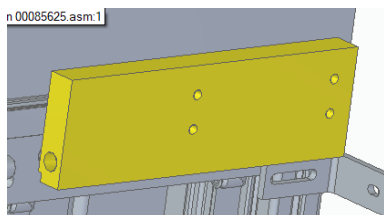


Componente con funzione di supporto.

La BREMA ne produce 15 pezzi l'anno.

Figura 29 -PIASTRA FISSA GRUPPO FORATORE SX VEKTOR CS (blu)

11) SUPPORTO ELETTRMANDRINO SX

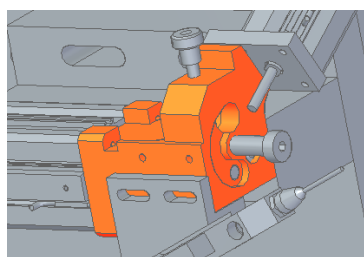


Componente con funzione di supporto.

La BREMA ne produce 15 pezzi l'anno

Figura 30 -SUPPORTO ELETTRMANDRINO SX (giallo)

12) SUPPORTO TAMBURO SPINE DX



Componente con funzione di supporto e accoppiamento.

La BREMA ne produce 15 pezzi l'anno

Figura 31 -SUPPORTO TAMBURO SPINE DX (arancione)

AGGREGATO COLLO D'OCA

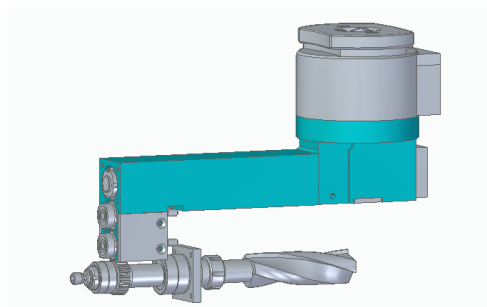
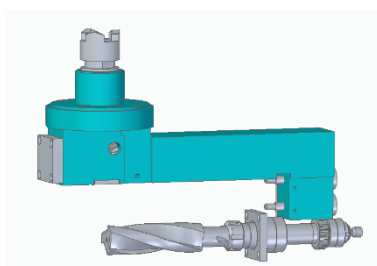


Figura 32 -AGGREGATO COLLO D'OCA

Elemento che va inserito nella testa del madriano che permette di lavorare la superficie laterale di un pannello.

Di tale aggregato è stato fornito:

13) CORPO TESTINA



componente con funzione di contenitore di ingranaggi.

La BREMA ne produce 15 pezzi l'anno

Figura 33 -CORPO TESTINA (azzurro)

Nella pagina che segue si riporta una TABELLA nella quale sono raccolte le principali informazioni sui componenti analizzati:

- i codici BREMA che identificano ciascun componente.
- la denominazione di ciascun componente.
- la funzione che svolge ciascun componente.
- il contesto di montaggio di ciascun componente.
- le quantità annue di ciascun componente.

TABELLA RIASSUNTIVA

	CODICE BREMA	DENOMINAZIONE (descrittivo oggetto)	FUNZIONE SVOLTA	CONTESTO DI MONTAGGIO	QUANTITÀ ANNUA
1	027A00047	SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE	supporto	sul gruppo M.V.	350
2	027A00050	CORPO CENTRALE DX	supporto (centraggio)	sul gruppo M.V.	350
3	027A00015	SUPPORTO GRUPPO CUSCINETTO MOTORE ASSE Y MORSA VERTICALE	supporto	sull' asse del gruppo y della morsa verticale (MV)	35
4	A10A00640	SUPPORTO SUPERIORE Y	supporto	su un estremità del gruppo asse y	70
5	007A16391	SUPPORTO VITE - COLONNA MAGGIORATA	supporto	su un estremità del gruppo asse y	10
6	027A00063	SUPPORTO INFERIORE ROTELLE GOMMATE diam28 MV VEKTOR15	supporto al riferimento guida traino	lateralmente ai motori del gruppo traino	70
7	021A00314	PIASTRA MONTAGGIO ROTELLA	supporto per rotella	parte centrale e superiore del gruppo M.O.	70
8	028A00235	ATTACCO CHIOCCIOLA MOVIMENTAZIONE TRAVERSE - M. O.	accoppiamento alla chiocciola di movimentazione	sul'asse chiocciola movimentazione traverse del gruppo MO	50
9	028A00207	SUPPORTO PIANO DI RIFERIMENTO PANNELLO	supporto	nel telaio della macchina VEKTOR CS	30
10	040A00079	PIASTRA FISSA GRUPPO FORATORE SX VEKTOR CS	supporto	sul lato sx della VEKTOR CS	15
11	040A00080	SUPPORTO ELETTROMANDRINO SX	supporto	sul lato sx della VEKTOR CS	15
12	I00A01047	SUPPORTO TAMBURO SPINE DX	supporto /accoppiamento	montato nel gruppo inseritrice colla-spine	15
13	037A00021	CORPO TESTINA	contenimento di ingranaggi di rinvio	aggregato foratrice	15

Tabella 1 -raccolta informazioni su FUNZIONE, CONTESTO DI MONTAGGIO, numero di pezzi annui per ogni componente

3.5 SCELTA TECNOLOGIA ALTERNATIVA

SCELTA MATERIALE PER I COMPONENTI

Valutando:

- le sollecitazioni subite da componenti: di entità medio-basse;
- la lavorabilità alle Macchine Utensili: per poter lavorare le superfici funzionali;
- la convenienza economica: in termini di facilità di reperibilità di materie prime nel mercato

la scelta è ricaduta sulle **leghe di Alluminio**.

ALTERNATIVA TECNOLOGICA

Tutti i componenti che sono stati forniti vengono realizzati dal pieno, eccetto per il componente SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE che è ottenuto da un grezzo di fusione.

Scelto il materiale ed analizzato il VOLUME DI PRODUZIONE e GEOMETRIA si è valutato, come possibile alternativa tecnologia alla lavorazione dal pieno, la **FUSIONE IN SABBIA** per i seguenti componenti:

- 1) SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE: nel quale è stata eseguita un'operazione di ottimizzazione di geometria;
- 2) CORPO CENTRALE DX;
- 3) SUPPORTO GRUPPO CUSCINETTO MOTORE ASSE Y MORSA VERTICALE
- 4) SUPPORTO SUPERIORE Y

FUSIONE IN SABBIA [3]

La **fusione in sabbia** rientra nelle tecniche di formatura transitorie in cui ogni forma può essere utilizzata per una sola colata e viene distrutta al momento dell'estrazione del grezzo.

È possibile suddividerla nelle seguenti fasi:

- i. Prima fase consiste nella **creazione di un modello**, oggetto che rappresenta la sagoma che dovrà assumere il prodotto finale
- ii. Seconda fase consiste nel **preparare una cavità detta “forma”**, che ricopia il negativo del pezzo da ottenere, in essa viene colata la lega allo stato fuso.
- iii. Una volta solidificata, la lega viene estratta dalla forma ad ottenere il grezzo di fusione, del tutto simile al pezzo finale a meno dei sovrametalli (le parti da asportare con le macchine utensili per la realizzazione delle superfici funzionali).

3.6 PROGETTAZIONE DEI GREZZI DI FUSIONE E FINITI

Per prima cosa si sono progettati i grezzi di fusione partendo dall'analisi delle superfici funzionali, che sono superfici che necessitano lavorazioni (esempio: superfici con fori o quelle in cui si hanno degli accoppiamenti con altri componenti), e non funzionali dei componenti originali. Analisi delle superfici eseguita valutando l'assieme.

Si è proseguito eliminando temporaneamente le lavorazioni, dopodiché è stato aggiunto del sovrametallo (3 mm) su tali superfici funzionali (su cui verranno svolte le lavorazioni) e sono state eseguite modifiche su superfici non funzionali.

Il finito industrializzato è ottenuto: aggiungendo al grezzo di fusione le relative lavorazioni.

Dopo che è stata eseguita la progettazione dei finiti, è necessario eseguire una stima dei costi per valutare la convenienza economica. Questa stima dei costi è stata eseguita dai costificatori dell'azienda BIESSE.

Ottenuti i costi sostenuti dalla BREMA, per produrre i pezzi originale, e la stima dei costi dei finiti industrializzati sarà possibile confrontarli e valutare per quali componenti sia conveniente o meno realizzarli per fusione.

1) SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE (350 pz/anno)

Componente originale ottenuto già da un grezzo di fusione, quindi si è eseguito un lavoro di ottimizzazione cercando di ridurre al minimo gli sprechi di materiali e cercando di rendere il pezzo il più possibile "leggero".

Superfici funzionali evidenziate con del colore rosso sul disegno tecnico del componente originale.

Nella figura seguente è possibile averne una visualizzazione.

Modifiche

Sono state ipotizzate 2 modifiche:

- 1) **Eliminazione superficie:** obiettivo è ottenere un risparmio (anche se piccolo) di materiale che viene asportato dalla lavorazione alle Macchine Utensili.

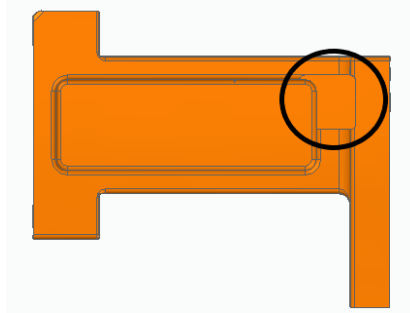


Figura 35 – componente originale con la superficie da eliminare (in cerchietto)

Operazione risolta: prolungando lo scavo fino alla base

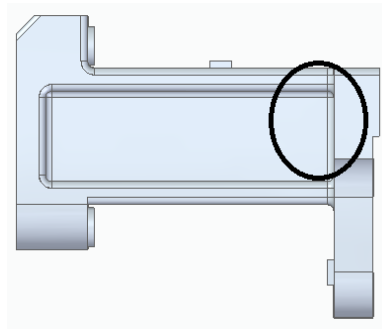


Figura 36 -grezzo di fusione con la soluzione adottata

- 2) **Modica forma squadrata:** obiettivo è ottenere un risparmio di materiale da utilizzare, ottenendo un componente più leggero dell'originale fornito.

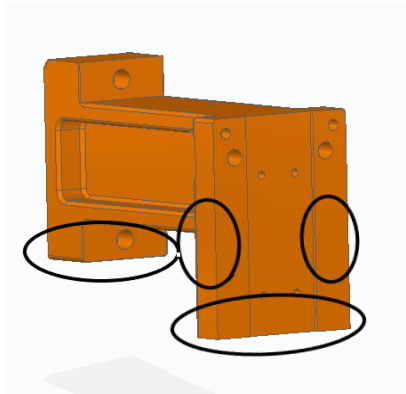


Figura 37 - in evidenza le superfici che si vogliono modificare

Operazione risolta: aggiungendo rastremazioni laterali e raggi di raccordo

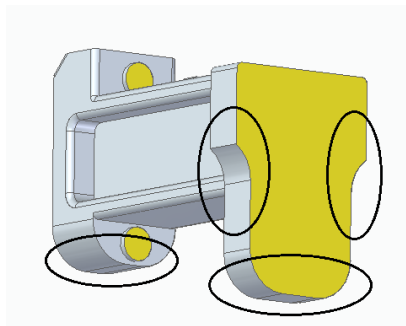


Figura 38 -grezzo con rastremazione e raggi di raccordo

Grezzo di fusione e il corrispondente finito industrializzato

Nelle figure sottostanti sono riportate le immagini del grezzo di fusione, con i sovrappessori che sono rappresentati dalle superfici colorate (rosso e giallo) e si può notare che è stato scelto come piano di divisione l'asse di simmetria.

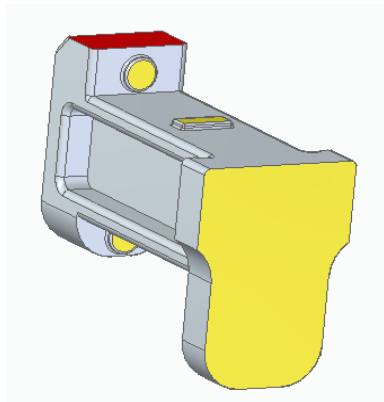


Figura 40 -Grezzo di fusione con superfici colorate: indicano superfici funzionali con sovrametallo su cui devono essere eseguite le lavorazioni alle MU

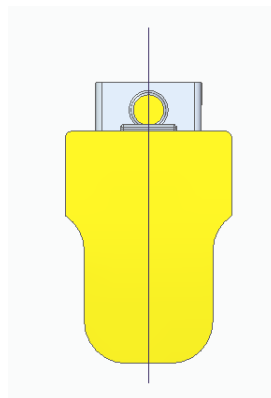


Figura 39 -piano di divisione ASSE DI SIMMETRIA del grezzo di fusione

Sotto possiamo visualizzare il finito industrializzato, ottenuto dall'aggiunta delle lavorazioni al grezzo di fusione.

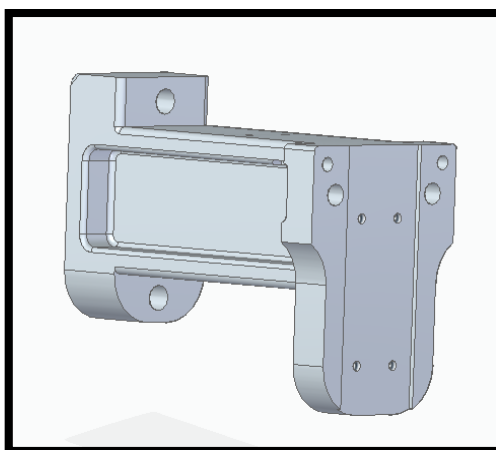


Figura 41 -Finito industrializzato SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE

Risultati

Lavoro di industrializzazione ha portato la seguente stima dei costi:

PREVENTIVO MODELLO	1500 €
COSTO singolo PEZZO [costo materiale + costi lavorazioni]	13,02 €

Tabella 2 - stima costi SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE industrializzato

Il costo del modello è escluso dal costo del singolo pezzo



Figura 42 - è possibile osservare come è ripartito il costo del finito SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE:

- nella prima colonna le diverse cause di costo del singolo pezzo;
- il valore di ciascun costo;
- nell'ultima colonna il relativo peso in percentuale.

Modifiche

Sono state ipotizzate 2 modifiche:

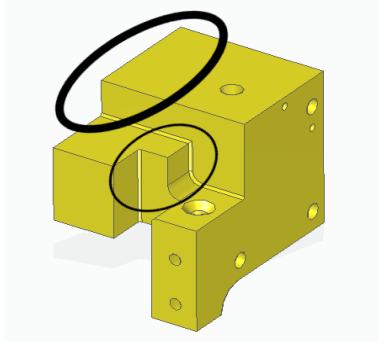


Figura 45 -in evidenza le zone del componente originale che si vuole modificare

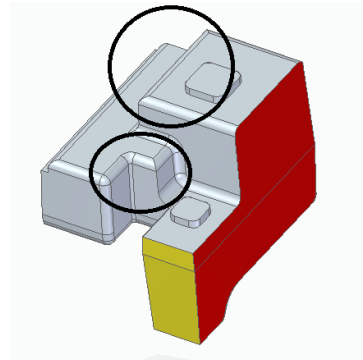


Figura 44 -in evidenza le modifiche avvenute per ottenere il grezzo di fusione

- 1) **Eliminazione parte di solido** (cerchietto con spessore maggiore): obiettivo rendere il pezzo più leggero e risparmiare sulla materia prima da utilizzare.
- 2) **Aggiunta di raccordi** (cerchietto più fine): obiettivo limitare spigoli vivi (migliorando il riempimento della forma).

Grezzo di fusione e il corrispondente finito industrializzato

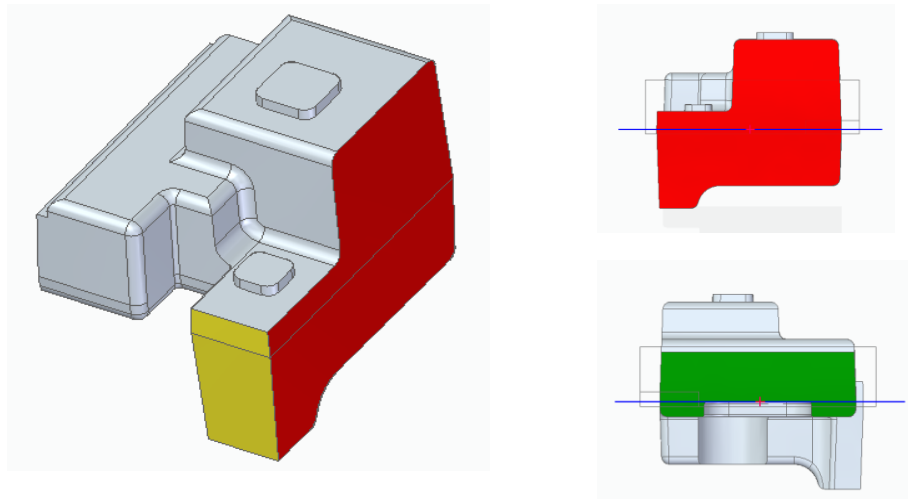


Figura 46 -a sinistra il grezzo di fusione; a destra due viste opposte; in blu si evidenzia il piano di divisione (in quanto pezzo non simmetrico)

Nelle precedenti figure è possibile vedere il grezzo di fusione. Si può osservare che, come piano di divisione, è stato preso un asse non simmetrico in quanto il grezzo ha una forma complessa non simmetrica. È possibile notare che nel grezzo è presente un angolo di sforno che permette una più facile estrazione del modello (per non rovinare le superfici della forma, perpendicolari alla direzione di estrazione).

Aggiungendo lavorazioni al grezzo di fusione si ottiene il finito industrializzato

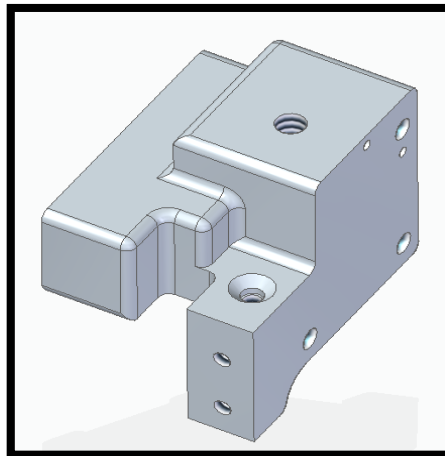


Figura 47 -finito industrializzato CORPO CENTRALE DX

Risultati

Lavoro di industrializzazione ha portato la seguente stima dei costi:

PREVENTIVO MODELLO	1600 €
COSTO singolo PEZZO [costo materiale + costi lavorazioni]	12,62 €

Tabella 3 -stima costi del finito industrializzato CORPO CENTRALE DX

Il costo del modello è escluso dal costo del singolo pezzo

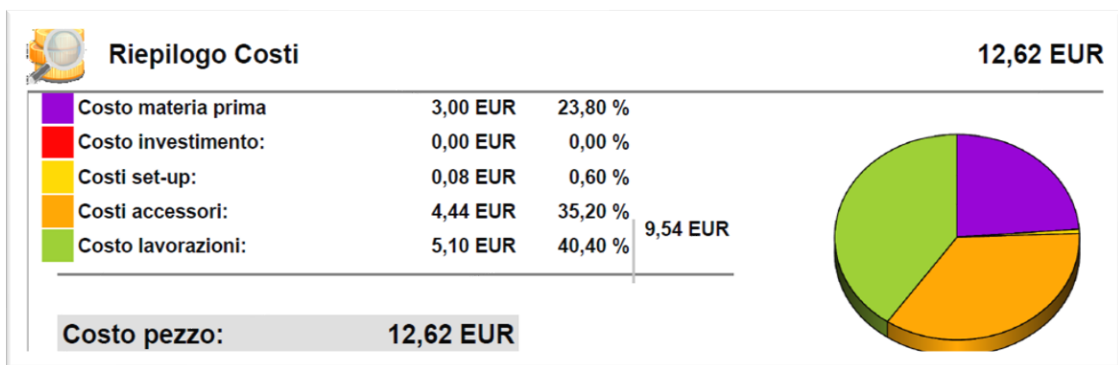


Figura 48 - è possibile osservare come è ripartito il costo del finito CORPO CENTRALE DX:

- nella prima colonna le diverse cause di costo del singolo pezzo;
- il valore di ciascun costo;
- nell'ultima colonna il relativo peso in percentuale.

Modifiche

Sono state ipotizzate 2 modifiche, con l'obiettivo di alleggerire il componente:

- 1) **Modifica scavi laterali:** allungato profondità scavi laterali, in modo da alleggerire il componente.
- 2) **Modifica estremità squadrata (cerchietto inferiore)**

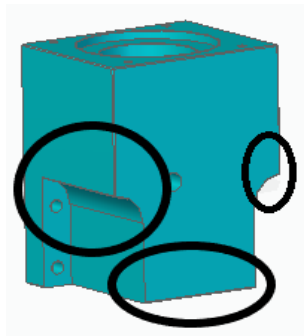


Figura 51--in evidenza le zone del componente originale che vengono modificare

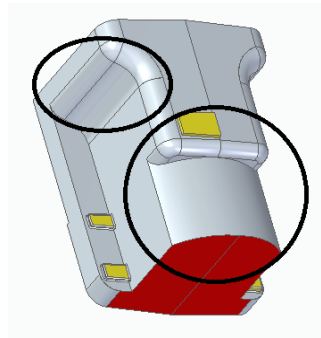


Figura 50--in evidenza le modifiche avvenute per ottenere il grezzo di fusione

Grezzo di fusione e il corrispondente finito industrializzato

Nel grezzo di fusione (vedi figura sotto) sono indicate con delle superfici colorate, quelle superfici funzionali che necessitano successive lavorazioni: in particolare: in rosso indicato superfici con sovrappessore ed in giallo superfici che necessitano dei fori (che possiamo definire delle piccole coppette che permettono di limitare lo spreco di materiale dovuto alle lavorazioni)

Come piano di divisione è possibile prendere il piano di simmetria

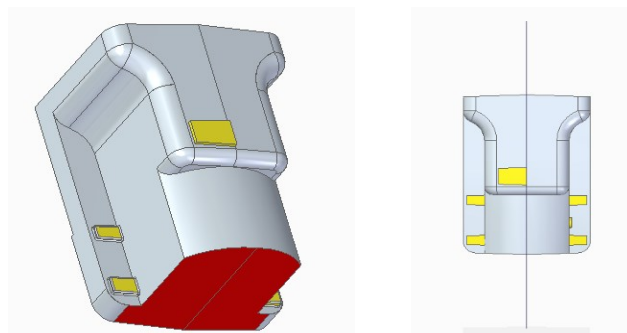


Figura 52 -a sx grezzo di fusione (sup. colorate indicano sovrappessore); a dx si può vedere il piano di divisione che passa lungo l'asse di simmetria

Aggiungendo le lavorazioni al grezzo di fusione, si ottiene il finito industrializzato.

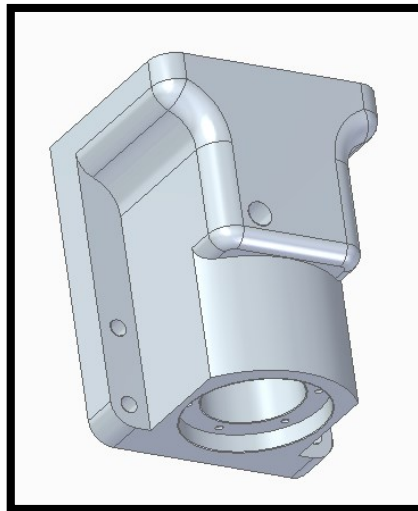


Figura 53 -finito industrializzato SUPPORTO GRUPPO CUSCINETTO MOTORE ASSE Y MV

Risultati

Lavoro di industrializzazione ha portato la seguente stima dei costi:

PREVENTIVO MODELLO	1300 €
COSTO singolo PEZZO [costo materiale + costi lavorazioni]	114,92 €

Tabella 4 - stima costi del finito industrializzato SUPPORTO GRUPPO CUSCINETTO MOTORE ASSE Y MORSA VERTICALE

Il costo del modello è escluso dal costo del singolo pezzo

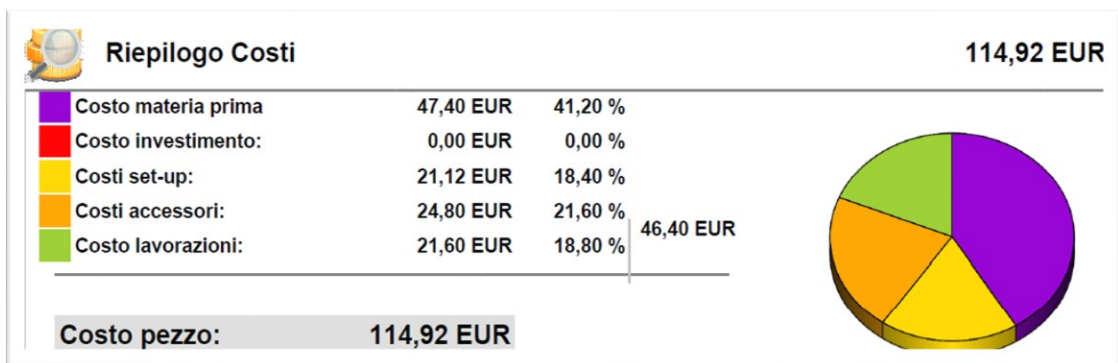


Figura 54 - è possibile osservare come è ripartito il costo del finito SUPPORTO GRUPPO CUSCINETTO MOTORE ASSE Y MORSA VERTICALE:

- nella prima colonna le diverse cause di costo del singolo pezzo;
- il valore di ciascun costo;
- nell'ultima colonna il relativo peso in percentuale.

4) SUPPORTO SUPERIORE Y (70 pz/anno)

Componente originale ottenuto dal pieno.

Superfici funzionali evidenziate con del colore rosso sul disegno tecnico del componente originale

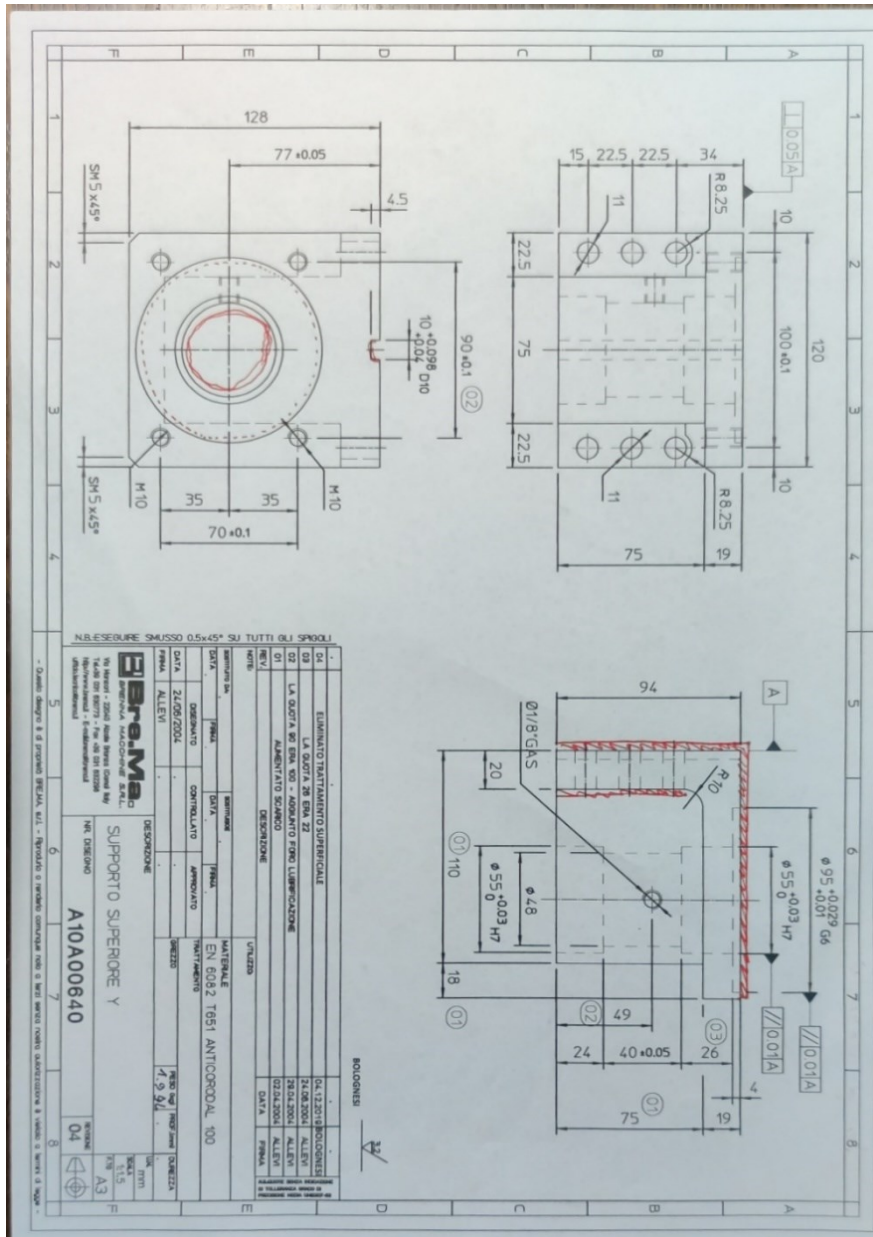


Figura 55 -Disegno tecnico del componente originale SUPPORTO SUPERIORE Y in rosso viene rappresentato aggiunta di sovrappessore

Osservazione

Nella figura è presente un errore: la presenza del cerchio rosso che rappresenta un foro passante nel grezzo, dovrebbe avere un diametro più piccolo per poterlo poi lavorare. Questa ipotesi porta: sia ad una complicazione progettuale, per il fatto della presenza di un'anima e portate d'anima per poter realizzare la cavità interna; sia ad un maggiore costo di progettazione, in quanto esse e stesse hanno un costo.

Il non elevato numero di pezzi (70/anno) comporta ad una perdita, quindi è più conveniente realizzare il foro dal pieno, poiché costa meno rispetto ad avere l'anima.

Modifiche

Si sono ipotizzate 2 modifiche:

- 1) **Modifica della geometria squadrata:** obiettivo di alleggerire il componente
- 2) **Aggiunta di raccordi:** obiettivo ridurre spigoli vivi,

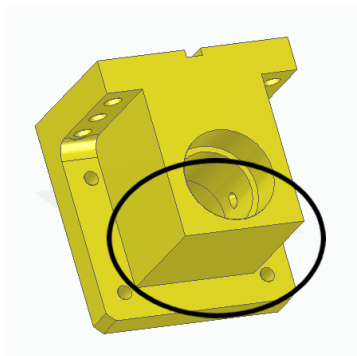


Figura 56 -in evidenza la zona del componente originale che si vuole modificare

Grezzo di fusione e il corrispondente finito industrializzato

Come risultato delle modifiche si ha il seguente componente di fusione; con piano di divisione lungo il piano di simmetria.

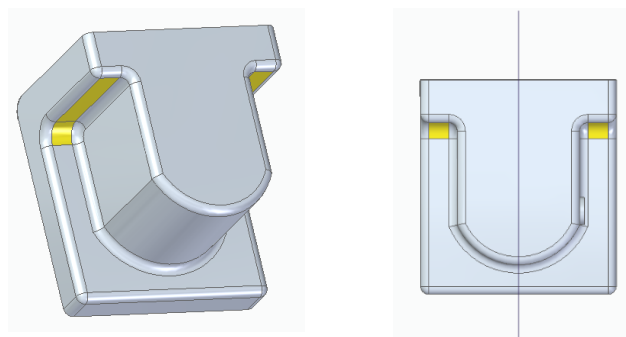


Figura 57 -sx grezzo di fusione del SUPPORTO SUPERIORE Y; a dx si può vedere il piano di divisione lungo l'asse di simmetria

Aggiungendo le lavorazioni al grezzo di fusione, si ottiene il finito industrializzato.

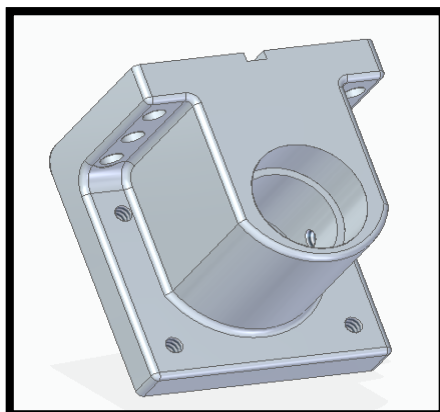


Figura 58 --finito industrializzato SUPPORTO SUPERIORE Y

Risultati

PREVENTIVO MODELLO	1600 €
COSTO singolo PEZZO [costo materiale + costi lavorazioni]	55,09 €

Figura 59 -stima costi del finito industrializzato SUPPORTO SUPERIORE Y

Il costo del modello è escluso dal costo del singolo pezzo

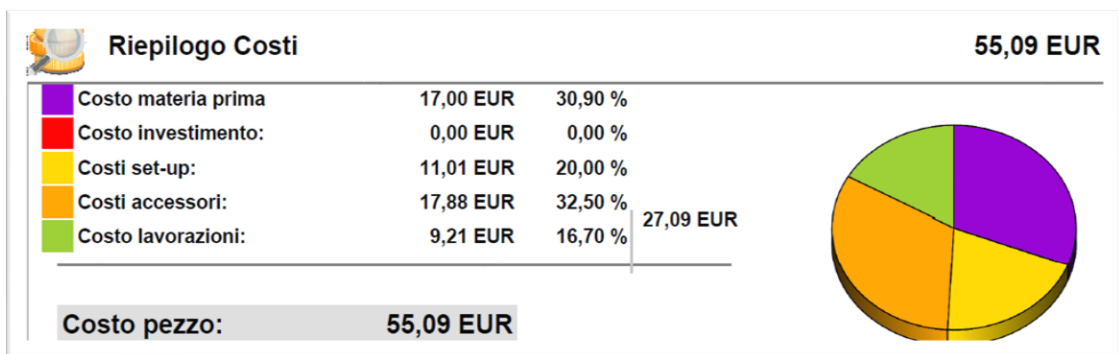


Figura 60 -è possibile osservare come è ripartito il costo del finito SUPPORTO SUPERIORE Y:

- nella prima colonna le diverse cause di costo del singolo pezzo;
- il valore di ciascun costo;
- nell'ultima colonna il relativo peso in percentuale.

3.7 CONFRONTO E ANALISI TRA I COSTI DEI PEZZI ORIGINALI (BREMA) E I COSTI DEI FINITI INDUSTRIALIZZATI OTTENUTI PER FUSIONE

Ottenuti i costi sostenuti dalla BREMA e le previsioni di costo di realizzazione dei componenti ottenuti per fusione, esclusi del costo del modello, si è calcolato la differenza tra i due costi:

$$\Delta \text{ costi} = \text{costo finito dopo la revisione} - \text{costo BREMA}$$

che può portare:

- ad un **valore positivo** corrisponde ad un **risparmio** di realizzazione del componente e potrebbe essere conveniente produrlo per fusione, ma la valutazione si completa considerando anche l'investimento iniziale per la realizzazione del modello;
- ad un valore negativo non è conveniente realizzare i componenti per fusione, poiché porta ad un aumento dei costi di realizzazione.

In seguito ad un **risultato positivo** della differenza si è calcolato:

- la percentuale di risparmio nel seguente modo:

$$\frac{\text{costo BREMA} - \text{costo finito dopo la revisione}}{\text{costo BREMA}}$$

- Il numero di pezzi che mi ripagano del costo del modello per la fusione:

$$\frac{\text{costo modello}}{\Delta \text{ costi}}$$

- Il tempo di ritorno necessario per ripagarsi il costo del modello:

$$\frac{\text{numero di pezzi che mi ripagano del costo del modello}}{\text{numero pezzi prodotti all'anno}}$$

Si è calcolato il costo totale dell'intero lotto di ogni componente:

- Costo BREMA (intero lotto):

$$\text{costo BREMA} \times \text{numero pezzi/anno}$$

- Costo del finito dopo revisione (intero lotto):

$$\left[\left(\text{costo del finito dopo revisione} \times \frac{\text{numero pezzi}}{\text{anno}} \right) + \text{costo modello} \right]$$

Dopo di che si è calcolato la differenza dei costi totali:

$$\text{Costo del finito dopo revisione (intero lotto)} - \text{Costo BREMA (intero lotto)}$$

Che può dare come risultato:

- un **valore negativo** si associa ad un **risparmio** e quindi è conveniente produrre per fusione;
- un **valore positivo** porta a un **maggiore costo di produzione** e quindi non è conveniente produrre per fusione.

Si riportano i risultati nella tabella che è strutturata in questo modo:

- riga d'intestazione: nome componente con il relativo codice identificativo BREMA;
- prima riga: numero pezzi/annuo
- seconda riga: costo di produzione per unità di prodotto del pezzo originale per la BREMA;
- terza riga: previsione di costo di produzione per unità di prodotto del finito industrializzato (non comprende il costo per il modello);
- quarta riga: differenza tra i due costi;
- quinta riga: il relativo percentuale di risparmio o perdita;
- sesta riga: costo per il modello;
- settima riga: numero di pezzi per ripagare dell'investimento per il modello;
- ottava riga: costo totale dell'intero lotto del pezzo originale
- nona riga: costo totale (comprese dell'investimento per il modello) dell'intero lotto del finito industrializzato;
- decima riga: differenza tra i due costi totali (costo tot finito – costo tot pezzo originale)
- undicesima riga: tempo di ritorno dell'investimento per il modello.

Nome componente (cod. BREMA)	SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE (027A00047)	CORPO CENTRALE DX (027A00050)	SUPPORTO GRUPPO CUSCINETTO MOTORE ASSE Y MORSA VERTICALE (027A00015)	SUPPORTO SUPERIORE Y (A10A00640)
Numero pezzi/anno	350	350	35	70
Costo BREMA (singolo pezzo)	21,81 €	28,5 €	120,22 €	62,2 €
Costo del finito dopo revisione (singolo pezzo)	13,02 €	12,62 €	114,92 €	55,09 €
Differenza dei 2 costi (Δ costi)	+ 8,79 €	+ 15,88 €	+ 5,30 €	+ 7,11 €
% di risparmio	40,3 %	55,7 %	4,4 %	11,4 %
Costo modello	1500 €	1600 €	1300 €	1600 €
Numero pezzi per ripagare il costo del modello	171	101	245	225
Costo BREMA (Intero lotto)	7.634€	9.975€	4.208€	4.354€
Costo del finito dopo revisione (intero lotto)	6.057€	6.017€	5.322€	5.456€
Differenza tra i costi totali	-1577€	-3.958€	+1.114€	+1102€
Tempo di ritorno investimento modello	6 mesi (0,5 anni)	3 mesi e mezzo (0,3 anni)	7 anni	3 anni

Tabella 5 -RIEPILOGO e CONFRONTO TRA I COSTI dei pezzi ORIGINALI e INDUSTRIALIZZATI PER FUSIONE

Osservazioni

Dalla tabella è possibile osservare:

- quarta riga: costo di produzione dei finiti industrializzati è inferiore rispetto al pezzo originale;

- quinta riga: la percentuale di risparmio è maggiore per i primi due componenti dovuto all'alto numero di pezzi/annui che permette una maggiore distribuzione del costo di produzione;
- decima riga: per i primi 2 componenti (SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE e CORPO CENTRALE DX) si ha un costo totale di produzione per fusione inferiore a quello dei pezzi originali; mentre per i restanti 2 componenti (SUPPORTO GRUPPO CUSCINETTO MOTORE ASSE Y MORSA VERTICALE e SUPPORTO SUPERIORE Y) il costo di produzione per fusione è maggiore al costo di produzione dei pezzi originali;
- undicesima riga: nei primi due componenti il numero di pezzi che permettono di ripagare il costo del modello è inferiore al numero dei pezzi/annui necessari.

4. CONCLUSIONI

Si può concludere che il lavoro di industrializzazione ha portato il seguente risultato:

➤ **È CONVENIENTE** PRODURRE PER FUSIONE IN SABBIA:

▪ **SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE (027A00047)**

Poiché si prevede un ritorno dell'investimento per il modello dopo circa sei mesi, portando un **risparmio totale effettivo** di circa poco superiore di **1500€ (1.577 €)**;

▪ **CORPO CENTRALE DX (027A00050)**

Poiché si prevede un ritorno dell'investimento per il modello dopo circa tre mesi e mezzo, portando un **risparmio totale effettivo** di circa poco inferiore di **4.000€ (3.958 €)**

➤ **NON È CONVENIENTE** PRODURRE PER FUSIONE IN SABBIA:

▪ **SUPPORTO GRUPPO CUSCINETTO MOTORE ASSE Y MORSA VERTICALE (027A00015)**

Poiché il risparmio che si ottiene per produrre per fusione viene mangiato tutto dal costo del modello, a causa del basso numero di pezzi, portando alla fine un **costo di produzione superiore** rispetto alla lavorazione dal pieno pari a più di **1100€ (1114€)**

▪ **SUPPORTO SUPERIORE Y (A10A00640)**

Poiché il risparmio che si ottiene per produrre per fusione viene mangiato tutto dal costo del modello, a causa del basso numero di pezzi, portando alla fine un **costo di produzione superiore** rispetto alla lavorazione dal pieno pari a più di **1100€ (1102€)**.

APPENDICI

A. APPENDICE DISEGNI TECNICI COMPONENTI ORIGINALI BREMA

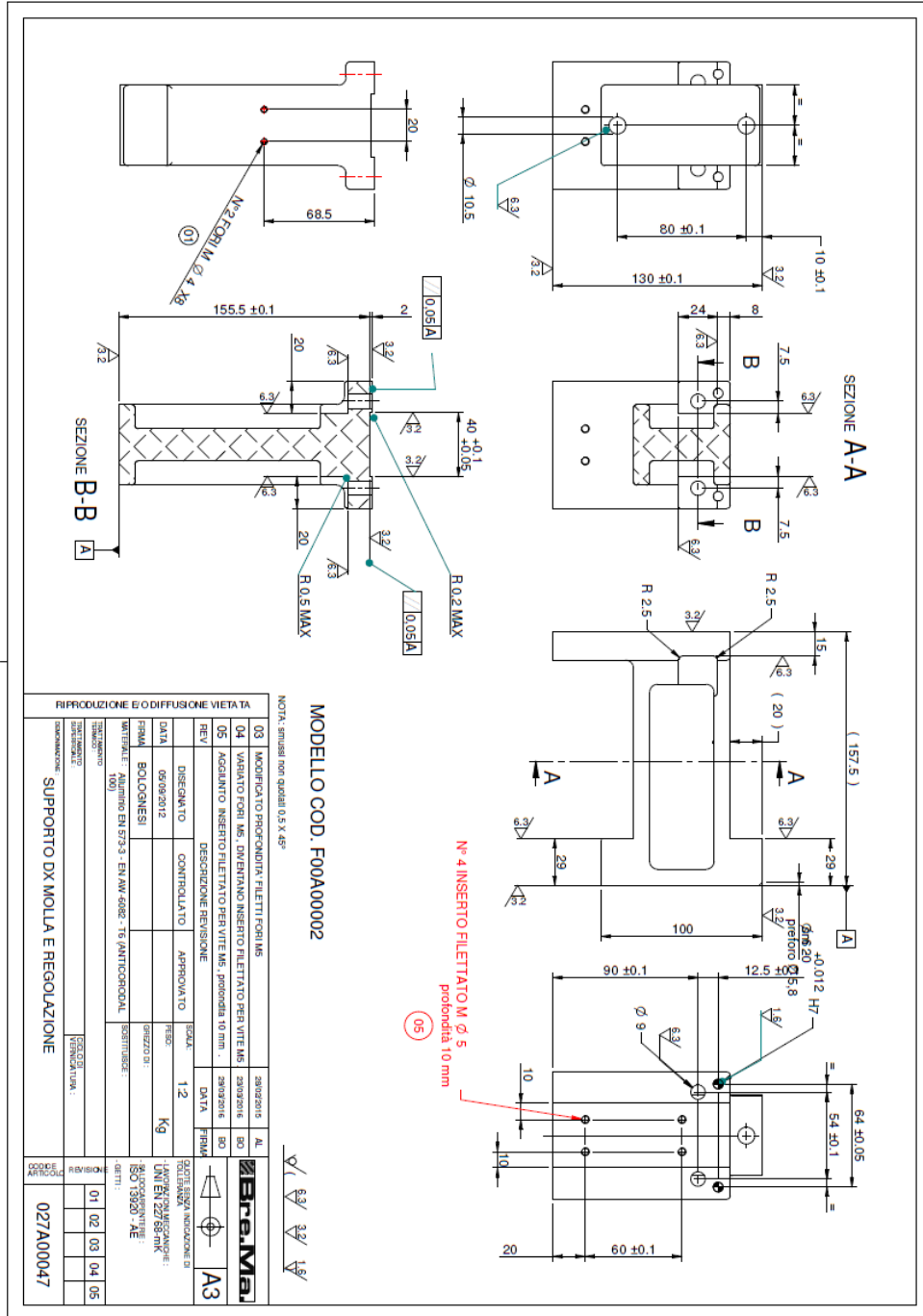


Figura 61 - Disegno tecnico del componente: SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE

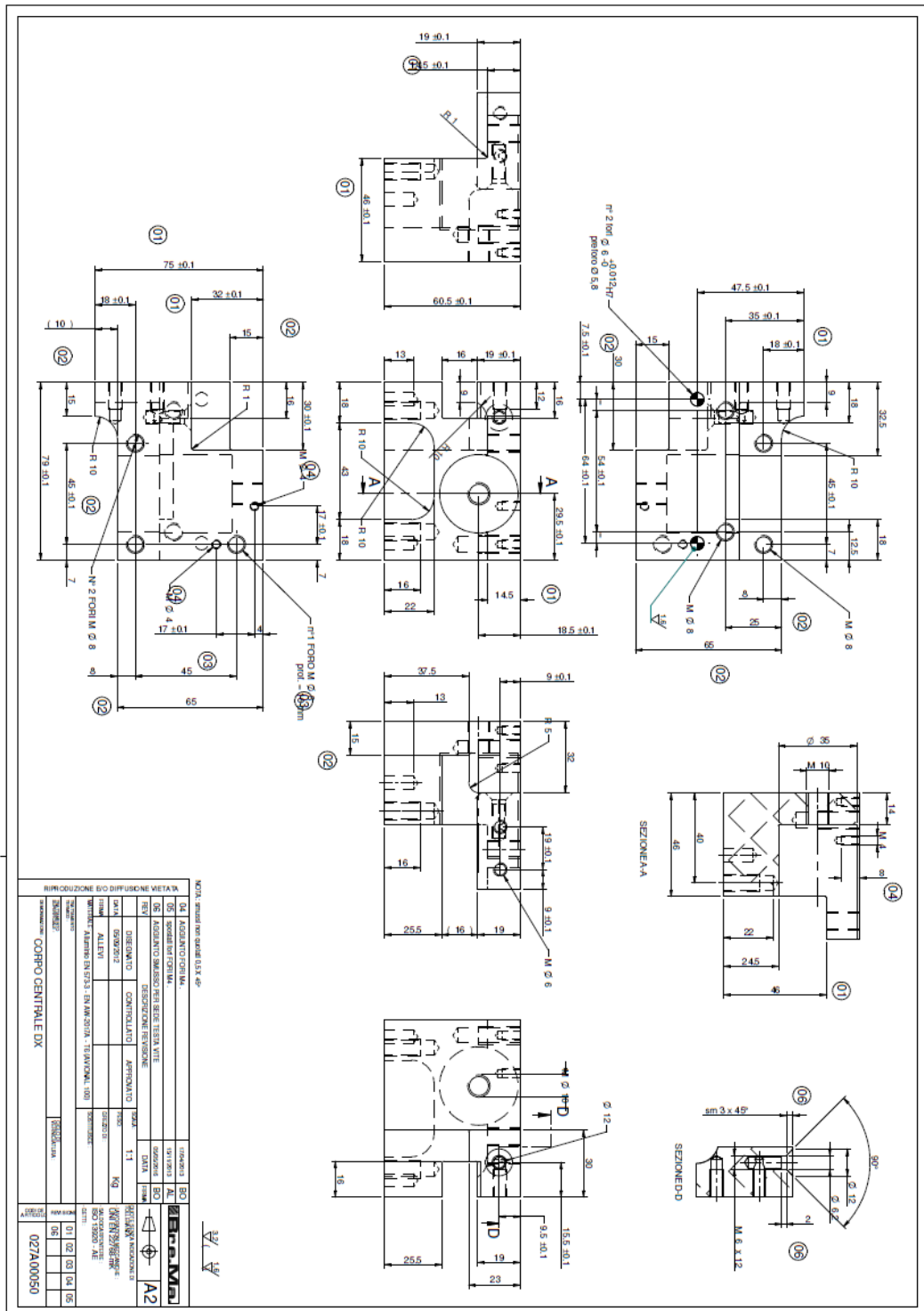


Figura 62 -Disegno tecnico CORPO CENTRALE DX

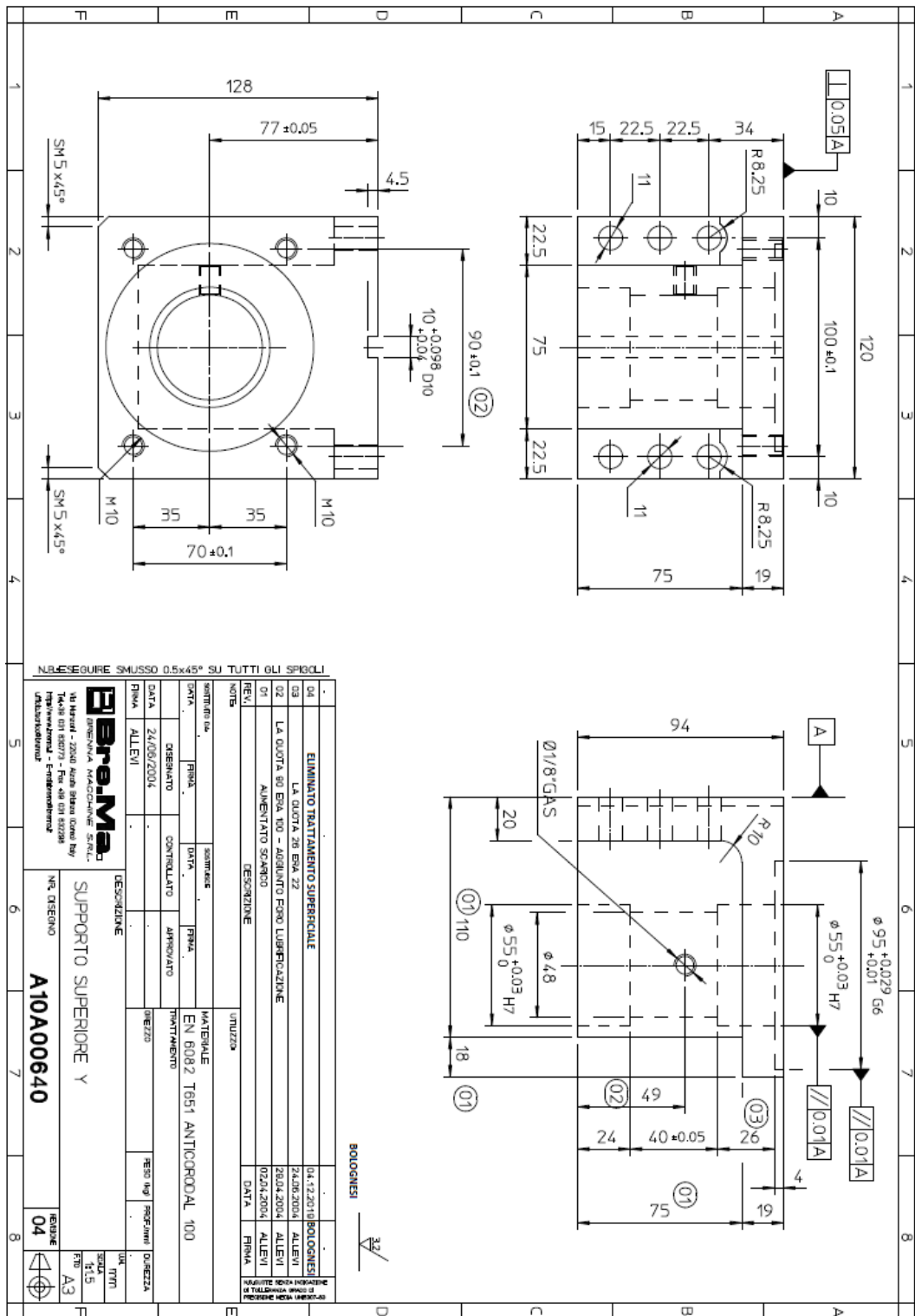


Figura 64 -Disegno tecnico SUPPORTO SUPERIORE Y

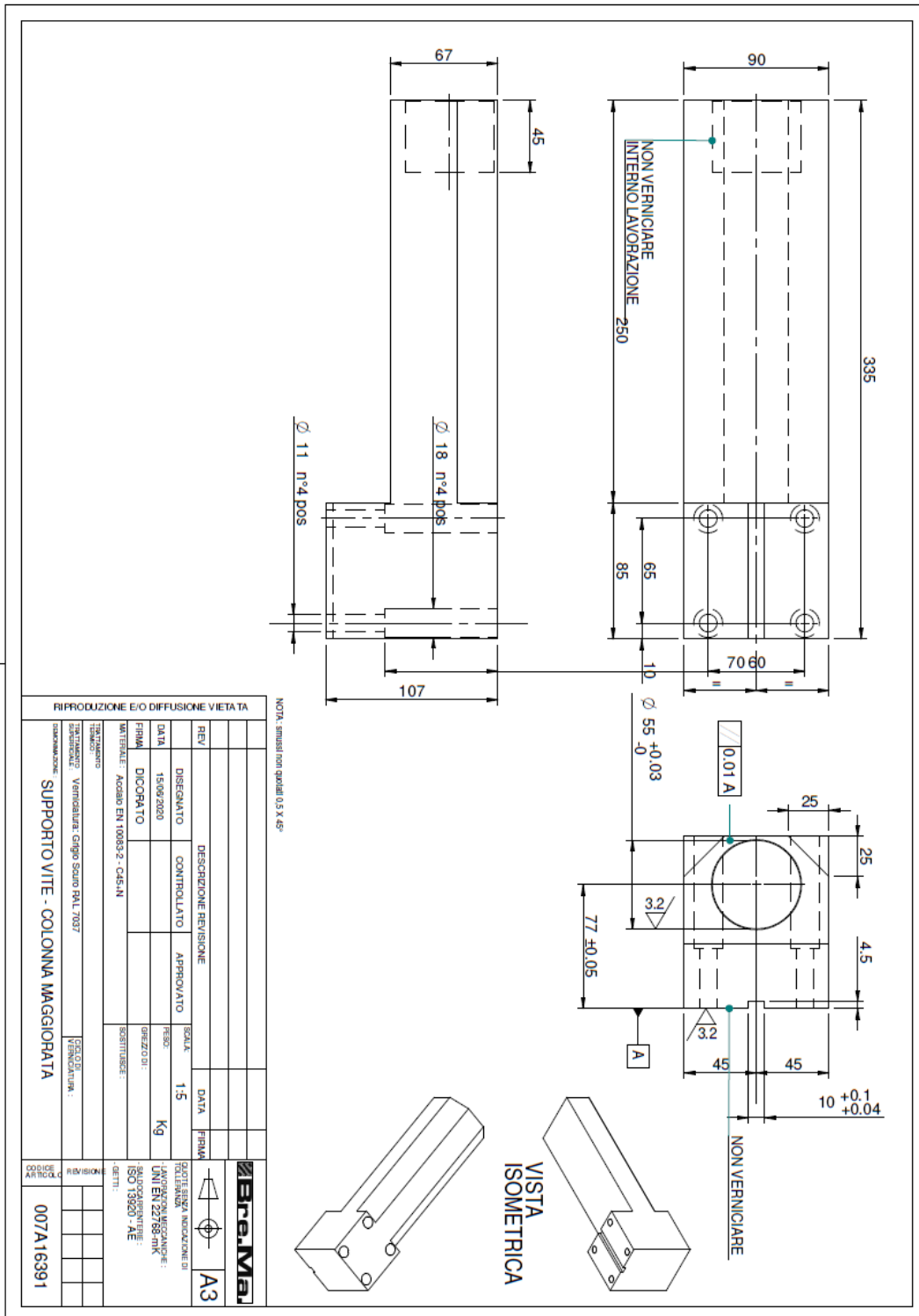


Figura 65 -Disegno tecnico SUPPORTO VITE - COLONNA MAGGIORATA

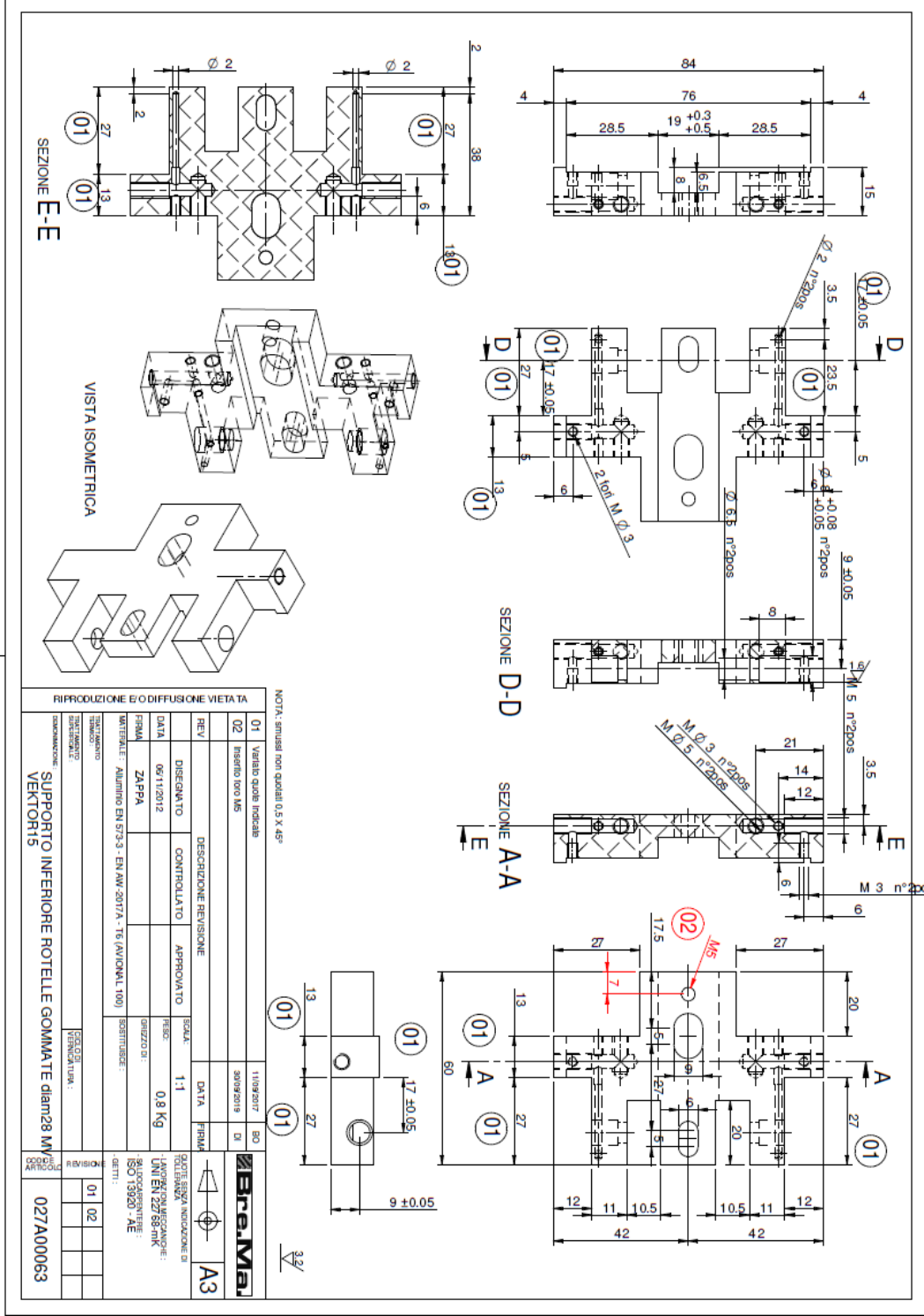


Figura 66 -Disegno tecnico SUPPORTO INFERIORE ROTELLE GOMMATE diam28 MV VEKTOR15

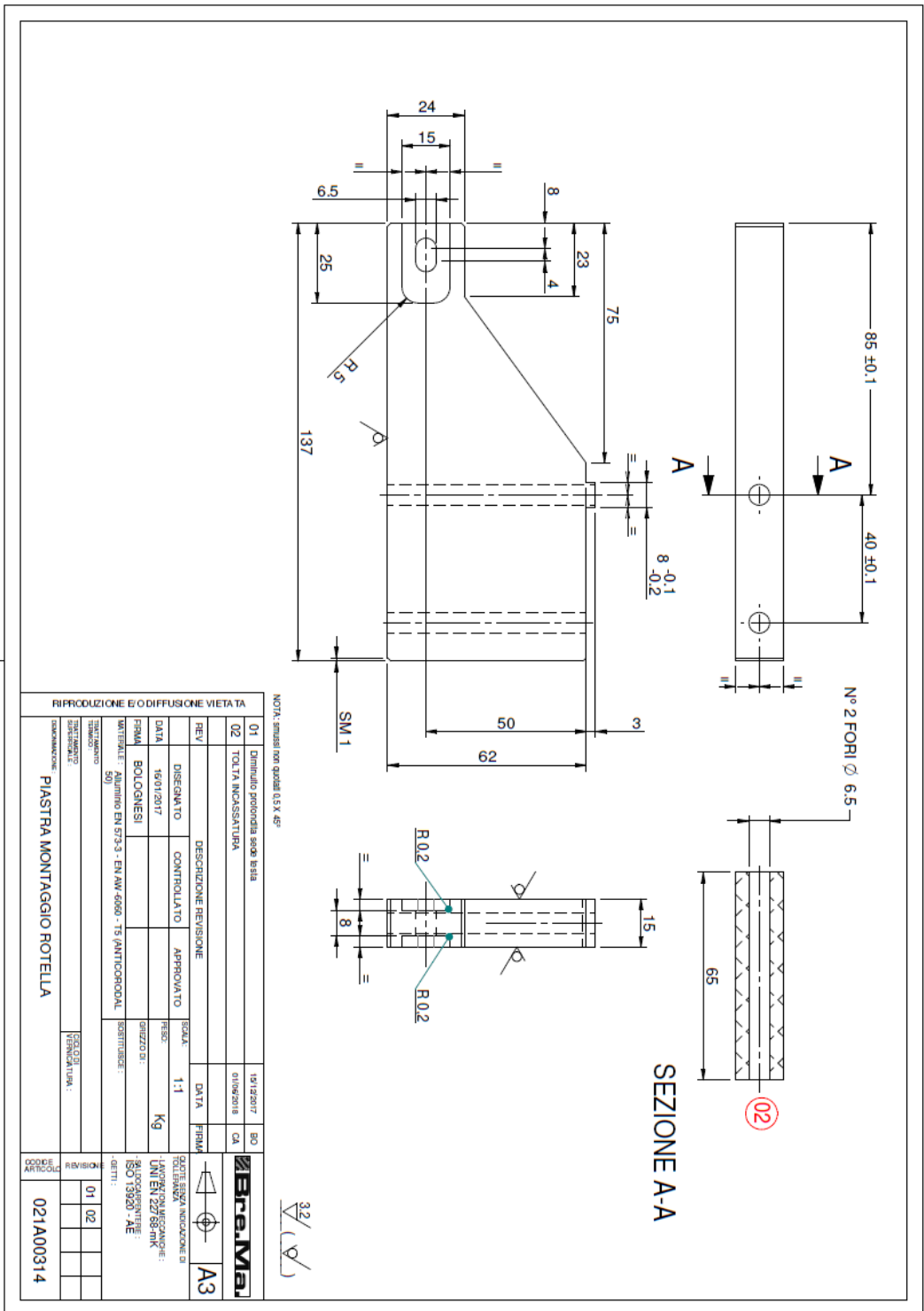


Figura 67 -Disegno tecnico PIASTRA MONTAGGIO ROTELLA

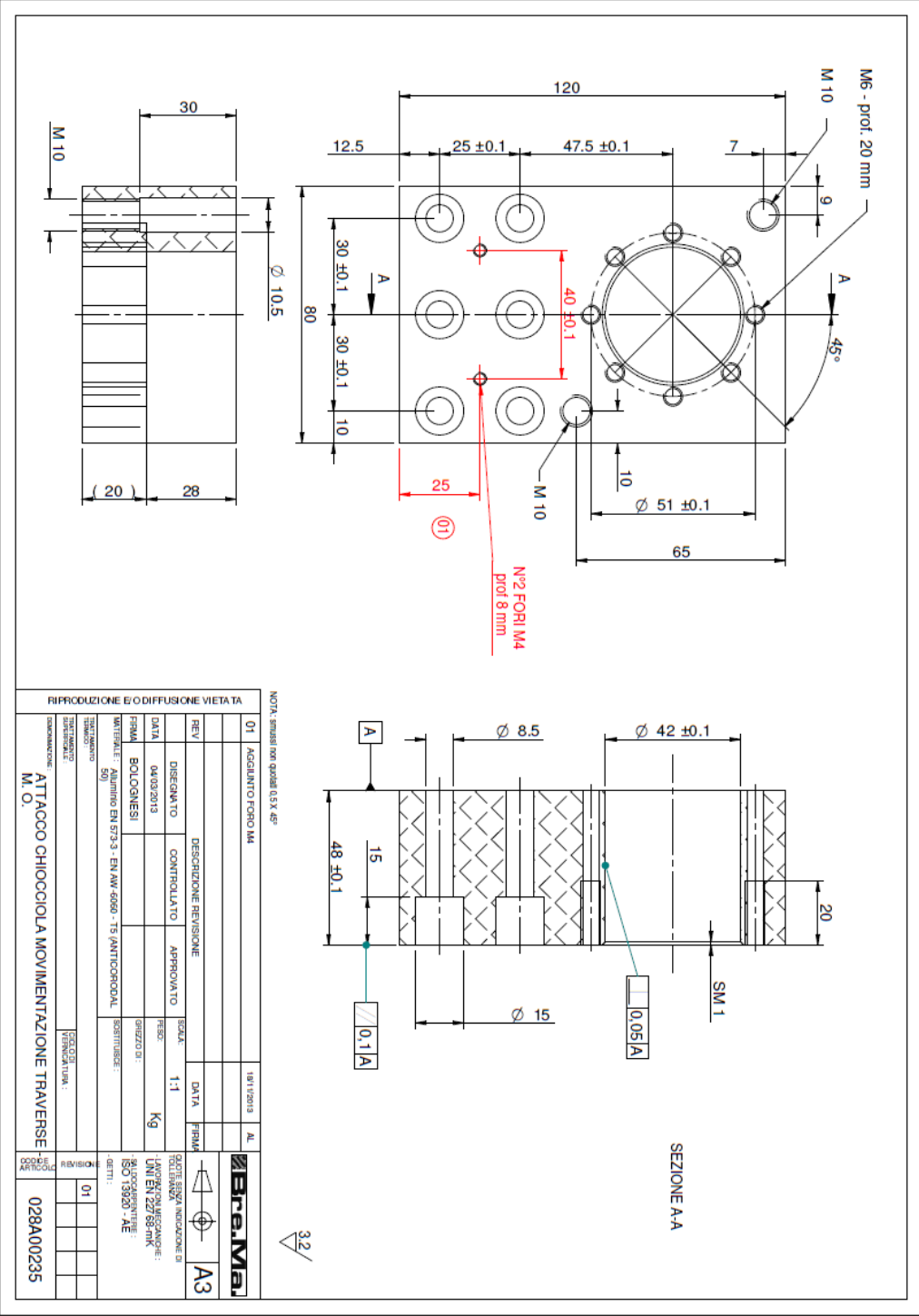


Figura 68 -Disegno tecnico ATTACCO CHIOCCIOLA MOVIMENTAZIONE TRAVERSE - M. O.

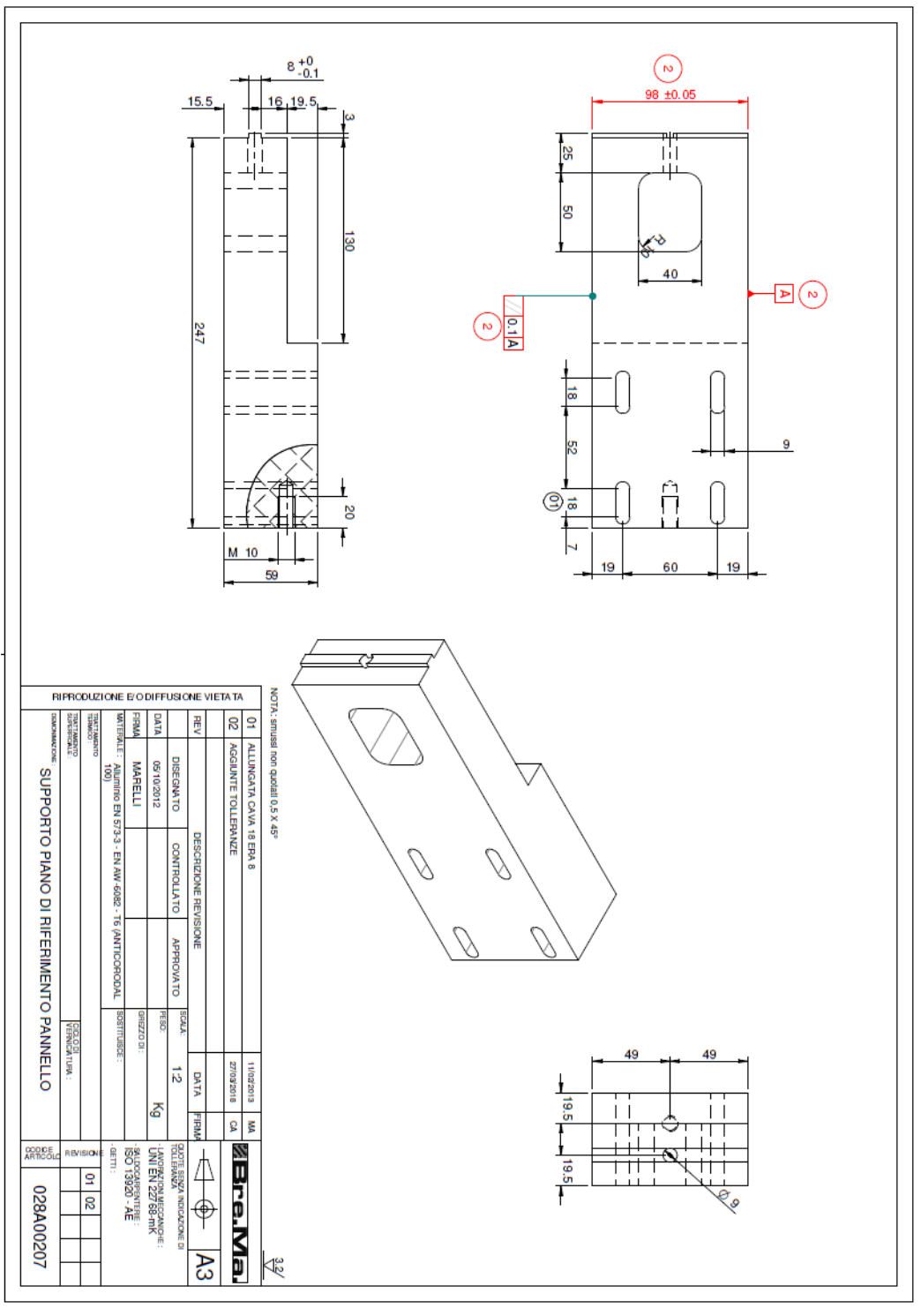


Figura 69 -Disegno tecnico SUPPORTO PIANO DI RIFERIMENTO PANNELLO

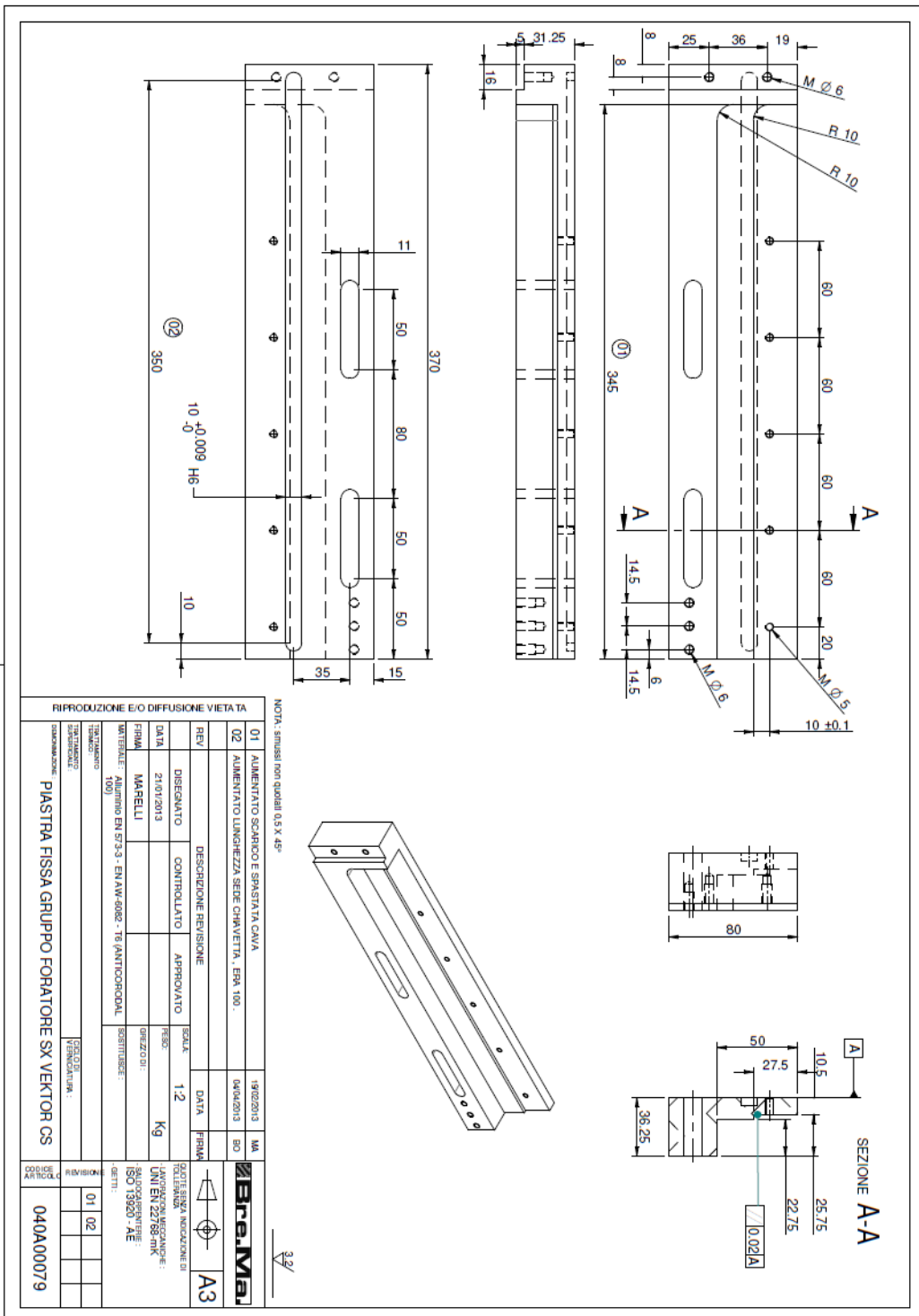


Figura 70 -Disegno tecnico PIASTRA FISSA GRUPPO FORATORE SX VEKTOR CS

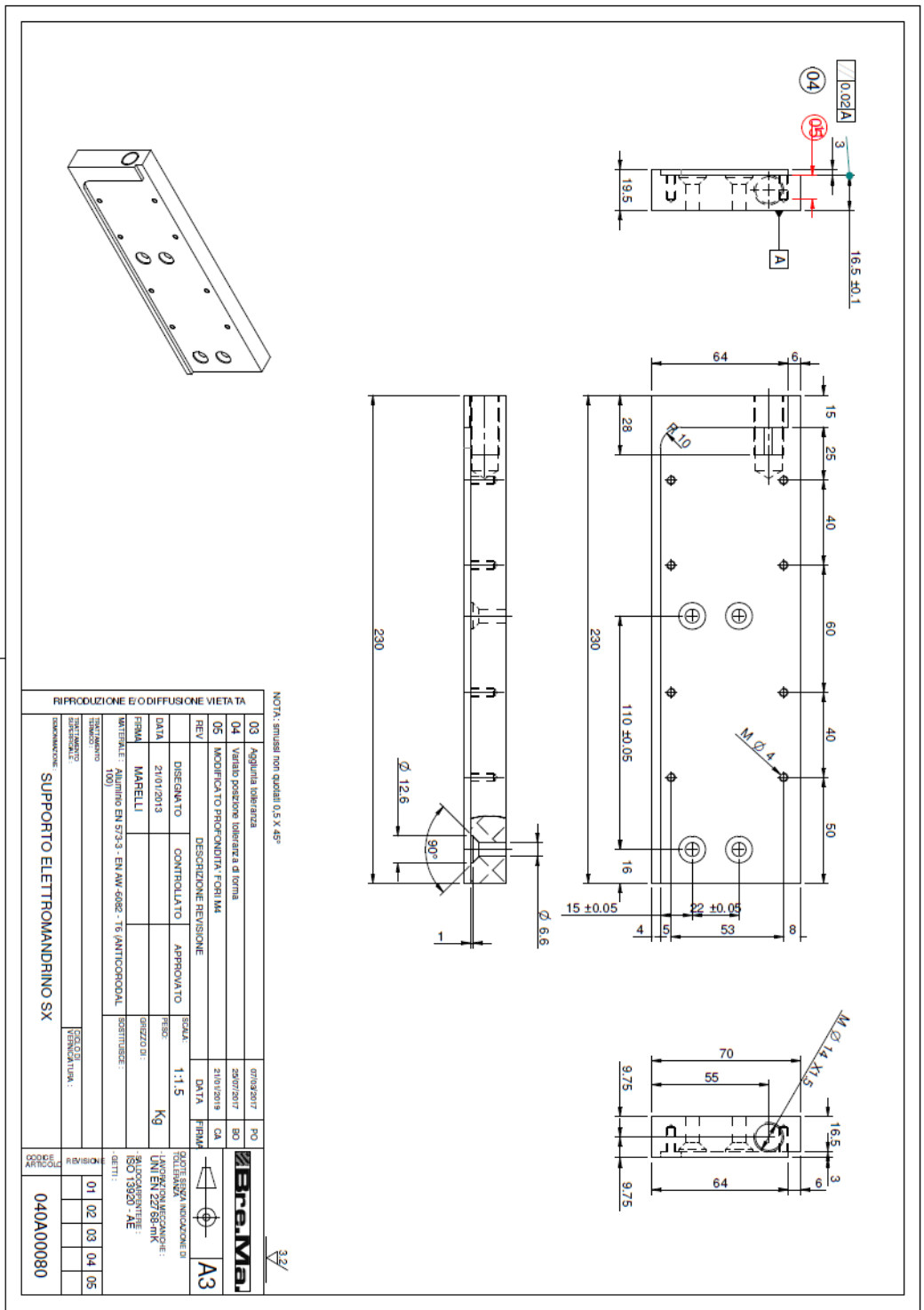


Figura 71 -Disegno tecnico SUPPORTO ELETTROMANDRINO SX

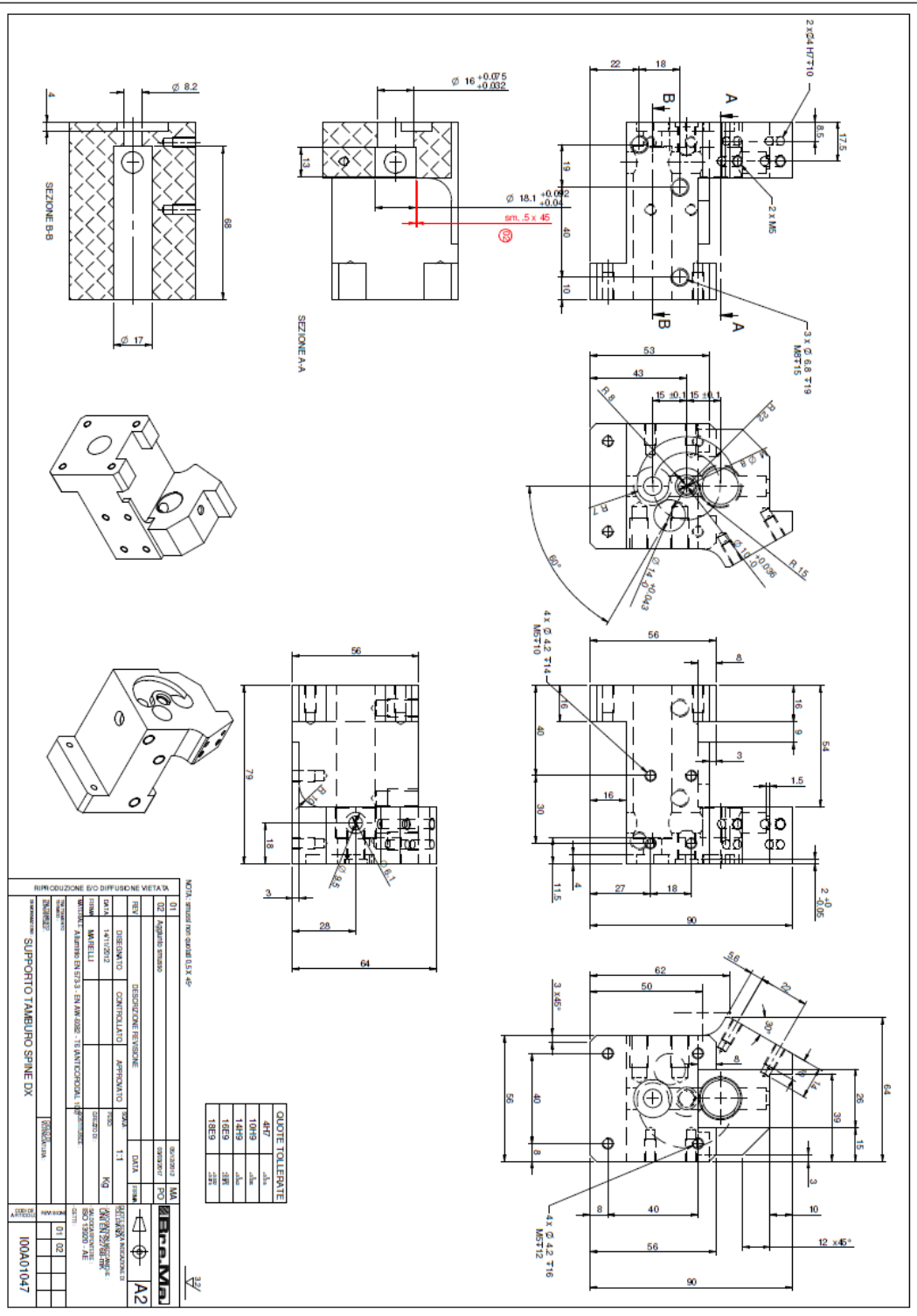


Figura 72 -Disegno tecnico SUPPORTO TAMBURO SPINE DX

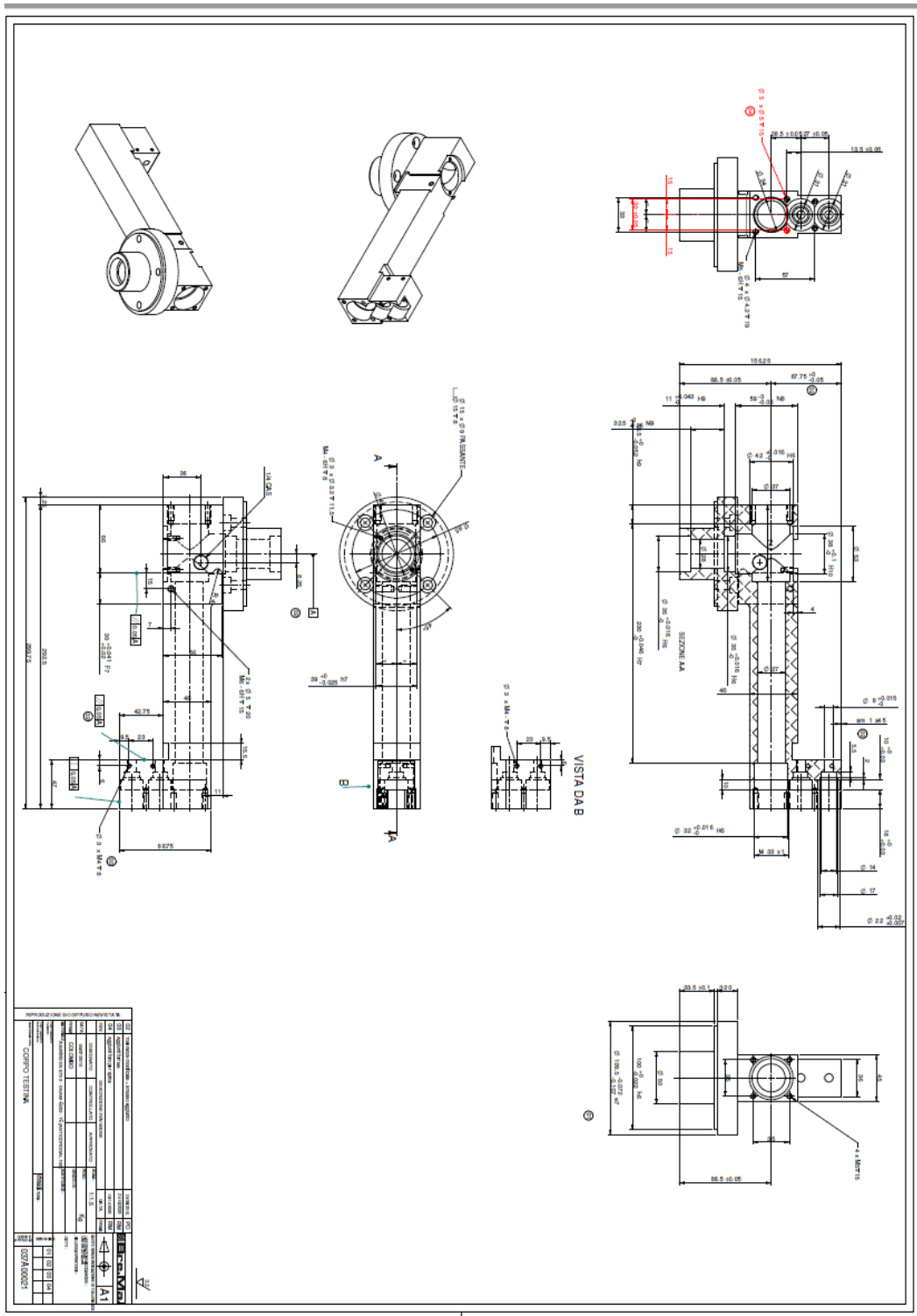


Figura 73- Disegno tecnico CORPO TESTINA

B. APPENDICE DISEGNI TECNICI GREZZI DI FUSIONE

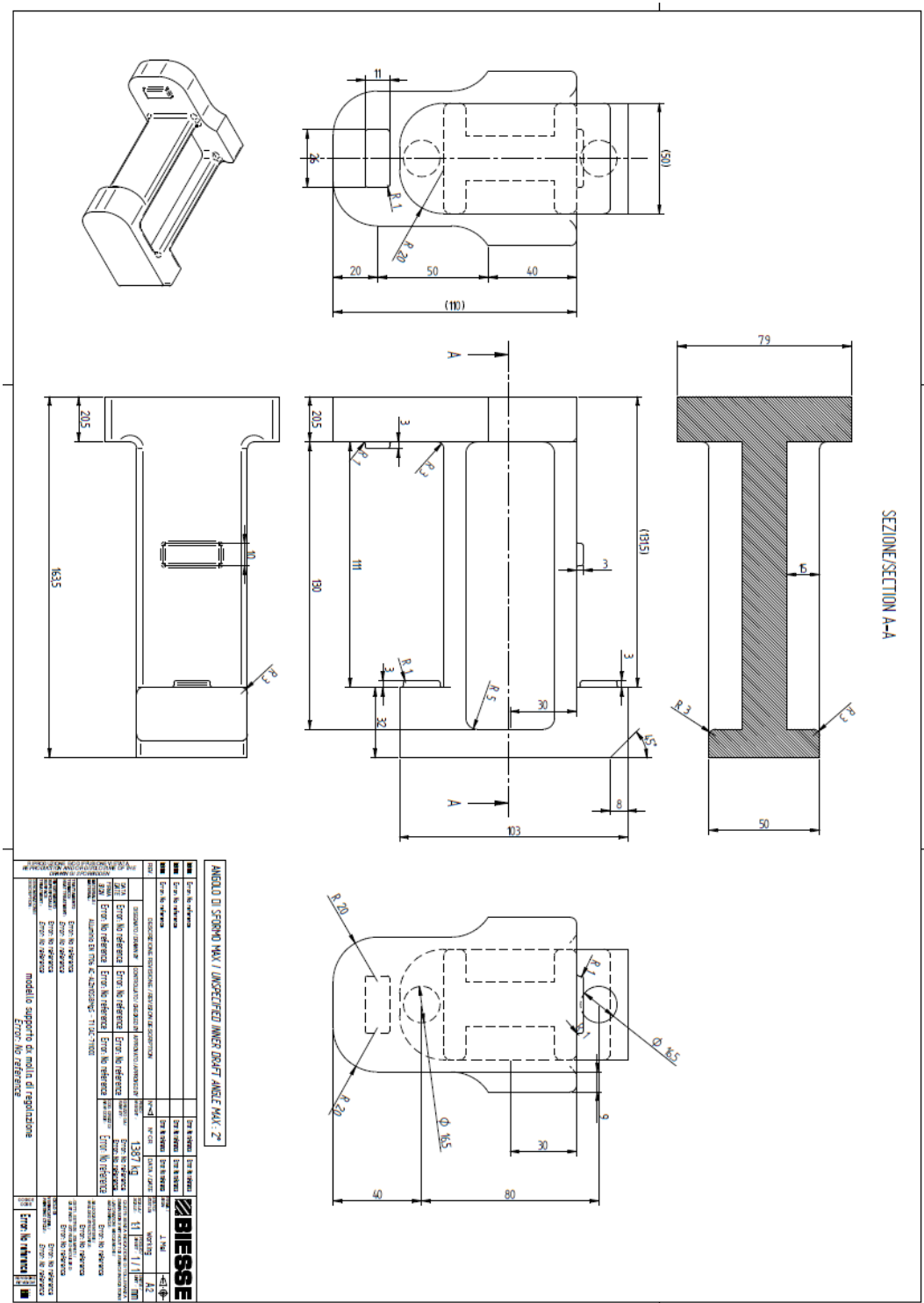


Figura 74SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE- grezzo di fusione

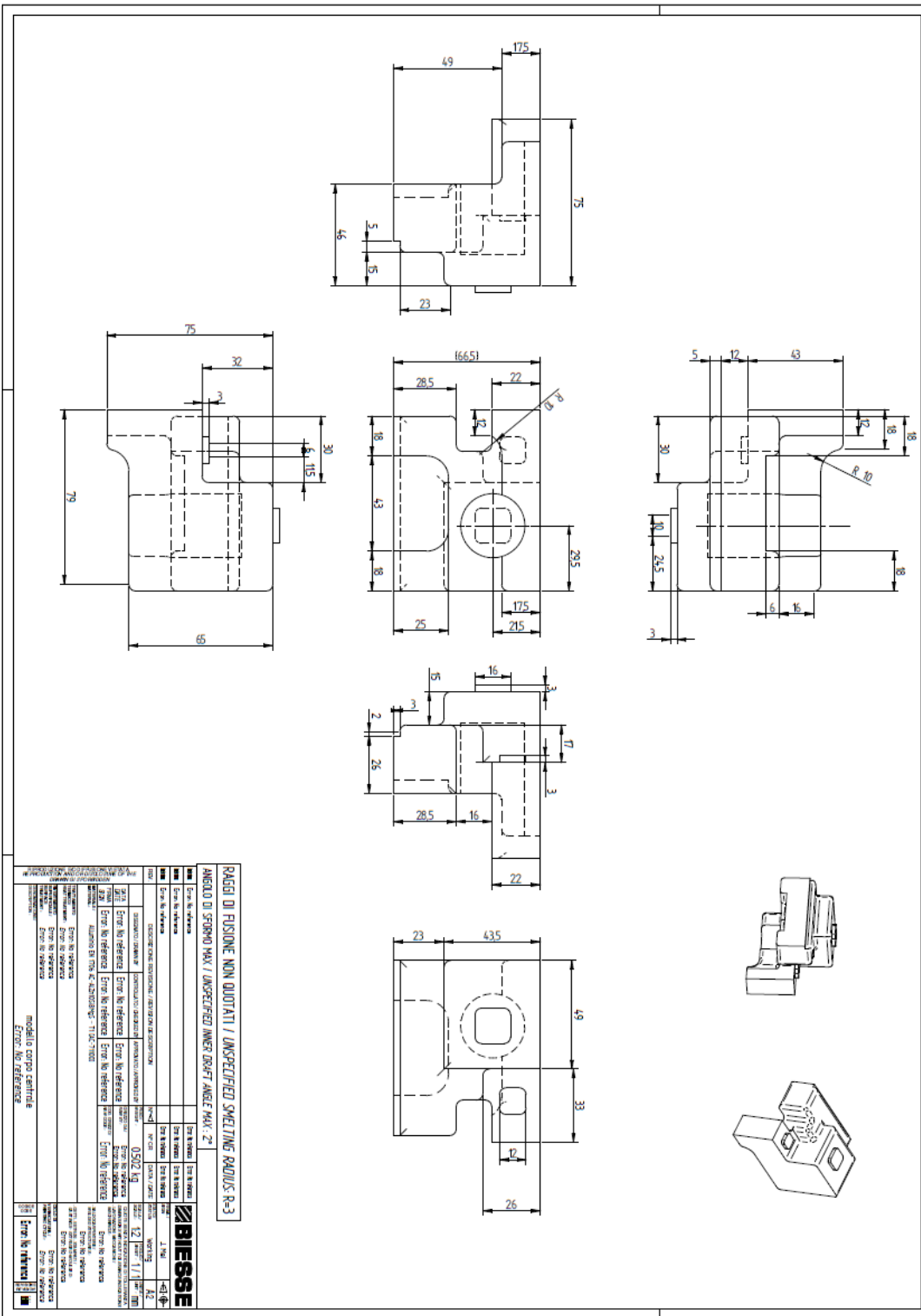


Figura 75 - grezzo di fusione CORPO CENTRALE DX

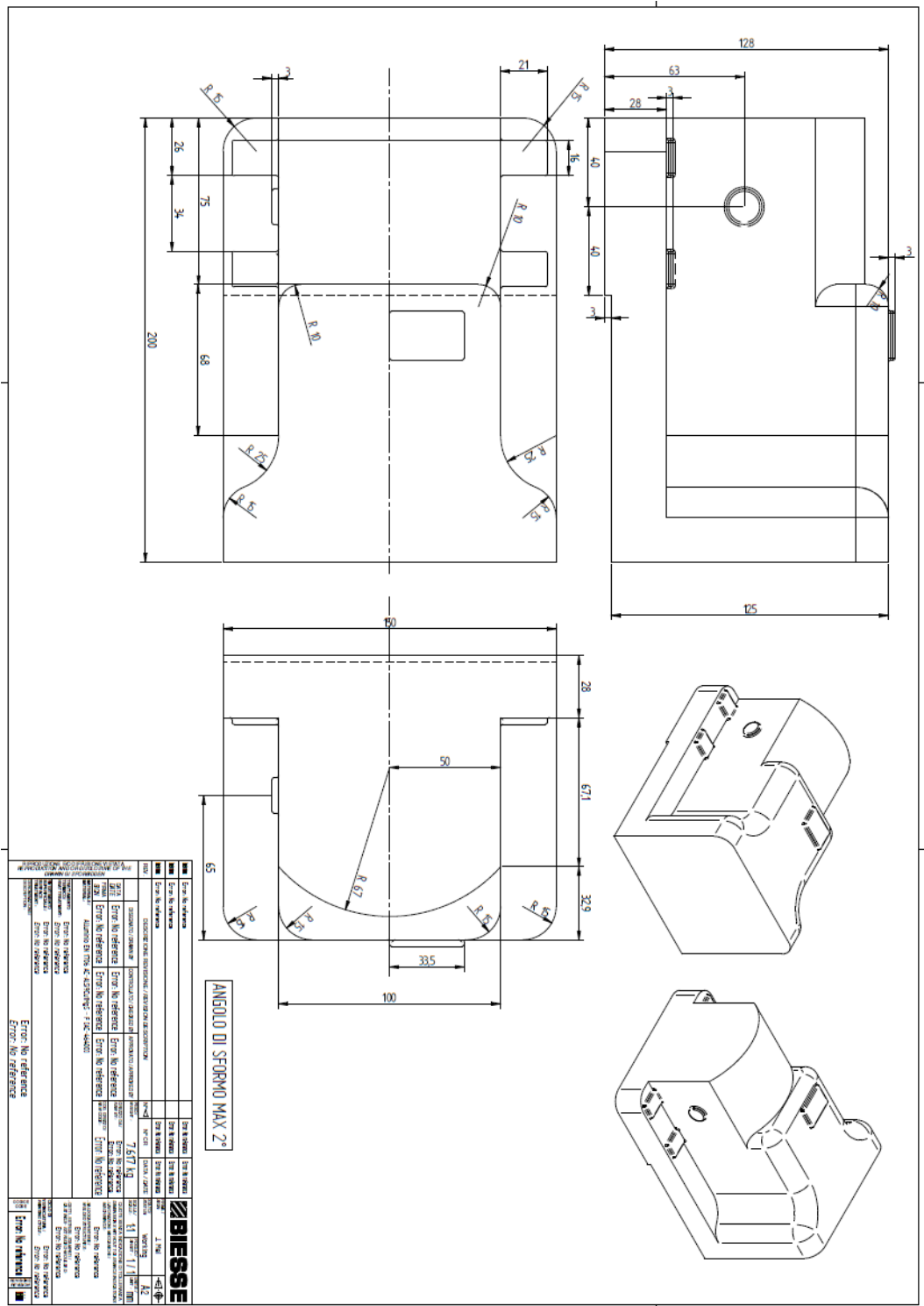


Figura 76 - grezzo di fusione SUPPORTO GRUPPO CUSCINETTO MOTORE ASSE Y MORSA VERTICALE

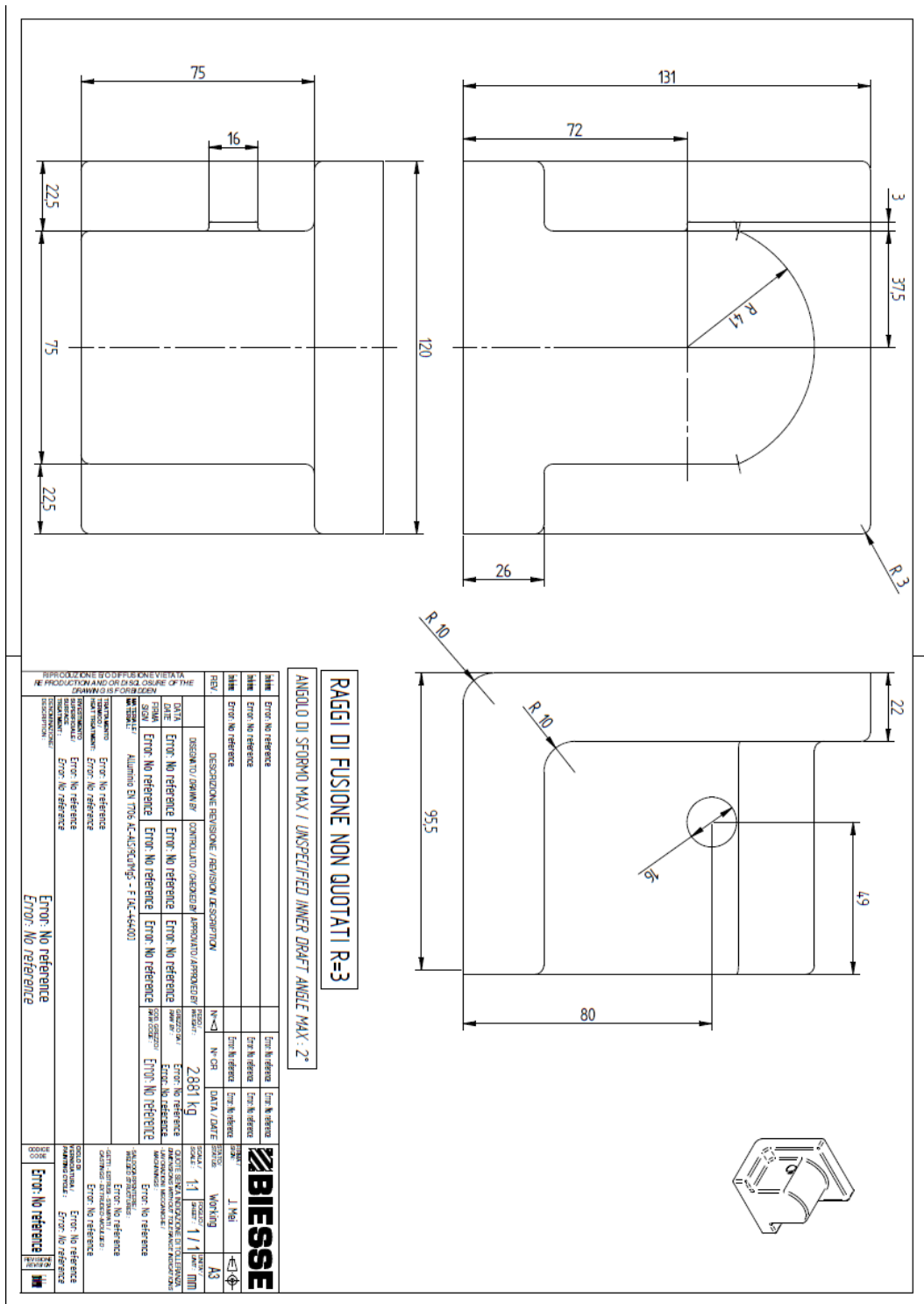


Figura 77 - grezzo di fusione SUPPORTO SUPERIORE Y

C. APPENDICE DISEGNI TECNICI FINITI INDUSTRIALIZZATI

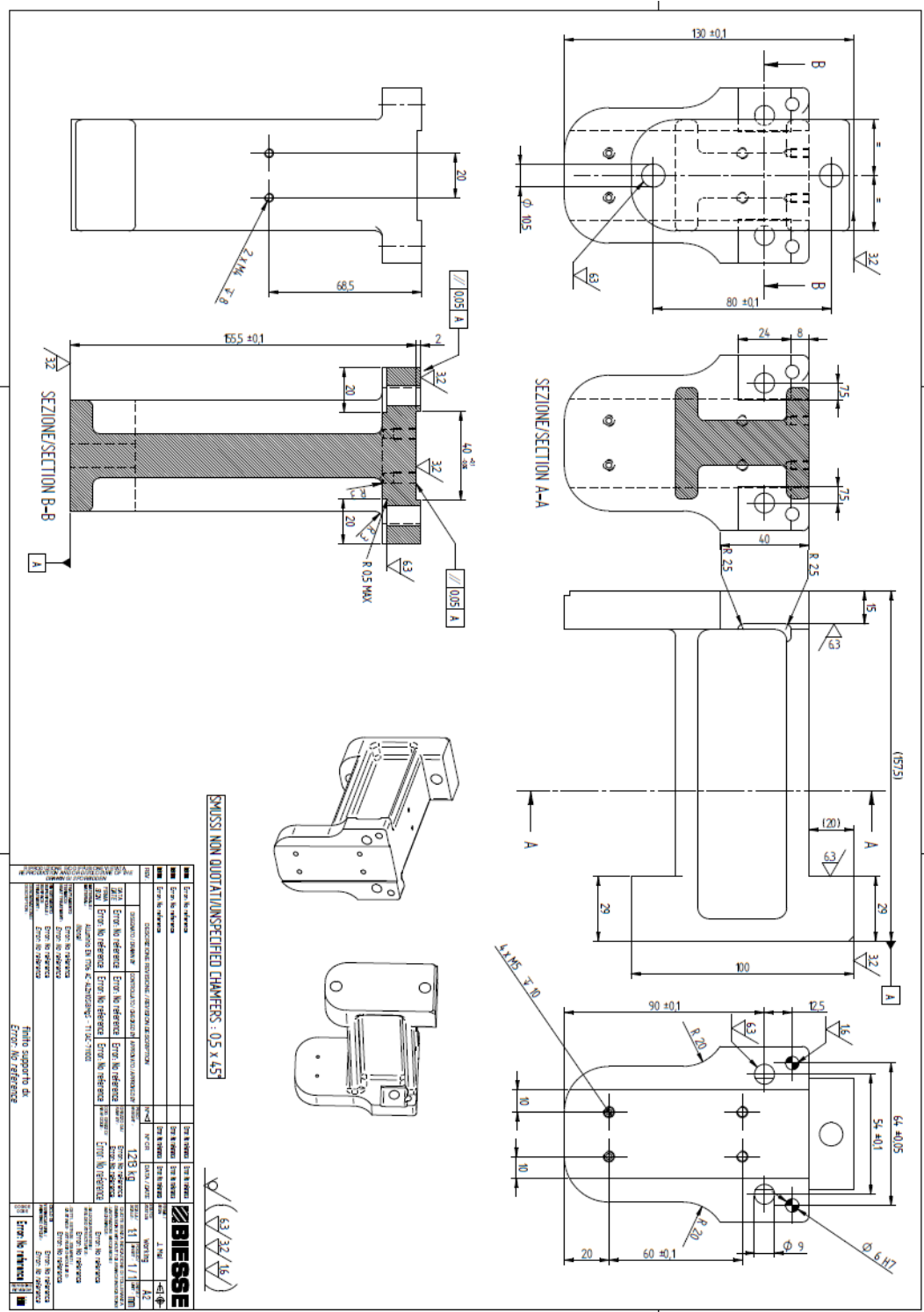


Figura 78 - finito industrializzato SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE

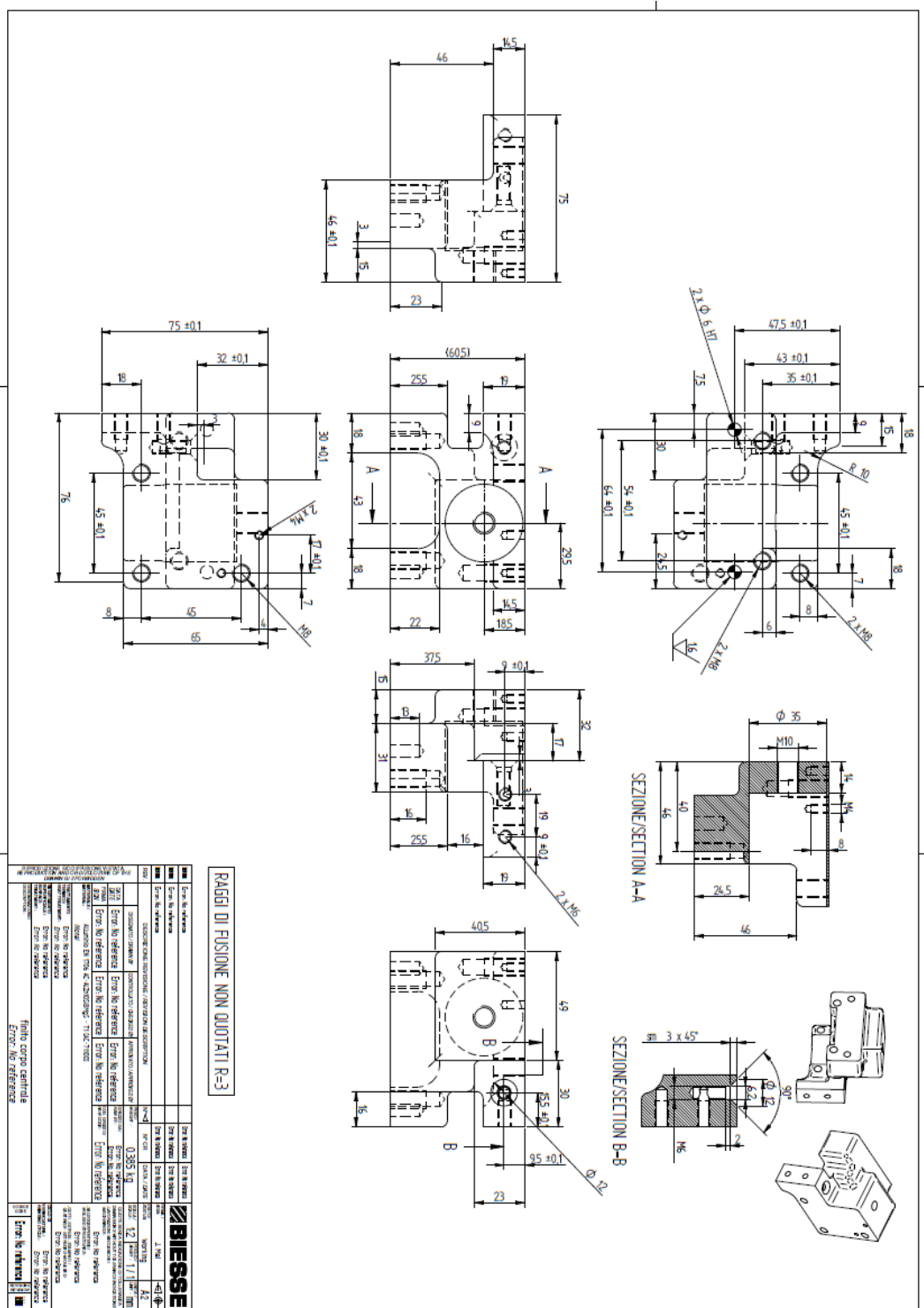


Figura 79 - finito industrializzato SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE

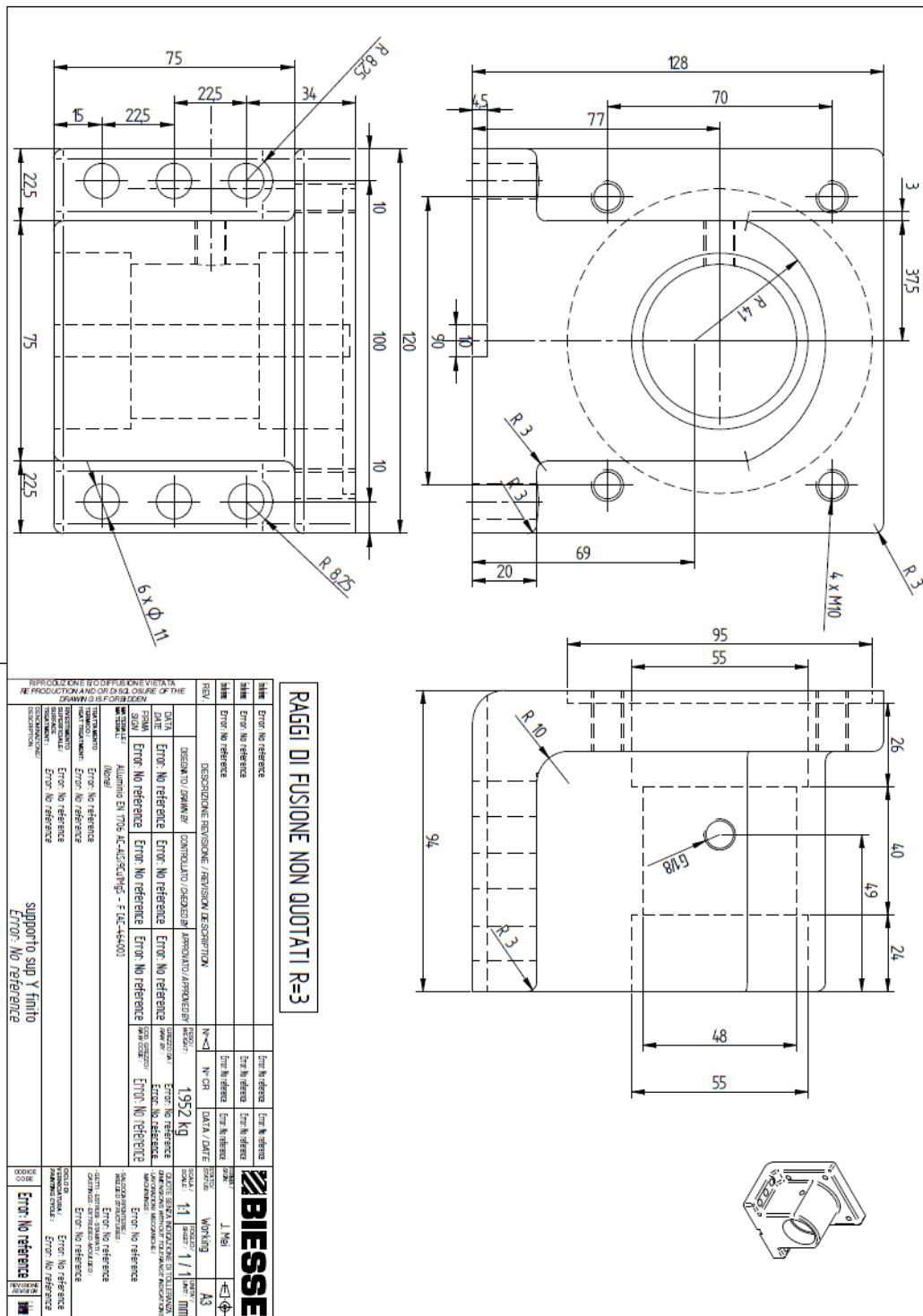


Figura 81 - finito industrializzato SUPPORTO SUPERIORE Y

Indice delle figure

Figura 1- confronto qualitativo tra approccio simultaneo (linea tratteggiata) e quello sequenziale (linea continua). ASCISSE->TEMPO (abbiamo tutta la progettazione che si divide: in progettazione in fase concettuale, fase esecutiva e fase di sviluppo del progetto e poi si passa alla produzione; ORDINATA->NUMERO DELLE MODIFICHE;	4
Figura 2 -L'EVOLUZIONE qualitativo DEI COSTI in funzione del tempo.....	4
Figura 3 – rappresentazione di una trasformazione ideale.....	5
Figura 4 -rappresentazione di una trasformazione reale	5
Figura 5 - trasformazione reale con anche una variabilità dello stato iniziale	6
Figura 6 - trasformazione reale corretta.....	6
Figura 7 -trasformazione reale non corretta.....	6
Figura 8 -angoli di sformo	10
Figura 9 -a sx volume specifico in funzione della temperatura; contrazione metallo in tre fasi: allo stato liquido; durante la solidificazione; allo stato solido. Al centro cono di ritiro sulla superficie libera (inizio solidificazione in corrispondenza pareti e del fondo e si ha un abbassamento del livello del liquido per la contrazione volumetrica. A dx cavità di ritiro tipico delle forme chiuse in quanto il flusso del calore in tutte le direzioni e rimane del liquido intrappolato all'interno del solido e per il fatto che il coefficiente di contrazione del liquido è maggiore del solido si ha la formazione di una cavità interna.....	13
Figura 10 - definizione dei parametri del taglio libero ed ortogonale	18
Figura 11 - sezione trasversale del truciolo	19
Figura 12 - visibile piano di scorrimento.....	19
Figura 13 – modello PIJSPANEN	19
Figura 14 – VEKTOR 13/15 (lettere indicano orientamento della macchina).....	23
Figura 15 - Gruppo morsa verticale.....	24
Figura 16 - SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE.....	25
Figura 17 - CORPO CENTRALE DX.....	25

Figura 18 - SUPPORTO GRUPPO CUSCINETTO MOTORE ASSE Y MORSA VERTICALE	25
Figura 19 - Gruppo Asse Y	26
Figura 20 -SUPPORTO SUPERIORE Y (giallo).....	26
Figura 21 -SUPPORTO VITE - COLONNA MAGGIORATA (arancione).....	26
Figura 22 – Gruppo traino	27
Figura 23 -SUPPORTO INFERIORE ROTELLE GOMMATE diam28 MV VEKTOR15 (arancione).....	27
Figura 24 - Gruppo Morsa Orizzontale.....	28
Figura 25 -PIASTRA MONTAGGIO ROTELLA (giallo)	29
Figura 26- ATTACCO CHIOCCIOLA MOVIMENTAZIONE TRAVERSE - M. O.(arancione)	29
Figura 27 - Gruppo colonne CS.....	29
Figura 28 -SUPPORTO PIANO DI RIFERIMENTO PANNELLO (verde)	30
Figura 29 -PIASTRA FISSA GRUPPO FORATORE SX VEKTOR CS (blu)	30
Figura 30 -SUPPORTO ELETTROMANDRINO SX (giallo).....	30
Figura 31 -SUPPORTO TAMBURO SPINE DX (arancione).....	30
Figura 32 -AGGREGATO COLLO D'OCA	31
Figura 33 -CORPO TESTINA (azzurro).....	31
Figura 34- Disegno tecnico del componente originale SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE in rosso viene rappresentato aggiunta di sovrasspessore	36
Figura 35 – componente originale con la superficie da eliminare (in cerchietto)	37
Figura 36 -grezzo di fusione con la soluzione adottata	37
Figura 37 - in evidenza le superfici che si vogliono modificare.....	38
Figura 38 -grezzo con rastremazione e raggi di raccordo.....	38
Figura 39 -piano di divisione ASSE DI SIMMETRIA del grezzo di fusione	39
Figura 40 -Grezzo di fusione con superfici colorate: indicano superfici funzionali con sovrametallo su cui devono essere eseguite le lavorazioni alle MU.....	39
Figura 41 -Finito industrializzato SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE ..	39
Figura 42 - è possibile osservare come è ripartito il costo del finito SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE:	40

Figura 43 -Disegno tecnico del componente originale CORPO CENTRALE DX; in rosso viene rappresentato aggiunta di sovrassessore.....	41
Figura 44 -in evidenza le modifiche avvenute per ottenere il grezzo di fusione	42
Figura 45 -in evidenza le zone del componente originale che si vuole modificare..	42
Figura 46 -a sinistra il grezzo di fusione; a destra due viste opposte; in blu si evidenzia il piano di divisione (in quanto pezzo non simmetrico).....	42
Figura 47 -finito industrializzato CORPO CENTRALE DX	43
Figura 48 - è possibile osservare come è ripartito il costo del finito CORPO CENTRALE DX:.....	44
Figura 49 -Disegno tecnico del componente originale SUPPORTO GRUPPO CUSCINETTO MOTORE ASSE Y MV in rosso viene rappresentato aggiunta di sovrassessore	45
Figura 50--in evidenza le modifiche avvenute per ottenere il grezzo di fusione.....	46
Figura 51-in evidenza le zone del componente originale che vengono modificare..	46
Figura 52 -a sx grezzo di fusione (sup. colorate indicano sovrassessore); a dx si può vedere il piano di divisione che passa lungo l'asse di simmetria	46
Figura 53 -finito industrializzato SUPPORTO GRUPPO CUSCINETTO MOTORE ASSE Y MV	47
Figura 54 - è possibile osservare come è ripartito il costo del finito SUPPORTO GRUPPO CUSCINETTO MOTORE ASSE Y MORSA VERTICALE:.....	48
Figura 55 -Disegno tecnico del componente originale SUPPORTO SUPERIORE Y in rosso viene rappresentato aggiunta di sovrassessore.....	49
Figura 56 -in evidenza la zona del componente originale che si vuole modificare...	50
Figura 57 -sx grezzo di fusione del SUPPORTO SUPERIORE Y; a dx si può vedere il piano di divisione lundo l'asse di simmetria	51
Figura 58 --finito industrializzato SUPPORTO SUPERIORE Y	51
Figura 59 -stima costi del finito industrializzato SUPPORTO SUPERIORE Y	51
Figura 60 -è possibile osservare come è ripartito il costo del finito SUPPORTO SUPERIORE Y:.....	52
Figura 61 - Disegno tecnico del componente: SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE	59

Figura 62 -Disegno tecnico CORPO CENTRALE DX.....	60
Figura 63 - Disegno tecnico SUPPORTO GRUPPO CUSCINETTO MOTORE ASSE Y MORSA VERTICALE	61
Figura 64 -Disegno tecnico SUPPORTO SUPERIORE Y.....	62
Figura 65 -Disegno tecnico SUPPORTO VITE - COLONNA MAGGIORATA	63
Figura 66 -Disegno tecnico SUPPORTO INFERIORE ROTELLE GOMMATE diam28 MV VEKTOR15.....	64
Figura 67 -Disegno tecnico PIASTRA MONTAGGIO ROTELLA	65
Figura 68 -Disegno tecnico ATTACCO CHIOCCIOLA MOVIMENTAZIONE TRAVERSE - M. O.	66
Figura 69 -Disegno tecnico SUPPORTO PIANO DI RIFERIMENTO PANNELLO	67
Figura 70 -Disegno tecnico PIASTRA FISSA GRUPPO FORATORE SX VEKTOR CS.....	68
Figura 71 -Disegno tecnico SUPPORTO ELETTROMANDRINO SX	69
Figura 72 -Disegno tecnico SUPPORTO TAMBURO SPINE DX	70
Figura 73- Disegno tecnico CORPO TESTINA.....	71
Figura 74SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE- grezzo di fusione.....	72
Figura 75 - grezzo di fusione CORPO CENTRALE DX	73
Figura 76 - grezzo di fusione SUPPORTO GRUPPO CUSCINETTO MOTORE ASSE Y MORSA VERTICALE	74
Figura 77 - grezzo di fusione SUPPORTO SUPERIORE Y	75
Figura 78 - finito industrializzato SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE	76
Figura 79 - finito industrializzato SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE ..	77
Figura 80 - finito industrializzato SUPPORTO GRUPPO CUSCINETTO MOTORE ASSE Y MORSA VERTICALE	78
Figura 81 - finito industrializzato SUPPORTO SUPERIORE Y	79

Indice delle tabelle

Tabella 1 -raccolta informazioni su FUNZIONE, CONTESTO DI MONTAGGIO, numero di pezzi annui per ogni componente	32
Tabella 2 -stima costi SUPPORTO DX MOLLA E REGOLAZIONE industrializzato	40
Tabella 3 -stima costi del finito industrializzato CORPO CENTRALE DX.....	43
Tabella 4 - stima costi del finito industrializzato SUPPORTO GRUPPO CUSCINETTO MOTORE ASSE Y MORSA VERTICALE.....	47
Tabella 5 -RIEPILOGO e CONFRONTO TRA I COSTI dei pezzi ORIGINALI e INDUSTRIALIZZATI PER FUSIONE	55

bibliografia e sitografia

- [1] «Concurrent Engineering - Manufacturing Terms,» 10 ottobre 2009. [Online]. Available: <https://www.manufacturingterms.com/Italian/Concurrent-Engineering-Definition.html>. [Consultato il giorno giugno 2021].
- [2] R. F. Gabrielli, *Analisi e tecnologia delle lavorazioni meccaniche*, McGraw-Hill, 2008.
- [3] «Fusioni in terra, sabbia, conchiglia, shell molding | CAST IRON,» [Online]. Available: <http://www.fv-cast.com/produzione>. [Consultato il giorno febbraio 2021].
- [4] «Società Biesse,» dicembre 2020. [Online]. Available: https://www.biessegroup.com/it/chi_siamo.
- [5] «biesse group,» [Online]. Available: https://www.biessegroup.com/it/chi_siamo/qualit%C3%A0. [Consultato il giorno dicembre 2020].
- [6] S. T. Emilio Chirone, *disegno tecnico INDUSTRIALE, il capitello*, ED. 2011.