

Progetto: “BOOM - Studio e progettazione di una attrezzatura per l'assemblaggio e la saldatura automatica di parti strutturali complesse di componenti di macchine per movimento terra”

## *Relazione di fine progetto*

DATA INIZIO LAVORI: 01 ottobre 2009

DATA FINE LAVORI: 28 ottobre 2010

### **Indice**

1. Introduzione .....	2
2. Attività svolte .....	2
3. risultati prodotti anche in relazione agli obiettivi prefissati.....	24
4. tempi di attuazione .....	25
5. modalità di prestazione del servizio.....	25
6. professionalità impiegati e valorizzazione economica.....	26
7. eventuale incremento occupazionale realizzato .....	26

## 1. Introduzione

La presente relazione di fine progetto costituisce il resoconto delle attività svolte, dei risultati prodotti, dei tempi di attuazione, delle modalità di prestazione del servizio, dei fornitori e dell'eventuale incremento occupazionale nell'ambito del progetto "BOOM – Studio e progettazione di una attrezzatura per l'assemblaggio e la saldatura automatica di parti strutturali complesse di componenti di macchine per movimento terra" di ROGGI srl, nell'ambito dell'Intervento PRSE 2007-2010 Linea d'intervento 1.4 e POR CreO FESR 2007-2013 – linea di intervento 1.3. b "Aiuti alle PMI per l'acquisizione di Servizi Qualificati".

La presente relazione accompagna la domanda di pagamento a titolo di saldo, come richiesto al punto 13.6.4 A del bando di riferimento.

## 2. Attività svolte

### **FASE 1 – Studio e analisi delle specifiche del ciclo per la produzione delle parti strutturali dei componenti le macchine di movimento terra**

Le attività relative alla fase 1, svolta presso la ditta ROGGI e finalizzata allo studio e analisi delle specifiche del ciclo realizzativo di parti strutturali di macchine per il movimento terra, hanno avuto inizio dalla selezione del particolare sul quale indirizzare gli studi previsti dal progetto. I criteri di selezione per l'individuazione del particolare, sono stati i seguenti:

- a) complessità realizzativa: il particolare doveva essere composto da un significativo numero di pezzi assemblati mediante saldatura;
- b) condizioni di lavoro gravose: il particolare doveva essere impiegato in condizioni di stress meccanico ove fossero necessarie saldature eseguite a regola d'arte e dove costituissero elemento fondamentale dell'affidabilità del pezzo;
- c) tolleranze di lavorazione: il particolare non doveva richiedere lavorazioni meccaniche di "finitura" atte a correggere eventuali errori di disallineamento dovuti alla saldatura.

Dall'insieme dei pezzi visionati, è stato scelto il BOOM che per le sue caratteristiche funzionali e la conseguente complessità rappresenta pienamente le problematiche di produzione, oggetto del presente studio.

La parte in oggetto è l'organo centrale di un sistema articolato che sostiene e comanda il movimento dell' "end effector" (benna) con cui si eseguono le opere di scavo del suolo. Il BOOM ha la funzione prevalente di leva ed è vincolato con cerniere cilindriche che lo collegano al basamento della macchina e alla benna. Una coppia di attuatori idraulici ne determina la posizione e gli applica la forza necessaria per l'esecuzione delle opere.

Le caratteristiche d'impiego di queste macchine determinano, sulle strutture componenti, sollecitazioni cicliche di intensità variabile che richiedono quindi buona capacità di resistenza alla fatica, ottenuta però con masse ridotte data l'elevata dinamica richiesta al sistema.

Le strutture in acciaio saldato costituiscono una ottima soluzione progettuale ai requisiti sopra elencati, a condizione che si disponga di una tecnologia di saldatura di elevata qualità.

Il processo di saldatura è l'operazione fondamentale dell'intero ciclo di costruzione dei componenti; consente una grande flessibilità nella realizzazione delle parti poiché con lo stesso impianto, attraverso semplici regolazioni, si possono saldare spessori diversi e realizzare giunti con cordoni di profilo, comunque complesso, nell'ambito del cubo di lavoro predisposto nell'impianto.

L'impiego della saldatura automatica con dispositivi ROBOT esalta le caratteristiche di flessibilità prima accennate, introducendo maggiori garanzie di qualità e ripetibilità del processo.

In pratica è possibile saldare con la massima efficienza anche lotti di produzione costituiti da un solo pezzo, poiché è sufficiente adeguare i parametri operativi via software quando cambia il particolare. E' altresì sempre possibile ripristinare le modalità operative memorizzate nelle precedenti esperienze, salvando i vari programmi su supporti di memorizzazione dati.

Si riscontra inoltre un aumento della produttività rispetto all'esecuzione manuale, dovuta non solo per le maggiori velocità di esecuzione, ma anche perché la macchina non subisce lo stress imposto dalle condizioni di lavoro particolarmente usuranti che invece affliggono l'operatore addetto alla saldatura manuale.

L'abilità del saldatore nel condurre e controllare il processo di saldatura viene trasferita al sistema ROBOT tramite file programma che contiene la serie di comandi utili per la realizzazione del processo in modo automatico.

In questa ottica è stato fondamentale descrivere il processo di saldatura da eseguire con l'ausilio del ROBOT identificando:

- i corretti parametri di processo per la realizzazione del giunto richiesto (il controllo elettronico puntuale dei parametri del processo è garantito dal sistema)
- la migliore sequenza di assemblaggio dei componenti
- l'ordine di esecuzione dei cordoni di saldatura,

in modo da consentire la realizzazione automatica del BOOM, rispettando le dimensioni del pezzo finito nelle tolleranze previste e necessarie.

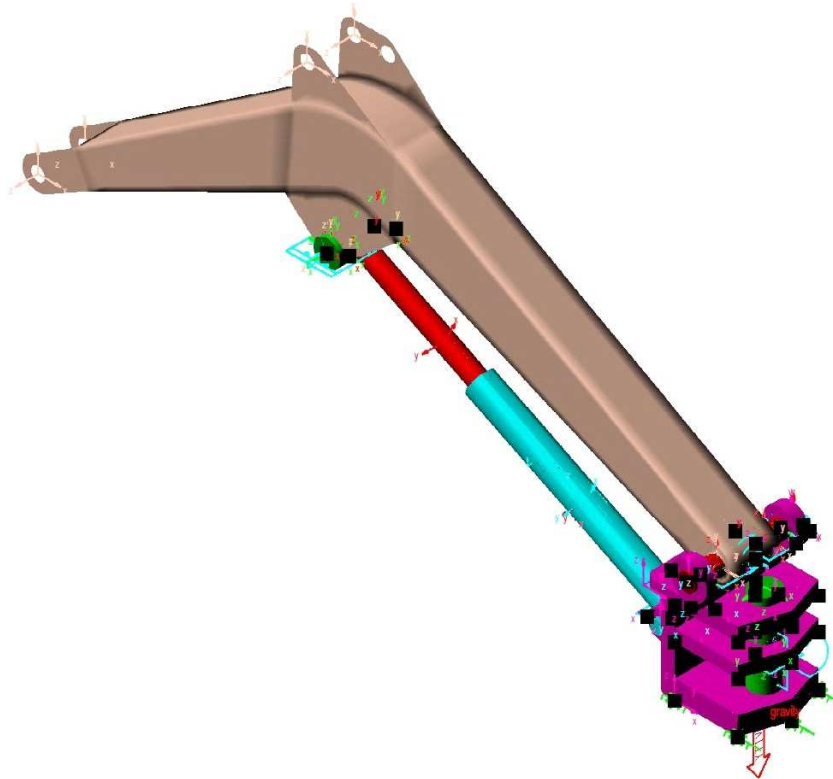
I principali effetti indesiderati riscontrabili in un manufatto saldato sono stress residui e distorsioni. Questi dipendono dal processo costruttivo dei materiali componenti, quali per esempio: laminazione, forgiatura, stampaggio e dalla successiva fase di assemblaggio e saldatura.

La saldatura con ROBOT consente l'esecuzione di cordoni seguendo traiettorie 3D, ed è quindi teoricamente possibile realizzare automaticamente la saldatura di una struttura di forma comunque complessa.

L'elemento complementare del ROBOT nel processo di saldatura automatica è **la maschera di saldatura** che ha la funzione di realizzare:

- posizionamento corretto delle parti componenti l'assieme.
- posizionamento preciso del giunto rispetto alla testa durante il processo di saldatura.

Per il pezzo in esame, data la sua complessità, non è stato possibile realizzare una singola maschera per tutto il ciclo di lavorazione ma si è scelto convenientemente di costruire una maschera per l'assemblaggio ed una per la saldatura.



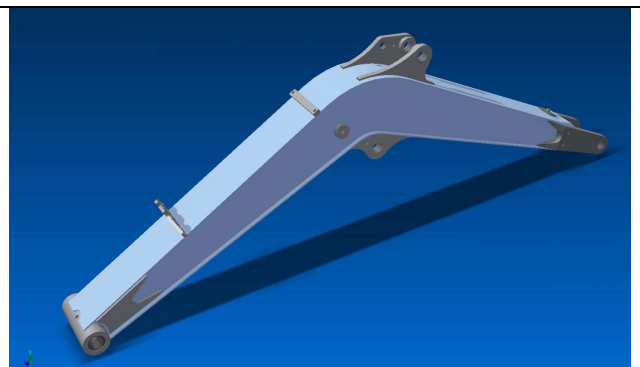
*Immagine del BOOM 1650 con attuatore idraulico e cerniera*

**FASE 2 – Progettazione della attrezzatura.**

La Fase 2, vale a dire la vera e propria progettazione delle attrezzature per l'assemblaggio del braccio BOOM 1650, è partita dalla modellazione tridimensionale del BOOM stesso sulla base dei disegni costruttivi bidimensionali.



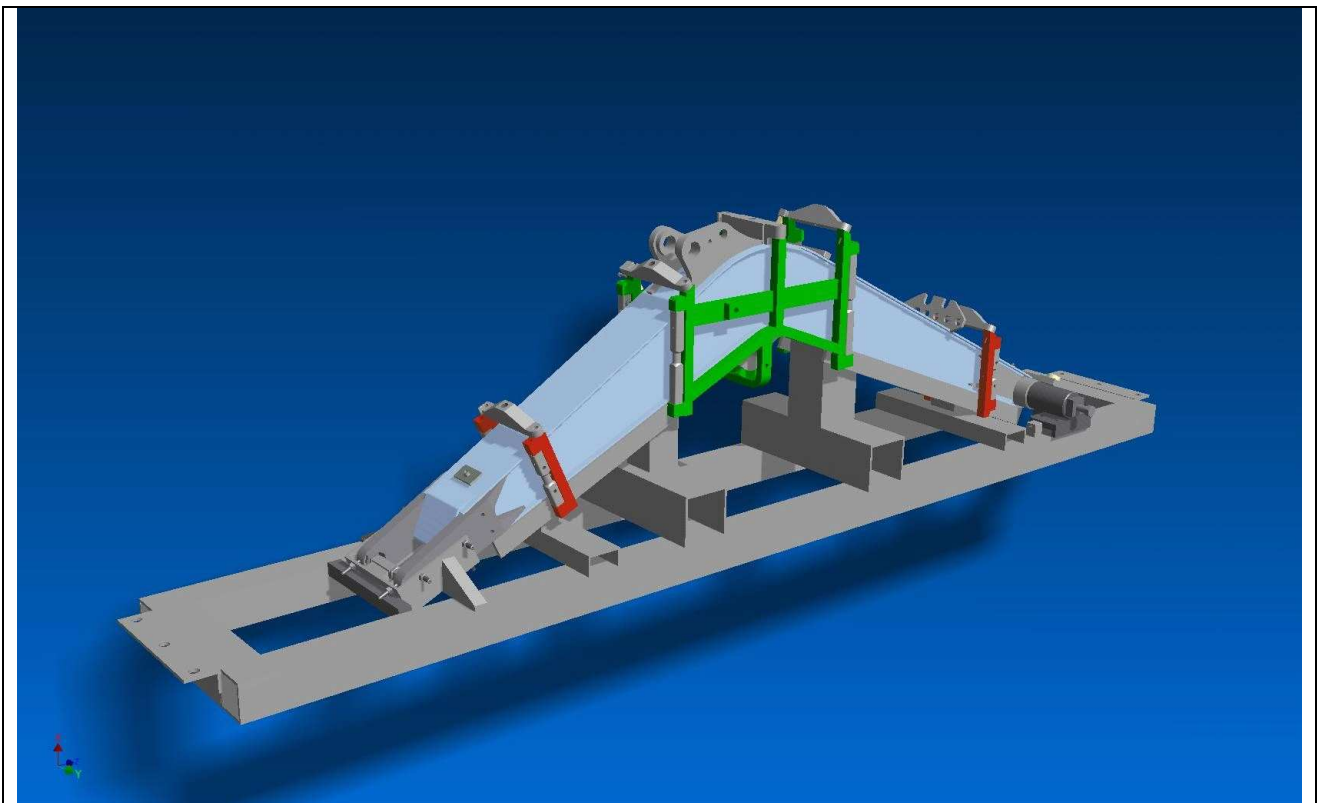
*Modello Boom vista lato cerniera*



*Modello Boom vista lato boccola*

Una volta ottenuto tale modello si sono fissati i punti fondamentali da tenere sotto controllo durante la saldatura. Ovviamente, la disposizione spaziale dei bloccaggi e dei riferimenti ha tenuto conto dell'ingombro e dei gradi di libertà della testa di saldatura montata sul braccio del robot.

Fin dalle prime elaborazioni su CAD, è apparso evidente che era pressoché impossibile ottenere il pezzo finito, perfettamente rispondente alle specifiche di forma e dimensioni fissate, assemblando tutti i singoli componenti con l'ausilio di una sola attrezzatura. Questo perché saldare a cordone intero i pezzi senza una prima fase di appuntatura, indurrebbe una eccessiva dose di calore che darebbe luogo ad una deformazione definitiva dei pezzi accostati e non ancora uniti da saldatura. Pertanto la prima attrezzatura da usare per la costruzione del BOOM è stata studiata per posizionare adeguatamente i pezzi e consentire al robot di fissarli mediante punti singoli di saldatura.

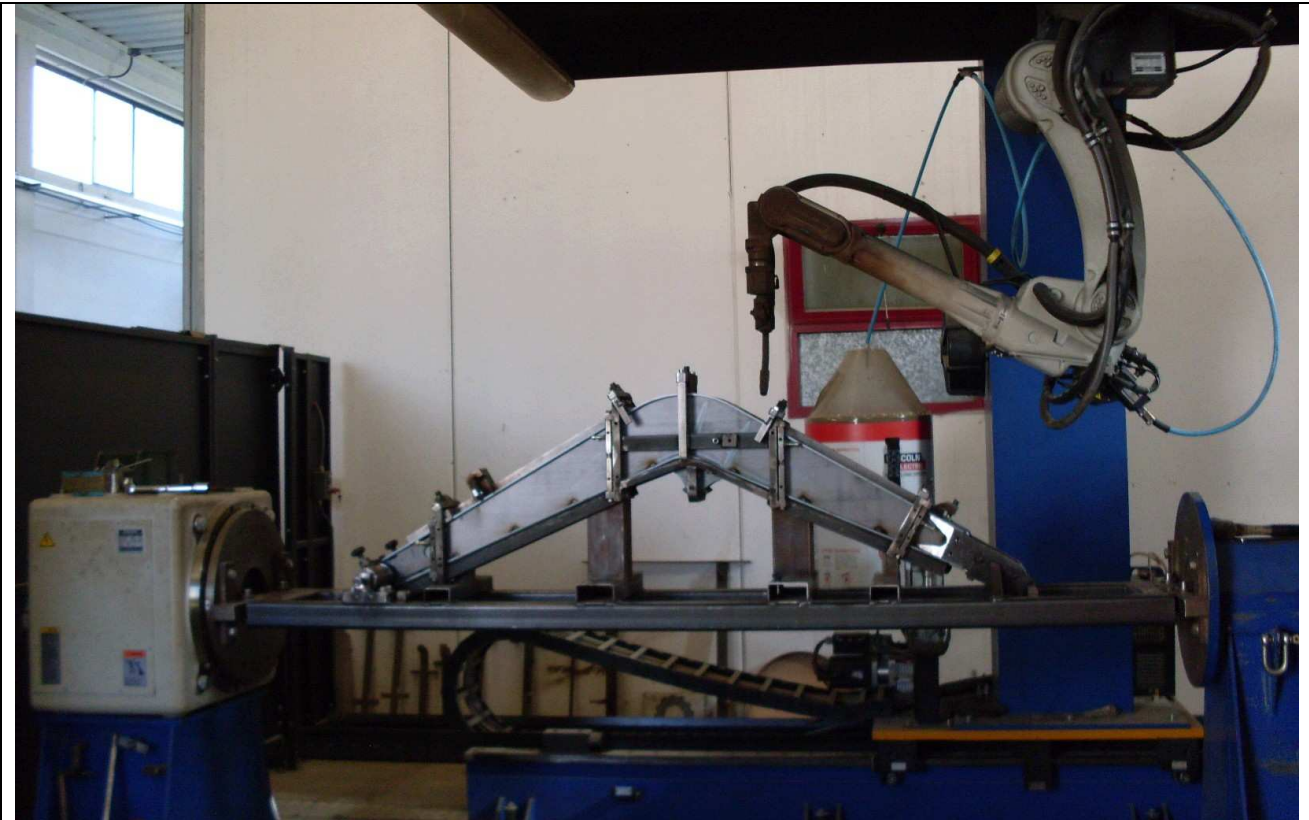


*Attrezzatura per l'appuntatura dei singoli pezzi*

Tale attrezzatura ha, come detto, il duplice scopo di mettere i componenti nelle esatte posizioni reciproche e, contemporaneamente, di mantenerli in tale disposizione anche durante il lavoro del robot. Il ciclo del robot presenta delle pause nelle quali l'operatore addetto, deve posizionare di volta in volta alcuni pezzi che non possono essere inseriti all'inizio della saldatura. Una volta terminata questa prima lavorazione, si otterrà un semilavorato "autoportante" che può essere manipolato e montato sulla successiva attrezzatura per il completamento della saldatura.

La complessità del particolare ha comportato l'utilizzo di un mandrino ad asse orizzontale, implementato via software col robot, sul quale l'attrezzatura viene montata e movimentata per fornire sempre il miglior angolo di saldatura alla testa saldante.





*Attrezzatura per l'appuntatura montata sul mandrino sotto il robot*

La seconda attrezzatura progettata e realizzata, ha il compito di fissare adeguatamente il BOOM semilavorato lasciando libero accesso alla testa di saldatura che deve provvedere a saldare, con cordoni continui, tutti i bordi dei pezzi. Nella parte centrale di questa attrezzatura si è posto un tirante che, agganciato alla cerniera inferiore del BOOM ed al telaio dell'attrezzatura, mantiene "ferma" la geometria totale del pezzo anche nella fase di maggior surriscaldamento. Come vedremo dai risultati delle verifiche, si hanno temperature localizzate ben superiori ai 350°C che tendono a innalzare la temperatura di tutto il semilavorato. Ciò produce sul pezzo delle tensioni che, se fissato inadeguatamente, indurrebbero degli svergolamenti e disallineamenti nei punti cardine del braccio. Per comprendere a fondo il comportamento dei pezzi, considerando sia il materiale di cui sono costituiti sia la loro forma e dimensioni, si è svolta una accurata simulazione numerica FEM nella quale si sono ipotizzati i punti di ancoraggio e le temperature di processo (rilevandole su tipologie di saldature simili) per andare a verificare quali sforzi si producono sui vincoli e le deformazioni risultanti. Con i dati ottenuti si sono prodotte le specifiche realizzative dell'attrezzatura. La prima analisi ha riguardato il riscaldamento del BOOM libero da vincoli: