Istruzioni per l'uso

# Cella di saldatura robotizzata RSZ-2600 (insieme di macchine)

Cella di saldatura MAG robotizzata per assiemi in acciaio fino a 40 kg

Tipo / modello: RSZ-2600

**Anno di costruzione: 2026**

**Muster Maschinenbau GmbH**
**Beispielstraße 1**
**12345 Musterstadt**
**Germania**

Edizione 10/2026 · Versione 1.2 · N. progetto MUSTER-2026-001-IT · N. documento MUSTER-2026-001-IT-BA · Approvazione: Bozza

# Indice

## 1 Informazioni di base importanti

1.1 Ambito di fornitura e limiti della macchina
1.2 Responsabilità (fabbricante / utilizzatore)
1.3 Interfacce esterne
1.4 Note legali e norme applicate
1.5 Documentazione (struttura, abbreviazioni, termini tecnici)
1.6 Norme armonizzate applicate

## 2 Sicurezza

2.1 Uso previsto
2.2 Uso scorretto ragionevolmente prevedibile
2.3 Osservanza delle istruzioni per l'uso
2.4 Segnaletica di sicurezza
2.5 Ripari e dispositivi di protezione
2.6 Rischi residui e misure di protezione

## 3 Dati tecnici

3.1 Dotazione

## 4 Descrizione dell'impianto

4.1 Struttura e gruppi principali
4.2 Postazioni dell'operatore
4.3 Descrizione del funzionamento

## 5 Consegna, trasporto, disimballaggio

5.1 Indicazioni di sicurezza per il trasporto e la movimentazione
5.2 Pesi, posizioni del baricentro e mezzi di trasporto
5.3 Punti di sollevamento e sollevamento in sicurezza
5.4 Dispositivi di bloccaggio per il trasporto
5.5 Disimballaggio
5.6 Stoccaggio prima dell'installazione

## 6 Condizioni di stoccaggio

6.1 Protezione dalla corrosione
6.2 Durata massima di stoccaggio e controlli periodici

## 7 Condizioni di installazione

7.1 Ingombro e dimensioni
7.2 Fondazione / capacità portante
7.3 Condizioni ambientali
7.4 Collegamenti di alimentazione

## 8 Assemblaggio e installazione, prima messa in servizio

8.1 Sicurezza

8.2 Assemblaggio e installazione

8.3 Prima messa in servizio

## 9 Uso

9.1 Sicurezza

9.2 Comandi e indicatori

9.3 Modalità operative

9.4 Avviamento e riattrezzaggio

9.5 Arresto

## 10 Manutenzione

10.1 Registro di manutenzione

10.2 Piano di ispezione e manutenzione

10.3 Piano di lubrificazione

10.4 Ricerca guasti

## 11 Smontaggio e smaltimento

11.1 Indicazioni di sicurezza per lo smontaggio

11.2 Sequenza di smontaggio

11.3 Separazione e smaltimento dei fluidi di esercizio

11.4 Separazione dei materiali e riciclaggio

## 12 Disegni e altre informazioni

12.1 Disegni e ricambi

12.2 Documentazione elettrica

12.3 Evidenza della valutazione del rischio

## 13 Cibersicurezza

13.1 Integrazione nella rete dell'utilizzatore

13.2 Versione del software ed evidenza degli interventi

13.3 Manutenzione remota

13.4 Aggiornamenti

13.5 Conservazione dei registri

13.6 Informazioni sulla cibersicurezza

## Allegato

Dichiarazione di conformità

# Indice delle tabelle

**Tabella 1** Norme applicate: Norme di tipo A (norme fondamentali di sicurezza)

**Tabella 2** Norme applicate: Norme di tipo B (norme di sicurezza di gruppo)

**Tabella 3** Norme applicate: Norme di tipo C (norme di prodotto)

**Tabella 4** Norme applicate: Altre norme applicate e specifiche tecniche (senza presunzione di conformità)

**Tabella 5** Panoramica dei pericoli residui

**Tabella 6** Interfacce digitali della macchina

# 1 Informazioni di base importanti

Le presenti istruzioni per l'uso si applicano alla cella di saldatura robotizzata RSZ-2600 (numero di serie RSZ2600-2026-0001, anno di costruzione 2026) e sono rivolte all'utilizzatore nonché al personale responsabile dell'uso, della regolazione, della manutenzione e dello smontaggio. Esse sono parte integrante della macchina, devono essere sempre accessibili al personale e devono essere consegnate in caso di cambio di ubicazione o di rivendita. Il presente capitolo descrive l'ambito di fornitura, i limiti della macchina, le interfacce esterne e la base giuridica della presente documentazione.

## 1.1 Ambito di fornitura e limiti della macchina

Ambito di fornitura: la RSZ-2600 viene fornita come insieme di macchine completamente funzionante. L'ambito di fornitura comprende:

- Robot industriale a braccio articolato con 6 assi (sbraccio 2600 mm, carico utile 12 kg), compresi il sistema di comando del robot e il pendant di programmazione
- Tavola girevole a due stazioni con parete divisoria centrale fissa, tendina di protezione per saldatura e dispositivi di serraggio pneumatici dei pezzi
- Generatore di corrente di saldatura MAG 400 A con fattore di servizio del 60 per cento, con unità trainafilo, torcia di saldatura raffreddata ad acqua con gruppo di raffreddamento e stazione di pulizia della torcia
- Unità di aspirazione dei fumi di saldatura 1800 m³/h con separatore di scintille preliminare, cartuccia filtrante, monitoraggio della temperatura della cartuccia filtrante, serrande di intercettazione motorizzate e rilevatori di fumo e di CO
- Riparo perimetrale (recinzione perimetrale) alto 2200 mm con porta di manutenzione, barriera fotoelettrica di tipo 4, PLC di sicurezza, pulpito di comando e quadro elettrico
- Gateway di rete con firewall e accesso per la manutenzione remota
- Illuminazione del posto di lavoro integrata nella macchina secondo EN 1837 e pedana regolabile in altezza alla stazione di carico
- Istruzioni per l'uso con i documenti di accompagnamento elencati nel capitolo 12 (tra cui la dichiarazione di conformità UE, il piano di installazione, gli schemi elettrici, lo schema pneumatico, l'elenco dei ricambi, il piano di prova delle funzioni di sicurezza e il modulo per il registro di manutenzione)

Non compresi nell'ambito di fornitura:

- Attrezzature di serraggio specifiche per il pezzo (salvo accordi separati); per i requisiti relativi alle attrezzature di serraggio dell'utilizzatore vedere il capitolo 3.1
- L'alimentazione del gas di protezione fornita dal cliente
- I collegamenti dei fluidi forniti dal cliente
- Un condotto opzionale dell'aria di scarico per l'unità di aspirazione
- L'ausilio di sollevamento per pezzi oltre 15 kg alla stazione di carico (fornito dal cliente, portata di almeno 40 kg)

Limiti d'uso: saldatura MAG di assiemi in acciaio (acciaio non legato e basso legato) fino a 40 kg di peso del pezzo e con un ingombro massimo del pezzo di 800 x 600 x 400 mm. Produzione in serie esclusivamente con programmi di saldatura predefiniti e approvati. Carico e scarico manuali alla rispettiva stazione anteriore da parte di personale specializzato addestrato, tempo di ciclo circa 90 secondi. Non destinata a pezzi in alluminio, zincati o rivestiti, non alla saldatura manuale all'interno della cella e non a pezzi con tensioni residue derivanti da lavorazioni precedenti.

Limiti di spazio: superficie occupata circa 6,5 x 4,0 m, altezza 2,6 m. Area di lavoro del robot con sbraccio di 2600 mm, completamente racchiusa dalla recinzione perimetrale alta 2200 mm e dalla parete divisoria centrale fissa della tavola girevole. Area di rotazione della tavola girevole 180 gradi. Stazione di carico davanti all'apertura di carico, barriera fotoelettrica di tipo 4 con risoluzione di 30 mm, distanza di sicurezza calcolata e documentata secondo EN ISO 13855. Una porta di manutenzione sul lato posteriore. Le interfacce con i processi a monte e a valle sono esclusivamente manuali.

Limiti di tempo: durata di vita prevista 12 anni su 2 turni, manutenzione annuale da parte del fabbricante, controllo semestrale delle funzioni di sicurezza, verifica del bloccaggio del riparo e della barriera fotoelettrica secondo EN ISO 14119 ed EN ISO 13855 a ogni intervento di manutenzione. Parti soggette a usura: torcia di saldatura, tubetti di contatto, ugello del gas, rulli del trainafilo, cartuccia filtrante dell'unità di aspirazione, tendina di protezione per saldatura.

Limiti ambientali: area interna asciutta di un capannone di produzione, da 5 a 40 gradi C, umidità relativa fino al 70 per cento senza condensa, alimentazione di rete 400 V AC 50 Hz TN-S, potenza allacciata 32 kVA, aria compressa 6 bar priva di olio, installazione su un pavimento industriale in calcestruzzo piano. Nessuna area a rischio di esplosione, nessun uso all'aperto.

Limiti dell'insieme: la cella comprende il robot (quasi-macchina con dichiarazione di incorporazione UE), la tavola girevole, il generatore di corrente di saldatura (apparecchiatura con marcatura CE), l'unità di aspirazione e i componenti di recinzione, porta e sensori. Le interfacce tra queste parti sono state valutate nella valutazione del rischio dell'insieme e considerate nella dichiarazione di conformità UE dell'insieme.

## 1.2 Responsabilità (fabbricante / utilizzatore)

Le responsabilità del fabbricante e dell'utilizzatore sono ripartite come segue:

Responsabilità del fabbricante: progettazione, costruzione e conformità dell'insieme di macchine, comprese la valutazione del rischio, la validazione delle funzioni di sicurezza e la documentazione tecnica; prima messa in servizio con collaudo documentato; manutenzione annuale secondo gli accordi; fornitura di parti di ricambio e assistenza tecnica.

Responsabilità dell'utilizzatore: utilizzo della macchina esclusivamente nell'ambito dell'uso previsto; selezione e qualificazione del personale e sua istruzione regolare e documentata (almeno una volta all'anno); messa a disposizione dei dispositivi di protezione individuale e sorveglianza del loro uso; valutazione del rischio relativa al posto di lavoro ai sensi della legge tedesca sulla tutela della salute e della sicurezza sul lavoro (ArbSchG) e dell'ordinanza tedesca sulla sicurezza e la salute sul lavoro

(BetrSichV), compresi rumore e fumi di saldatura (regola tecnica tedesca per le sostanze pericolose TRGS 528); verifica periodica dell'equipaggiamento elettrico secondo il regolamento DGUV 3 (regolamento tedesco dell'assicurazione contro gli infortuni sugli impianti e sulle apparecchiature elettriche); controllo semestrale delle funzioni di sicurezza e manutenzione secondo il capitolo 10, compresa la tenuta del registro di manutenzione; messa a disposizione dei fluidi forniti dal cliente (alimentazione elettrica, aria compressa, gas di protezione) nella qualità richiesta; messa a disposizione e verifica periodica di un ausilio di sollevamento per pezzi oltre 15 kg alla stazione di carico (portata di almeno 40 kg); sorveglianza sanitaria in caso di esposizione ai fumi di saldatura; inoltro dell'allarme incendio dell'unità di aspirazione (rilevatori di fumo e di CO) a una postazione permanentemente presidiata secondo il concetto antincendio dell'edificio; segnalazione al fabbricante di eventi e guasti rilevanti per la sicurezza.

Modifiche alla macchina: trasformazioni e integrazioni successive sono ammesse solo previa approvazione scritta del fabbricante. Le modifiche sostanziali ai sensi del regolamento macchine possono rendere necessaria una nuova valutazione della conformità.

## 1.3 Interfacce esterne

La macchina dispone delle seguenti interfacce di alimentazione e dei fluidi:

- Alimentazione elettrica: 400 V AC, 3/N/PE, 50 Hz, sistema TN-S, potenza allacciata 32 kVA, protezione con fusibili 63 A gG fornita dal cliente, alimentazione all'interruttore generale del quadro elettrico.
- Alimentazione dell'aria compressa: 6 bar, priva di olio, attacco G 1/2 sul gruppo di trattamento aria della macchina.
- Alimentazione del gas di protezione (fornita dal cliente): miscela M21 secondo EN ISO 14175 (82 per cento argon, 18 per cento CO2), attacco sul generatore di corrente di saldatura, portata circa 15 l/min alla torcia.
- Aspirazione dei fumi di saldatura: unità di aspirazione integrata nella cella, 1800 m³/h con cartuccia filtrante, funzionamento a ricircolo; attacco opzionale per l'aria di scarico fornito dal cliente.
- Interfacce di segnale: contatti di segnalazione a potenziale zero (stato operativo e segnalazione cumulativa di guasto) per il collegamento a un sistema di comando sovraordinato. Non esistono interfacce legate alla sicurezza con impianti adiacenti; il collegamento con i processi a monte e a valle è esclusivamente manuale.
- Interfacce dati: OPC UA verso il MES dell'utilizzatore (ricezione degli ordini, restituzione dei dati di produzione) e manutenzione remota via VPN da parte del fabbricante, entrambe esclusivamente tramite il gateway fornito; porta USB sul pannello HMI per backup dei dati e aggiornamenti. Per i dettagli vedere il capitolo 13 (Cibersicurezza).

I requisiti per la realizzazione dei collegamenti a cura del cliente sono descritti nel capitolo 7 (Condizioni di installazione).

## 1.4 Note legali e norme applicate

Il fabbricante dichiara la conformità della macchina alla seguente normativa di armonizzazione dell'Unione:

- Regolamento macchine (UE) 2023/1230
- Direttiva EMC 2014/30/UE

Gli obiettivi di sicurezza stabiliti dalla direttiva 2014/35/UE sono soddisfatti conformemente all'allegato III, punto 1.5.1, del regolamento macchine. La dichiarazione di conformità UE è allegata alle presenti istruzioni per l'uso; la marcatura CE è apposta sulla targa dati.
Le presenti istruzioni per l'uso sono state redatte conformemente all'allegato III, punti da 1.7.4 a 1.7.4.2, del regolamento (UE) 2023/1230. La presente versione italiana è una traduzione; in caso di dubbio prevale la versione tedesca.
Non sono ammesse trasformazioni e modifiche non autorizzate alla macchina, in particolare ai ripari e ai dispositivi di protezione e al sistema di comando di sicurezza. Esse possono invalidare la conformità della macchina e comportare la perdita della garanzia; il fabbricante declina ogni responsabilità per i danni che ne derivano. Possono essere utilizzate solo parti di ricambio che soddisfano i requisiti specificati dal fabbricante.
La presente documentazione è protetta dal diritto d'autore. La riproduzione e la comunicazione a terzi sono ammesse solo nella misura necessaria per l'uso, la manutenzione o la rivendita della macchina.
L'elenco completo delle norme applicate è riportato alla fine del presente capitolo.

## 1.5 Documentazione (struttura, abbreviazioni, termini tecnici)

Struttura: le presenti istruzioni per l'uso sono suddivise in 13 capitoli e seguono il ciclo di vita della macchina dalla consegna allo smaltimento. Le informazioni rilevanti per la sicurezza sono raggruppate nel capitolo 2 e riportate inoltre all'inizio dei rispettivi capitoli relativi alle attività.

Presentazione delle avvertenze: le avvertenze sono graduate in base al livello di pericolo. PERICOLO indica una situazione immediatamente pericolosa che provoca la morte o lesioni gravi. AVVERTENZA indica una situazione potenzialmente pericolosa che può provocare la morte o lesioni gravi. ATTENZIONE indica una situazione che può provocare lesioni da lievi a moderate. AVVISO indica informazioni per la prevenzione di danni materiali.

Abbreviazioni: CMR = cancerogeno, mutageno o tossico per la riproduzione; DPI = dispositivi di protezione individuale; EMC = compatibilità elettromagnetica; EMF = campi elettromagnetici; ESPE = apparecchio di protezione elettrosensibile; HMI = interfaccia uomo-macchina (interfaccia operatore); LOTO = lockout/tagout (sezionamento e protezione contro il reinserimento); MAG = saldatura sotto protezione di gas attivo (metal active gas); MES = manufacturing execution system (sistema di gestione della produzione); MR = regolamento macchine (UE) 2023/1230 (Machinery Regulation); OPC UA = Open Platform Communications Unified Architecture (protocollo dell'interfaccia dati verso il MES); PL = livello di prestazione secondo EN ISO 13849-1; PLC = controllore logico programmabile; PLr = livello di prestazione richiesto; SLS = velocità ridotta in sicurezza (Safely-

Limited Speed); SRP/CS = parte di un sistema di comando legata alla sicurezza; TCP = punto centrale dell'utensile (tool centre point); VPN = rete privata virtuale (connessione cifrata per la manutenzione remota); WLL = carico limite di lavoro di un accessorio di sollevamento.

Documenti associati: istruzioni per l'assemblaggio del fabbricante del robot, istruzioni per l'uso del generatore di corrente di saldatura, dell'unità trainafilo e dell'unità di aspirazione dei fumi di saldatura, schemi elettrici e pneumatici, dichiarazione di conformità UE e rapporti di prova e verbali di collaudo. Questi documenti devono essere conservati insieme alle presenti istruzioni per l'uso.

## 1.6 Norme armonizzate applicate

**Tabella 1: Norme applicate: Norme di tipo A (norme fondamentali di sicurezza)**

| Norma | Titolo | Elencata in |
|---|---|---|
| EN ISO 12100:2010 | Safety of machinery - General principles for design - Risk assessment and risk reduction (ISO 12100:2010) | 2006/42/CE |

**Tabella 2: Norme applicate: Norme di tipo B (norme di sicurezza di gruppo)**

| Norma | Titolo | Elencata in |
|---|---|---|
| EN 1005-2:2003+A1:2008 | Safety of machinery - Human physical performance - Part 2: Manual handling of machinery and component parts of machinery | 2006/42/CE |
| EN 60204-1:2018 | Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 1: General requirements | 2006/42/CE, 2014/35/EU |
| EN ISO 11161:2007+A1:2010 | Safety of machinery. Integrated manufacturing systems. Basic requirements | 2006/42/CE |
| EN ISO 11202:2010 | Acoustics - Noise emitted by machinery and equipment - Determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions applying approximate environmental corrections (ISO 11202:2010) | 2006/42/CE |
| EN ISO 13732-1:2008 | Ergonomics of the thermal environment - Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces - Part 1: Hot surfaces (ISO 13732-1:2006) | 2006/42/CE |
| EN ISO 13849-1:2023 | Safety of machinery - Safety-related parts of control systems - Part 1: General principles for design (ISO 13849-1:2023) | 2006/42/CE |
| EN ISO 13849-2:2012 | Safety of machinery - Safety-related parts of control systems - Part 2: Validation (ISO 13849-2:2012) | 2006/42/CE |
| EN ISO 13850:2015 | Safety of machinery - Emergency stop function - Principles for design (ISO 13850:2015) | 2006/42/CE |
| EN ISO 13854:2019 | Safety of machinery - Minimum gaps to avoid crushing of parts of the human body (ISO 13854:2017) | 2006/42/CE |

| Norma | Titolo | Elencata in |
|---|---|---|
| EN ISO 13855:2024 | Safety of machinery - Positioning of safeguards with respect to the approach of the human body (ISO 13855:2024) | 2006/42/CE |
| EN ISO 13857:2019 | Safety of machinery - Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs (ISO 13857:2019) | 2006/42/CE |
| EN ISO 14118:2018 | Safety of machinery - Prevention of unexpected start-up (ISO 14118:2017) | 2006/42/CE |
| EN ISO 14119:2025 | Safety of machinery - Interlocking devices associated with guards - Principles for design and selection (ISO 14119:2024) | 2006/42/CE |
| EN ISO 14120:2015 | Safety of machinery - Guards - General requirements for the design and construction of fixed and movable guards (ISO 14120:2015) | 2006/42/CE |
| EN ISO 3746:2010 | Acoustics - Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure - Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane (ISO 3746:2010) | 2000/14/CE, 2006/42/CE |
| EN ISO 4414:2010 | Pneumatic fluid power - General rules and safety requirements for systems and their components (ISO 4414:2010) | 2006/42/CE |
| EN ISO 4871:2009 | Acoustics - Declaration and verification of noise emission values of machinery and equipment (ISO 4871:1996) | 2000/14/CE, 2006/42/CE |

**Tabella 3: Norme applicate: Norme di tipo C (norme di prodotto)**

| Norma | Titolo | Elencata in |
|---|---|---|
| EN ISO 10218-1:2025 | Robotics - Safety requirements - Part 1: Industrial robots (ISO 10218-1:2025) | 2006/42/CE |
| EN ISO 10218-2:2025 | Robotics - Safety requirements - Part 2: Industrial robot applications and robot cells (ISO 10218-2:2025) | 2006/42/CE |
| EN ISO 21904-1:2020 | Health and safety in welding and allied processes - Equipment for capture and separation of welding fume - Part 1: General requirements (ISO 21904-1:2020) | 2006/42/CE |

**Tabella 4: Norme applicate: Altre norme applicate e specifiche tecniche (senza presunzione di conformità)**

| Norma | Titolo | Elencata in |
|---|---|---|
| EN IEC 61000-6-2:2019 | Electromagnetic compatibility (EMC). Part 6-2: Generic standards. Immunity for industrial environments | 2014/30/EU |
| EN IEC 61000-6-4:2019 | Electromagnetic compatibility (EMC). Part 6-4: Generic standards. Emission standard for industrial environments | 2014/30/EU |
| EN ISO 7010:2020 | Graphical symbols. Safety colours and safety signs. Registered safety signs | |

# 2 Sicurezza

Il presente capitolo contiene le informazioni di sicurezza fondamentali per tutte le fasi del ciclo di vita della cella di saldatura robotizzata RSZ-2600. Esso comprende:

- l'uso previsto
- l'uso scorretto ragionevolmente prevedibile
- i ripari e i dispositivi di protezione installati
- la segnaletica di sicurezza sulla macchina

Si applicano inoltre le indicazioni di sicurezza relative alle attività riportate nei capitoli da 5 a 11. Il quadro completo di tutti i rischi residui con le misure di protezione tratto dalla valutazione del rischio è allegato alla fine del presente capitolo e deve essere osservato da tutte le persone che lavorano sulla macchina o con essa.

## 2.1 Uso previsto

La cella di saldatura robotizzata RSZ-2600 è destinata esclusivamente alla saldatura MAG automatizzata di assiemi in acciaio non legato e basso legato con un peso del pezzo fino a 40 kg e un ingombro massimo del pezzo di 800 x 600 x 400 mm nella produzione in serie, con programmi di saldatura definiti e approvati. Il carico e lo scarico sono eseguiti manualmente alla rispettiva stazione anteriore della tavola girevole a due stazioni da personale specializzato addestrato, con un tempo di ciclo di circa 90 secondi. Durante il funzionamento automatico non è previsto l'accesso del personale all'area di lavoro del robot.

Struttura come insieme di macchine: (1) Robot industriale a braccio articolato, 6 assi, sbraccio 2600 mm, carico utile 12 kg, fornito dal fabbricante del robot come quasi-macchina con dichiarazione di incorporazione UE ai sensi dell'allegato V, parte B, e istruzioni per l'assemblaggio ai sensi dell'allegato XI. (2) Tavola girevole a due stazioni con asse di rotazione verticale e rotazione di 180 gradi, parete divisoria centrale fissa con tendina di protezione per saldatura, dispositivi di serraggio pneumatici dei pezzi. (3) Generatore di corrente di saldatura MAG 400 A con fattore di servizio del 60 per cento, con marcatura CE, con trainafilo e stazione di pulizia della torcia. (4) Aspirazione dei fumi di saldatura 1800 m³/h con cartuccia filtrante. Tutti i componenti sono comandati congiuntamente e immessi sul mercato come un'unica unità.

L'uso previsto comprende anche il rispetto delle presenti istruzioni per l'uso, degli intervalli di manutenzione prescritti e delle condizioni ambientali e di allacciamento indicate nei capitoli 3 e 7. La macchina è destinata all'installazione fissa in un capannone di produzione asciutto, al chiuso. Qualsiasi uso diverso o ulteriore è considerato non conforme all'uso previsto; dei danni che ne derivano risponde esclusivamente l'utilizzatore. Sono considerati usi non conformi in particolare: saldatura di pezzi in alluminio, zincati o rivestiti; saldatura manuale all'interno della cella; lavorazione di pezzi al di fuori dei limiti di geometria e di peso approvati; funzionamento in atmosfere potenzialmente esplosive o all'aperto.

## 2.2 Uso scorretto ragionevolmente prevedibile

Accesso all'area di lavoro del robot attraverso l'apertura di carico nonostante la barriera fotoelettrica, ad esempio scavalcandola, strisciando al di sotto o introducendo le mani tra i raggi; manomissione o ponticellamento della barriera fotoelettrica, ad esempio coprendola con nastro adesivo o fissando un oggetto nel campo di protezione; elusione del bloccaggio del riparo della porta di manutenzione mediante un attuatore sostitutivo o fissando la posizione della porta; permanenza nell'area di rotazione della tavola girevole durante la rotazione; riposizionamento o ritocco del pezzo durante il funzionamento automatico senza arrestare la macchina; selettore delle modalità operative lasciato in posizione Regolazione durante il funzionamento produttivo; azionamento continuo o fissaggio del dispositivo di abilitazione; lavoro nella cella senza dispositivi di protezione individuale, in particolare senza occhiali per saldatura o schermo protettivo; funzionamento con l'aspirazione dei fumi di saldatura spenta od ostruita; pulizia della cella con l'impianto acceso; interventi di manutenzione sull'impianto pneumatico senza scarico della pressione e senza protezione contro il riavvio involontario; sollevamento manuale di pezzi oltre 15 kg senza l'ausilio di sollevamento messo a disposizione dall'utilizzatore; utilizzo da parte di personale non istruito o di lavoratori interinali senza istruzione iniziale; inserimento di pezzi al di fuori della geometria del pezzo approvata con conseguenti collisioni; apertura del generatore di corrente di saldatura prima della scadenza del tempo di scarica.

## 2.3 Osservanza delle istruzioni per l'uso

La conoscenza delle presenti istruzioni per l'uso è un presupposto fondamentale per l'utilizzo sicuro della macchina. Prima di eseguire qualsiasi lavoro sulla macchina o con essa, il personale incaricato deve aver letto e compreso il capitolo pertinente e il capitolo 2 (Sicurezza). Le istruzioni per l'uso devono essere conservate nelle immediate vicinanze della macchina e devono essere sempre accessibili al personale.

Qualifiche del personale: uso solo da parte di personale istruito; regolazione, teach-in e ricerca guasti solo da parte di personale addetto alla regolazione addestrato con formazione sui robot; manutenzione solo da parte di personale specializzato qualificato; interventi sull'equipaggiamento elettrico solo da parte di persone esperte in elettrotecnica; interventi sull'impianto di saldatura e sull'impianto di aspirazione solo da parte di personale qualificato a tale scopo. Le persone in formazione possono lavorare sulla macchina solo sotto la costante supervisione di uno specialista esperto.

L'utilizzatore deve garantire che le responsabilità siano chiaramente definite, che l'istruzione del personale avvenga regolarmente e in forma documentata e che solo il personale autorizzato abbia accesso alla macchina. Oltre alle presenti istruzioni per l'uso, devono essere osservate le disposizioni vigenti in materia di salute e sicurezza sul lavoro e di prevenzione degli infortuni, nonché le istruzioni interne dell'utilizzatore.

## 2.4 Segnaletica di sicurezza

Sulla macchina sono applicati in modo permanente i seguenti segnali di sicurezza e di informazione. Devono essere mantenuti in condizioni leggibili e sostituiti se danneggiati.

Segnali di avvertimento (ISO 7010): «Pericolo: elettricità» (W012) sul quadro elettrico, sul generatore di corrente di saldatura e nell'area di saldatura; «Pericolo: superficie calda» (W017) sulla tavola girevole, sulla stazione di pulizia della torcia e sul lato di prelievo della stazione di carico; «Pericolo: radiazioni ottiche» (W027) all'apertura di carico e alla porta di manutenzione; «Pericolo: avviamento automatico» (W018) in tutti i punti di accesso all'area di lavoro del robot e al pulpito di comando; «Pericolo di schiacciamento» (W019) nell'area di rotazione della tavola girevole; «Pericolo di schiacciamento delle mani» (W024) sulla tavola girevole, alla stazione di carico e sui pannelli laterali e sul telaio della barriera fotoelettrica; «Pericolo: carichi sospesi» (W015) sulla tavola girevole, alla stazione di carico e nei punti di sollevamento dei gruppi rilevanti per il trasporto; «Pericolo: elemento tagliente» (W022) sul portatorcia e sull'unità trainafilo; «Pericolo: campo magnetico» (W006) alla porta di manutenzione, alla stazione di carico e sul generatore di corrente di saldatura; «Pericolo: superficie scivolosa» (W011) all'accesso alla stazione di carico e al corridoio di manutenzione; «Pericolo: ostacolo al suolo» (W007) nei punti di inciampo del corridoio di manutenzione.

«Segnale di avvertimento generale» (W001) con testo supplementare: «Pericolo di incendio dovuto agli spruzzi di saldatura» sulla recinzione perimetrale; «Fumi di saldatura nocivi» nell'area di saldatura; «Polvere nociva» e «Pericolo di incendio dovuto a scintille nel filtro» sull'alloggiamento del filtro dell'unità di aspirazione; «Pressione residua nell'attrezzatura di serraggio» sulle attrezzature di serraggio e sulla valvola di intercettazione dell'aria compressa; «Pericolo di ribaltamento prima dell'ancoraggio» su due lati opposti del telaio di base (per il montaggio e lo spostamento). Nel luogo di installazione dell'alimentazione del gas di protezione fornita dal cliente, l'utilizzatore applica il segnale di avvertimento W001 con il testo supplementare «Pericolo di asfissia dovuto al gas di protezione».

Segnali di divieto: segnale di divieto supplementare «Accesso vietato alle persone non autorizzate» (regola tedesca ASR A1.3, D-P006) alla porta di manutenzione e sul quadro elettrico; «Accesso vietato alle persone con dispositivi cardiaci impiantati attivi» (ISO 7010, P007) in tutti i punti di accesso, poiché durante la saldatura MAG si generano campi elettromagnetici; «Vietato introdurre le mani» (ISO 7010, P015) sulla tavola girevole e all'apertura di carico.

Segnali di prescrizione (ISO 7010): «Protezione degli occhi obbligatoria» (M004) alla stazione di carico e alla porta di manutenzione; «Protezione dell'udito obbligatoria» (M003) alla stazione di carico; «Guanti di protezione obbligatori» (M009) sul lato di prelievo della stazione di carico e alla porta di manutenzione; «Calzature di sicurezza obbligatorie» (M008) nell'intera area di lavoro; «Indumenti protettivi obbligatori» (M010) alla porta di manutenzione; «Protezione delle vie respiratorie obbligatoria» (M017) nell'area di saldatura e sull'alloggiamento del filtro dell'unità di aspirazione.

Ulteriori contrassegni: targa dati con marcatura CE sulla parete laterale destra del quadro elettrico; contrassegno dei dispositivi di arresto di emergenza; avviso relativo al tempo di scarica sul generatore di corrente di saldatura; contrassegni del baricentro e dei punti di sollevamento sui gruppi

rilevanti per il trasporto; segnaletica a pavimento gialla e nera secondo la regola tecnica tedesca per i luoghi di lavoro ASR A1.3 per le vie di circolazione e l'area di apertura della porta di manutenzione.

Cartelli con testo: «Movimentazione manuale solo fino a 15 kg, oltre questo valore usare l'ausilio di sollevamento» alla stazione di carico; «Applicare il proprio lucchetto personale prima di entrare» e «Interrompere il lavoro in caso di guasto dell'illuminazione» alla porta di manutenzione; «Controllare il morsetto di massa prima di iniziare a saldare» sulle attrezzature di serraggio; «Non aprire in caso di allarme incendio» sullo sportello di manutenzione dell'alloggiamento del filtro; «Modificare la posa dei cavi solo in conformità allo schema elettrico RSZ-2600-EPL-001» e «Modifiche dei parametri solo da parte di personale specializzato autorizzato; è richiesta una successiva prova di validazione» sul quadro elettrico; «Prima dell'intervento: scaricare a 0 bar e bloccare la valvola di intercettazione» sulla valvola di intercettazione dell'aria compressa; cartello con testo che indica l'area d'azione dei dispositivi di arresto di emergenza (l'arresto di emergenza agisce su tutte le macchine parziali della cella) al pulpito di comando.

## 2.5 Ripari e dispositivi di protezione

I ripari e i dispositivi di protezione descritti di seguito sono installati in modo permanente sulla RSZ-2600. Non devono essere rimossi, modificati né elusi. La macchina può essere utilizzata solo con tutti i ripari e i dispositivi di protezione completamente montati e funzionanti.

Ripari fissi e mobili: riparo perimetrale (recinzione perimetrale), altezza 2200 mm, con pannelli di riempimento opachi alla luce di saldatura, finestre di osservazione con protezione per saldatura e pannello di base; dimensionamento delle distanze di sicurezza secondo EN ISO 13857. Porta di manutenzione sul lato posteriore come riparo interbloccato con bloccaggio del riparo secondo EN ISO 14119 (bloccaggio a molla, sblocco mediante energia; attuatore codificato); il bloccaggio del riparo viene sbloccato solo quando l'arco si è spento e il robot e la tavola girevole si trovano in arresto monitorato. Dall'interno, la porta di manutenzione può essere aperta in qualsiasi momento senza utensili tramite lo sblocco di fuga; il suo azionamento provoca un arresto. La maniglia della porta è dotata di un dispositivo di blocco per lucchetti personali: ogni persona che entra nella cella applica il proprio lucchetto mentre la porta è aperta e porta con sé la chiave. Finché è applicato un lucchetto, la porta non può essere chiusa e la modalità automatica non può essere avviata. I movimenti sono quindi possibili solo in modalità di regolazione con il dispositivo di abilitazione azionato e a velocità ridotta in sicurezza. Parete divisoria centrale fissa della tavola girevole a due stazioni con tendina di protezione per saldatura tra la stazione di carico e l'area di saldatura.

Apparecchi di protezione elettrosensibili: barriera fotoelettrica di tipo 4 secondo EN IEC 61496-1:2020 ed EN IEC 61496-2:2020 con risoluzione di 30 mm all'apertura di carico; il campo di protezione copre completamente l'apertura di carico ed è sempre attivo (nessun muting), e le aperture residue sono chiuse da ripari fissi secondo EN ISO 13857:2019, tabella 4; distanza di sicurezza calcolata e documentata secondo EN ISO 13855. Un'intrusione nel campo di protezione provoca un arresto sicuro del robot e della tavola girevole.

Sistema di comando di sicurezza e funzioni di sicurezza: un PLC di sicurezza valuta tutti i ripari e i dispositivi di protezione. Funzioni di sicurezza principali secondo EN ISO 13849-1: SF-01 interblocco e bloccaggio del riparo della porta di manutenzione con spegnimento sicuro del generatore di corrente di saldatura a porta aperta (PL d, categoria 3); SF-02 barriera fotoelettrica all'apertura di carico (PL e, categoria 4); SF-03 arresto di emergenza (PL d, categoria 3); SF-04 abilitazione del movimento di rotazione della tavola girevole (PL e, categoria 4); SF-05 velocità ridotta in sicurezza in modalità di regolazione, al massimo 250 mm/s al TCP (PL d). Il monitoraggio della pressione di serraggio dei dispositivi di serraggio dei pezzi è integrato come condizione di abilitazione nella funzione di sicurezza SF-04; la tavola girevole ruota solo con pressione di serraggio confermata (vedere la valutazione del rischio, n. 5). La validazione delle funzioni di sicurezza è documentata secondo EN ISO 13849-2.

Arresto di emergenza: dispositivi di arresto di emergenza secondo EN ISO 13850 al pulpito di comando, alla porta di manutenzione e sul pendant di programmazione. L'arresto di emergenza agisce su tutte le macchine parziali della cella (robot, tavola girevole, generatore di corrente di saldatura, trainafilo) e avvia un arresto controllato (categoria di arresto 1 secondo EN 60204-1). Il riavvio è possibile solo dopo lo sblocco del dispositivo di arresto di emergenza azionato e il riarmo manuale al pulpito di comando.

Selezione della modalità operativa e modalità di regolazione: selettore delle modalità operative bloccabile con le modalità operative Automatico e Regolazione; la chiave resta in possesso della persona autorizzata. In modalità di regolazione, la velocità è limitata in sicurezza a 250 mm/s e i movimenti sono possibili solo quando è azionato il dispositivo di abilitazione a tre posizioni sul pendant di programmazione secondo EN ISO 10218-1; il rilascio o la pressione a fondo del dispositivo provoca un arresto controllato (categoria di arresto 1).

Blocco al riavvio e avviso di avviamento: dopo l'intervento di un dispositivo di protezione, dopo un arresto di emergenza e dopo il ripristino della tensione, la funzione di blocco al riavvio impedisce il riavvio automatico. Il riarmo avviene esclusivamente al pulpito di comando, al di fuori della zona pericolosa e con vista sull'apertura di carico. Prima dell'avviamento automatico viene emesso un avviso acustico di avviamento; la colonna luminosa indica lo stato operativo.

Sezionamento dell'energia: interruttore generale con posizione OFF bloccabile secondo EN 60204-1 per il sezionamento sicuro (LOTO); valvola di intercettazione dell'aria compressa bloccabile con funzione di sfiato e indicatore di pressione residua all'accesso di manutenzione; avviso relativo al tempo di scarica del generatore di corrente di saldatura prima dell'apertura.

Sicurezza pneumatica: pressostato sul circuito di serraggio, che abilita il movimento di rotazione della tavola girevole solo con pressione di serraggio confermata; sensore di presenza del pezzo in ciascuna stazione, che segnala la posizione del pezzo; valvola di non ritorno pilotata (valvola di mantenimento della pressione) nella linea di serraggio, che mantiene serrato il pezzo in caso di calo di pressione, con comando manuale di emergenza per lo scarico controllato della pressione in caso di guasto.

Ulteriori misure di protezione: giunto anticollisione sulla torcia di saldatura con arresto di sicurezza immediato in caso di collisione; protezione antiurto nell'area della tavola girevole e lamiera deflettrice sotto la tavola girevole come dispositivo di raccolta; periodo di blocco per raffreddamento per ciascun programma di saldatura con spia rossa alla stazione di prelievo; monitoraggio della temperatura sul collo della torcia con indicazione di abilitazione sul pannello HMI; aspirazione dei fumi di saldatura 1800 m³/h con monitoraggio della capacità di aspirazione, separatore di scintille preliminare, monitoraggio della temperatura della cartuccia filtrante, serrande di intercettazione motorizzate e rilevatori di fumo e di CO (interblocchi operativi senza requisito di PL); illuminazione del posto di lavoro integrata nella macchina con segnalazione di guasto sul pannello HMI; segnaletica a pavimento per le vie di circolazione e ponti passacavi carrabili nelle vicinanze della cella.

L'efficacia dei ripari e dei dispositivi di protezione deve essere verificata secondo le prescrizioni riportate nel capitolo 9 (controlli giornalieri) e nel capitolo 10 (controlli periodici). Eventuali difetti riscontrati devono essere segnalati immediatamente; la macchina deve restare ferma fino all'esecuzione della riparazione.

## 2.6 Rischi residui e misure di protezione

Nonostante i ripari e i dispositivi di protezione descritti, sulla macchina permangono rischi residui che non possono essere completamente eliminati mediante la progettazione. Il quadro completo di tutti i 42 rischi residui, strutturato per fase del ciclo di vita, con le relative misure di protezione, è stato tratto dalla valutazione del rischio ed è allegato alla fine del presente capitolo. Le misure di protezione vi sono elencate per ciascun pericolo nell'ordine di EN ISO 12100: progettazione intrinsecamente sicura (fase 1), misure di protezione tecniche e misure di protezione complementari (fase 2), informazioni per l'uso (fase 3).

Panoramica dei principali rischi residui: pericolo di schiacciamento e di urto da parte del robot e della tavola girevole durante i lavori con ripari e dispositivi di protezione aperti (regolazione, ricerca guasti); radiazioni ottiche dell'arco nonché superfici calde e spruzzi di saldatura nelle vicinanze delle stazioni; pericolo dovuto ai fumi di saldatura in caso di aspirazione insufficiente; pericolo elettrico sul quadro elettrico e sul generatore di corrente di saldatura; energia pneumatica accumulata nel circuito di serraggio; esposizione al rumore alla stazione di carico (84 dB(A)); campi elettromagnetici nelle vicinanze del processo di saldatura.

Dispositivi di protezione individuale: durante l'uso della macchina devono essere indossati almeno: calzature di sicurezza S3 secondo EN ISO 20345, indumenti da lavoro aderenti e ignifughi, occhiali di protezione con protezione laterale e protezione dell'udito. Durante la movimentazione dei pezzi devono essere indossati anche guanti di protezione e, durante il prelievo dei pezzi saldati, guanti di protezione dal calore. I guanti di protezione non proteggono dallo schiacciamento. Introdurre le mani nell'area di rotazione solo con la tavola girevole ferma. Durante i lavori di regolazione, manutenzione e pulizia nella cella, inoltre: occhiali per saldatura o schermo protettivo in caso di contatto visivo con l'arco, guanti da saldatore per lavori su componenti ancora caldi. I DPI sono messi a disposizione dall'utilizzatore, che deve anche sorvegliarne l'uso.

Comportamento in caso di pericolo: in presenza di pericoli riconoscibili, azionare immediatamente l'arresto di emergenza, sezionare la macchina tramite l'interruttore generale e informare il superiore. Una persona rimasta chiusa all'interno della cella ne esce tramite lo sblocco di fuga della porta di manutenzione. Se una persona è intrappolata dal robot o dalla tavola girevole: azionare l'arresto di emergenza e attivare la catena interna di soccorso. In assenza di energia di azionamento, gli assi del robot possono essere spostati con il dispositivo di sblocco dei freni secondo le istruzioni del fabbricante del robot; sostenere prima l'asse interessato, perché può cadere una volta sbloccato il freno. Con la macchina sezionata, la tavola girevole può essere ruotata a mano dopo lo sblocco del freno motore. Il soccorso è eseguito solo da personale addetto alla regolazione e alla manutenzione istruito. Gli incendi sull'equipaggiamento elettrico devono essere spenti solo con estintori a CO2 o a polvere, mai con acqua. Per il comportamento in caso di incendio nell'unità di aspirazione, vedere il capitolo 9.5. In caso di infortuni, prestare il primo soccorso e seguire la catena interna di soccorso.

**Tabella 5: Panoramica dei pericoli residui**

| N. | Pericolo | Fasi del ciclo di vita |
|---|---|---|
| 28 | **Meccanico**<br>Pericolo dovuto alla caduta di parti durante il trasporto e l'installazione della cella: Durante il trasporto con gru o carrello elevatore di componenti della cella (segmenti della recinzione perimetrale, quadro elettrico, telaio di base del robot), le parti possono cadere a causa di errori di imbracatura o di oscillazione del carico e colpire persone. | Trasporto, Assemblaggio |
| 29 | **Meccanico**<br>Pericolo dovuto a stabilità insufficiente della cella durante l'installazione: se la cella viene installata su un pavimento irregolare o privo di portanza, oppure se i tasselli ad alta resistenza non sono posati e serrati come prescritto, l'impianto può ribaltarsi o spostarsi; le persone nelle vicinanze possono essere colpite. | Assemblaggio, Messa in servizio |
| 39 | **Manipolazione/sicurezza informatica**<br>Il collegamento di dispositivi di terzi genera una situazione pericolosa: Un dispositivo di terzi collegato (il sistema di controllo di linea sovraordinato o MES dell'utilizzatore, il gateway di manutenzione remota, i segnali lato utilizzatore dell'impianto di aspirazione o dell'alimentazione del gas) invia segnali inattesi, scrive su variabili di comando o occupa risorse. La macchina si avvia, cambia modalità operativa o ignora condizioni di arresto perché le funzioni del dispositivo di terzi non sono state considerate nella valutazione del rischio. [regolamento macchine (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.1.9, primo comma; punto 1.2.1, quarto comma, lettera h); punto 1.2.4.4] | Assemblaggio, Messa in servizio, Funzionamento |
| 12 | **Elettrico**<br>Pericolo dovuto al contatto diretto o indiretto con parti in tensione del generatore di corrente di saldatura, del quadro di comando del robot e del sistema di comando della cella (400 V AC, 32 kVA): Il contatto con morsetti, cavi o con l'interno del quadro elettrico quando il quadro è aperto senza sezionamento può causare una scossa elettrica con fibrillazione ventricolare o ustioni. | Manutenzione, Messa in servizio, Ricerca guasti |
| 30 | **Combinazione**<br>Pericolo dovuto alla parametrizzazione errata del sistema di comando del robot o del sistema di comando di sicurezza (ad es. distanze di sicurezza errate, limiti di velocità errati in modalità di regolazione, abilitazioni di zona errate): Parametri errati possono far sì che le funzioni di sicurezza non operino come previsto, mettendo in pericolo le persone a causa dei movimenti del robot o della tavola girevole. | Messa in servizio, Regolazione, Manutenzione |
| 31 | **Combinazione**<br>Pericolo dovuto a livelli di sicurezza diversi delle macchine parziali di fabbricanti diversi (robot, generatore di corrente di saldatura, tavola girevole, impianto di aspirazione): un interblocco di interfaccia mancante o incompleto tra le macchine parziali può far sì che una macchina parziale si avvii anche se un'altra si trova in una condizione non sicura (EN ISO 11161). | Messa in servizio, Funzionamento, Ricerca guasti |

| N. | Pericolo | Fasi del ciclo di vita |
|---|---|---|
| 37 | **Manipolazione/sicurezza informatica**<br>Alterazione involontaria dovuta a errore di configurazione o di utilizzo: Caricato un file di ricetta o di parametri errato, ruoli e password non impostati (password predefinita attiva), configurazione ripristinata in modo incompleto dopo un guasto. Impostazioni rilevanti per la sicurezza si discostano inosservate dalla configurazione approvata. [regolamento macchine (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.1.9, terzo comma; punto 1.2.1, secondo comma, lettera b); punto 1.2.1, secondo comma, lettera d); punto 1.2.1, secondo comma, lettera e)] | Regolazione, Funzionamento, Messa in servizio |
| 38 | **Manipolazione/sicurezza informatica**<br>Guasto o disturbo del collegamento alla rete di comunicazione: Un guasto di rete, un sovraccarico (broadcast storm, denial of service), la rottura di un cavo o il cambio di segmento di rete interrompono la comunicazione tra i componenti di comando o la comunicazione orientata alla sicurezza (PROFIsafe). Al ripristino si verifica un avviamento inatteso oppure vengono acquisiti in modo incontrollato valori di riferimento obsoleti. [regolamento macchine (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.2.6; punto 1.2.1, secondo comma, lettera a); punto 1.2.3] | Funzionamento, Messa in servizio |
| 40 | **Manipolazione/sicurezza informatica**<br>Software rilevante per la sicurezza non identificabile o non contrassegnato: La versione e il checksum del software di sicurezza non possono essere consultati sulla macchina e il software e i dati rilevanti per la sicurezza non sono designati come tali. Dopo un intervento, un aggiornamento o la sostituzione di un dispositivo non è possibile stabilire se la macchina si trovi ancora nello stato controllato; il funzionamento con software non approvato resta inosservato. [regolamento macchine (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.1.9, terzo comma; punto 1.1.9, quarto comma; punto 1.7.4.2] | Messa in servizio, Manutenzione, Funzionamento |
| 43 | **Manipolazione/sicurezza informatica**<br>Accesso di engineering non protetto al sistema di comando di sicurezza: L'accesso di programmazione al sistema di comando di sicurezza o al PLC di sicurezza è raggiungibile senza password o con le credenziali predefinite del fabbricante; il programma di sicurezza può essere sovrascritto o portato in stato di arresto durante il funzionamento ed è possibile il forcing di ingressi e uscite. Le funzioni di protezione vengono rese inefficaci oppure gli attuatori vengono comandati direttamente. [regolamento macchine (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.1.9, secondo comma; punto 1.1.9, terzo comma; punto 1.2.1, secondo comma, lettera a)] | Messa in servizio, Manutenzione, Ricerca guasti |
| 1 | **Meccanico**<br>Pericolo di schiacciamento e cesoiamento dovuto alla tavola girevole durante la rotazione automatica: Parti del corpo dell'operatore (mani, braccia) possono essere trascinate e schiacciate tra la tavola girevole e la parete divisoria centrale fissa o la recinzione perimetrale, in particolare quando si interviene sulla tavola girevole durante la rotazione per riposizionare un pezzo spostato (uso scorretto ragionevolmente prevedibile). | Funzionamento, Regolazione, Ricerca guasti |

| N. | Pericolo | Fasi del ciclo di vita |
|---|---|---|
| 2 | **Meccanico**<br>Pericolo di schiacciamento e trascinamento dovuto al robot di saldatura (robot industriale) in modalità di regolazione: a velocità ridotta (comando ad azione mantenuta), gli operatori o il personale addetto alla regolazione possono essere schiacciati o trascinati tra il braccio del robot e le attrezzature periferiche (recinzione perimetrale, tavola girevole, attrezzatura di saldatura) a causa di movimenti imprevisti del robot. | Regolazione |
| 4 | **Meccanico**<br>Pericolo di schiacciamento all'interfaccia tra la tavola girevole e il robot di saldatura (area di trasferimento): Durante la rotazione l'attrezzatura caricata si sposta nell'area di lavoro del robot; l'ingresso non coordinato del robot nell'area di rotazione o la mancanza di un interblocco tra il movimento della tavola girevole e l'abilitazione del robot possono causare collisioni e lesioni da schiacciamento. | Funzionamento, Regolazione, Ricerca guasti |
| 5 | **Meccanico**<br>Caduta di pezzi o di parti dell'attrezzatura per guasto del dispositivo di serraggio pneumatico: In caso di mancanza o perdita di aria compressa, gli elementi di serraggio si aprono in modo incontrollato; pezzi fino a 40 kg possono cadere dalla tavola girevole e colpire persone alla stazione di carico. | Funzionamento, Regolazione, Ricerca guasti |
| 6 | **Meccanico**<br>Pericolo di schiacciamento e urto per riavvio inatteso della tavola girevole o del robot dopo un arresto di emergenza o dopo l'eliminazione di un guasto: se manca un sistema coordinato di prevenzione del riavvio (EN ISO 11161), singole macchine parziali possono avviarsi automaticamente mentre nella zona pericolosa sono ancora presenti persone. | Ricerca guasti, Manutenzione, Regolazione |
| 7 | **Meccanico**<br>Funzione di arresto di emergenza mancante o non coordinata tra le macchine parziali (robot, tavola girevole, generatore di corrente di saldatura, impianto di aspirazione): un arresto di emergenza su una macchina parziale non arresta necessariamente tutte le altre macchine parziali; le persone possono essere messe in pericolo da componenti che continuano a funzionare. | Funzionamento, Regolazione, Ricerca guasti |
| 8 | **Meccanico**<br>Pericolo di taglio e puntura dovuto al filo di saldatura (filo pieno da 1,0 a 1,2 mm) alla torcia di saldatura: Il filo che sporge dalla torcia agisce come un ago; durante la regolazione, l'infilaggio del filo o la pulizia della torcia, mani e dita possono essere punte o tagliate. | Regolazione, Manutenzione, Pulizia |

| N. | Pericolo | Fasi del ciclo di vita |
|---|---|---|
| 9 | **Meccanico**<br>Pericolo ergonomico e di schiacciamento durante il carico e lo scarico manuali di pezzi fino a 40 kg: I pezzi fino a 15 kg vengono caricati a mano, i pezzi oltre 15 kg con l'ausilio di sollevamento fornito dall'utilizzatore; in caso di uso scorretto ragionevolmente prevedibile (sollevamento senza ausilio di sollevamento) si verifica un sovraccarico dell'apparato muscolo-scheletrico insieme al rischio di perdere la presa, con conseguente caduta del pezzo su piedi o mani. | Funzionamento, Regolazione |
| 10 | **Meccanico**<br>Pericolo di inciampo, scivolamento e caduta nell'area della stazione di carico e del corridoio di manutenzione a causa di spruzzi di saldatura sul pavimento, cavi, tubi flessibili (aria compressa, gas di protezione) e zone bagnate durante i lavori di pulizia. | Funzionamento, Regolazione, Manutenzione, Pulizia, Ricerca guasti |
| 11 | **Meccanico**<br>Pericolo dovuto all'accesso simultaneo di più persone a zone diverse della cella (EN ISO 11161): una seconda persona si trova all'interno della cella senza che il personale addetto alla regolazione ne sia a conoscenza; all'avviamento del robot o della tavola girevole la seconda persona viene colpita. | Regolazione, Manutenzione, Ricerca guasti |
| 13 | **Elettrico**<br>Pericolo dovuto alla corrente di saldatura sul pezzo e sull'attrezzatura: il circuito di saldatura è percorso da correnti elevate (tipicamente da 100 a 350 A); in caso di collegamento di massa difettoso o isolamento danneggiato, le persone che toccano il pezzo o l'attrezzatura possono ricevere una scossa elettrica. | Regolazione, Funzionamento, Ricerca guasti |
| 14 | **Elettrico**<br>Interferenze EMC tra generatore di corrente di saldatura e sistema di comando di sicurezza (sistema di comando del robot, unità di valutazione della barriera fotoelettrica, unità di comando del bloccaggio del riparo): gli impulsi di interferenza ad alta frequenza dell'arco MAG possono influenzare le funzioni di sicurezza e causare interventi intempestivi o, in modo più critico, il guasto non rilevato di funzioni di sicurezza (EN ISO 11161). | Funzionamento, Regolazione |
| 15 | **Termico**<br>Pericolo di ustione dovuto a pezzi e cordoni di saldatura caldi: Gli assiemi appena saldati raggiungono nella zona del cordone diverse centinaia di gradi Celsius; il prelievo senza guanti di protezione idonei o il contatto con il cordone possono causare gravi ustioni. | Funzionamento, Regolazione |
| 16 | **Termico**<br>Pericolo di ustione e di incendio dovuto agli spruzzi di saldatura (scintille volanti): Durante la saldatura MAG si generano spruzzi a temperature superiori a 1500 gradi C; possono cadere su materiali combustibili (imballaggi, oli, indumenti) nell'ambiente circostante e causare incendi o ustioni. | Funzionamento, Regolazione |
| 17 | **Termico**<br>Rischio di ustione dovuto alla torcia di saldatura calda e al collo della torcia: Il collo | Manutenzione, Regolazione, Pulizia |

| N. | Pericolo | Fasi del ciclo di vita |
|---|---|---|
| | della torcia e il tubetto di contatto si riscaldano fortemente dopo il processo di saldatura; durante la sostituzione della torcia, la pulizia o la regolazione senza tempo di raffreddamento, mani e dita possono ustionarsi. | |
| 18 | **Radiazioni**<br>Pericolo dovuto alla radiazione ottica dell'arco MAG (UV, visibile, IR): l'arco emette radiazione ultravioletta, visibile e infrarossa intensa; la visione non protetta dell'arco (anche attraverso una porta di manutenzione aperta in modalità di regolazione) può causare lesioni agli occhi (cheratocongiuntivite, danni alla retina) e ustioni cutanee. | Regolazione, Funzionamento |
| 19 | **Radiazioni**<br>Pericolo dovuto ai campi elettromagnetici (CEM) generati dal generatore di corrente di saldatura e dai cavi di saldatura: Le elevate correnti di saldatura generano forti campi magnetici; le persone con impianti attivi (pacemaker cardiaci, pompe per insulina) possono essere messe in pericolo dai campi. | Funzionamento, Regolazione, Manutenzione |
| 20 | **Materiali/sostanze**<br>Pericolo dovuto all'inalazione di fumi e vapori di saldatura (ossidi metallici, manganese, ossidi di ferro): La saldatura MAG di acciaio da costruzione genera particelle e gas nocivi; con aspirazione insufficiente (cartuccia filtrante satura, impianto spento) le concentrazioni nella zona respiratoria dell'operatore superano i valori limite di esposizione professionale. | Funzionamento, Regolazione, Manutenzione, Pulizia |
| 24 | **Rumore**<br>Pericolo dovuto al rumore durante il processo di saldatura MAG e dall'azionamento della tavola girevole: Il processo di saldatura (rumore dell'arco, spruzzi) e gli azionamenti meccanici generano livelli di pressione acustica rilevanti alla stazione di carico; in funzionamento continuo (esercizio su due turni, 16 h) il livello di esposizione quotidiana al rumore LEX,8h può raggiungere o superare i valori di azione del regolamento tedesco sulla protezione dal rumore e dalle vibrazioni sul lavoro (LärmVibrationsArbSchV). | Funzionamento, Regolazione |
| 27 | **Ergonomico**<br>Illuminazione insufficiente alla stazione di carico e nel corridoio di manutenzione: un'illuminazione inadeguata rende difficili il carico e lo scarico in sicurezza dei pezzi e l'esecuzione dei lavori di manutenzione e aumenta il rischio di errori e di infortuni. | Funzionamento, Regolazione, Manutenzione, Pulizia |
| 32 | **Meccanico**<br>Pericolo dovuto al raggiungimento oltre o sotto la barriera fotoelettrica alla stazione di carico (uso scorretto ragionevolmente prevedibile): Le persone raggiungono l'area di rotazione aggirando lateralmente la barriera fotoelettrica o passando sotto di essa senza che venga attivata la funzione di protezione; la tavola girevole o il robot possono avviarsi e intrappolare mani o braccia. | Funzionamento, Regolazione |
| 36 | **Manipolazione/sicurezza informatica**<br>Manipolazione di parametri rilevanti per la sicurezza tramite la rete: Un accesso in scrittura non autorizzato tramite bus di campo, OPC UA o interfaccia MES modifica parametri rilevanti per la sicurezza (ad es. monitoraggio della porta di manutenzione, | Funzionamento, Regolazione |

| N. | Pericolo | Fasi del ciclo di vita |
|---|---|---|
| | parametri della barriera fotoelettrica, limite di velocità in modalità di regolazione). La funzione di protezione diventa inefficace oppure la macchina opera al di fuori dei limiti stabiliti nella valutazione del rischio. [regolamento macchine (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.1.9, primo comma; punto 1.1.9, terzo comma; punto 1.2.1, secondo comma, lettera a); punto 1.2.1, secondo comma, lettera d)] | |
| 3 | **Meccanico**<br>Pericolo di urto e schiacciamento dovuto al robot di saldatura durante il funzionamento automatico in caso di accesso non autorizzato: persone che scavalcano la recinzione perimetrale o manomettono la porta di manutenzione vengono colpite dall'asse del robot che si muove alla piena velocità e forza oppure vengono schiacciate contro parti fisse. | Funzionamento |
| 21 | **Materiali/sostanze**<br>Pericolo dovuto al gas di protezione (miscela argon-CO2 M21) in caso di perdita: Argon e CO2 sono più pesanti dell'aria, per cui il gas di protezione può accumularsi in prossimità del pavimento; in caso di perdite maggiori in ambienti poco ventilati sussiste il rischio di asfissia per spostamento dell'ossigeno. | Funzionamento, Manutenzione, Ricerca guasti |
| 34 | **Termico**<br>Pericolo di incendio nell'impianto di aspirazione dei fumi di saldatura (incendio del filtro): Scintille e particelle incandescenti aspirate dal processo possono accumularsi nella cartuccia filtrante e innescare un fuoco covante o un incendio del filtro, anche con ritardo dopo la fine del turno. Il fumo dell'incendio può diffondersi nel capannone attraverso il sistema di tubazioni e il ricircolo dell'aria. | Funzionamento, Manutenzione |
| 35 | **Ergonomico**<br>Pericolo dovuto a posture forzate e movimenti ripetitivi durante il carico e lo scarico dei pezzi: L'operatore esegue ripetutamente movimenti di presa, sollevamento e serraggio con un ciclo di circa 90 secondi; le posture sfavorevoli del corpo (flessione, estensione) con geometrie variabili dei pezzi sollecitano la colonna vertebrale, le spalle e i polsi. | Funzionamento |
| 41 | **Manipolazione/sicurezza informatica**<br>Evidenze mancanti o incomplete degli interventi (registrazione): Gli interventi su hardware, software o configurazione rilevanti per la sicurezza non vengono registrati oppure vengono registrati senza marca temporale e autore; i registri si sovrascrivono dopo breve tempo o sono esposti a manipolazione. Gli interventi non autorizzati restano inosservati e la traccia di audit non è disponibile su richiesta delle autorità. [regolamento macchine (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.1.9, secondo comma; punto 1.1.9, quinto comma; punto 1.2.1, secondo comma, lettera f)] | Funzionamento, Manutenzione, Ricerca guasti |
| 42 | **Manipolazione/sicurezza informatica**<br>Dati di produzione o di ricetta falsificati provenienti da MES o cloud: I dati di ordine e di ricetta acquisiti da MES, ERP o piattaforma cloud (ad es. parametri di saldatura, numero di programma o assegnazione del pezzo) sono falsificati, obsoleti o destinati a una macchina sbagliata. La macchina opera con specifiche al di fuori dei limiti di sicurezza o con un riferimento errato a pezzo e programma. [regolamento macchine | Funzionamento |

| N. | Pericolo | Fasi del ciclo di vita |
|---|---|---|
| | (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.1.9, terzo comma; punto 1.2.1, secondo comma, lettera b); punto 1.2.1, secondo comma, lettera d)] | |
| 44 | **Manipolazione/sicurezza informatica**<br>Accesso remoto non autorizzato o errato tramite il gateway di manutenzione remota: Attraverso la connessione VPN IPsec del gateway di manutenzione remota, una persona non autorizzata con credenziali rubate oppure un tecnico autorizzato nel momento sbagliato interviene sul sistema di comando della cella: modifica del programma o dei parametri, riarmo di guasti o avvio di movimenti mentre sono presenti persone alla stazione di carico o nel corridoio di manutenzione. [regolamento macchine (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.1.9, primo comma; punto 1.1.9, terzo comma; punto 1.2.1, secondo comma, lettera a); punto 1.2.1, secondo comma, lettera d)] | Funzionamento, Manutenzione, Ricerca guasti |
| 22 | **Materiali/sostanze**<br>Pericolo dovuto alla polvere del filtro durante la sostituzione della cartuccia filtrante dell'aspirazione dei fumi di saldatura: La cartuccia filtrante contiene fumi di saldatura separati con ossidi metallici e particelle fini; se sostituita senza adeguate misure di protezione delle vie respiratorie, le polveri vengono rilasciate e inalate. | Manutenzione, Pulizia |
| 23 | **Meccanico**<br>Pericolo dovuto all'energia pneumatica residua durante i lavori di manutenzione e di eliminazione dei guasti: Dopo lo spegnimento dell'alimentazione di aria compressa, nelle linee e nei cilindri del dispositivo di serraggio rimane una pressione residua; un rilascio incontrollato della pressione può causare movimenti improvvisi degli elementi di serraggio e ferire persone o proiettare pezzi. | Manutenzione, Ricerca guasti |
| 33 | **Meccanico**<br>Pericolo durante lo smontaggio della cella al termine della vita utile: Durante lo smontaggio dei segmenti della recinzione perimetrale, del telaio di base del robot e del quadro elettrico sorgono pericoli dovuti a componenti pesanti (schiacciamento, caduta), a energia residua nelle linee (aria compressa, elettrica) e a spigoli vivi sulle parti in lamiera. | Messa fuori servizio |

## Fase del ciclo di vita: Trasporto

### Meccanico

Pericolo dovuto alla caduta di parti durante il trasporto e l'installazione della cella: Durante il trasporto con gru o carrello elevatore di componenti della cella (segmenti della recinzione perimetrale, quadro elettrico, telaio di base del robot), le parti possono cadere a causa di errori di imbracatura o di oscillazione del carico e colpire persone.

Fasi del ciclo di vita: Trasporto, Assemblaggio

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Tutti i componenti della cella (segmenti della recinzione perimetrale, quadro elettrico, telaio di base del robot) sono dotati di punti di sollevamento integrati in modo permanente e progettati secondo le norme applicabili (ad es. golfari secondo DIN 580 o dadi ad anello secondo DIN 582) con portata massima (WLL) chiaramente contrassegnata per ciascun punto di sollevamento.
- Il baricentro di ciascun componente è posizionato per via progettuale o documentato mediante contrassegno sul componente in modo che sia possibile mantenere un attacco stabile senza oscillazione del carico, con un angolo di imbracatura non superiore a 60 gradi rispetto alla verticale ($\beta \leq 60°$) (progettazione basata sulla DGUV Regel 109-017 tedesca come riferimento di pianificazione).
- In questo modo la probabilità di un errore di imbracatura è ridotta dalla progettazione stessa.
- Rischio residuo dovuto all'oscillazione del carico e alla presenza di persone nella zona pericolosa:
- Documentazione tecnica di trasporto: per ciascun componente deve essere fornito, come parte dei documenti di montaggio, un piano di imbracatura (disegno con punti di sollevamento, posizione del baricentro, scelta degli accessori di sollevamento e WLL) (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4.2, informazioni sul trasporto e sulla movimentazione).
- Delimitazione della zona pericolosa: durante tutti i sollevamenti con gru, l'area sotto e a lato del carico deve essere protetta con barriere fisiche (nastro di delimitazione, recinzioni di sbarramento) in modo da escludere qualsiasi accesso involontario di persone.
- Accessori di sollevamento: scelta e impiego di accessori di sollevamento controllati (catene, brache, grilli) con WLL sufficiente e un certificato di controllo valido ai sensi del regolamento tedesco sulla sicurezza delle attrezzature di lavoro (BetrSichV).
- Una funzione di sicurezza ai sensi di EN ISO 13849-1 non è applicabile a questa fase di trasporto; non va assegnato alcun PLr.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4.2):
- Includere i piani di imbracatura con punti di sollevamento, posizione del baricentro e WLL per ciascun componente nei capitoli 5.2 e 5.3.
- Requisito di qualifica: le operazioni con gru e l'imbracatura dei carichi possono essere eseguite solo da imbracatori istruiti e autorizzati (qualifica secondo la DGUV Information 209-013 tedesca).
- Segnalazione di avvertimento su ciascun componente: segnale di avvertimento «Pericolo: carichi sospesi» (W015 secondo EN ISO 7010:2020), indicazione della massa e del WLL per ciascun punto di sollevamento direttamente sul componente.

- Specifica dei DPI: casco di protezione, calzature di sicurezza (S3) e giubbotto ad alta visibilità sono obbligatori durante tutte le operazioni di trasporto.
- Avvertenza: è vietato sostare sotto carichi sospesi.

### Fase del ciclo di vita: Assemblaggio

**Meccanico**

Pericolo dovuto a stabilità insufficiente della cella durante l'installazione: se la cella viene installata su un pavimento irregolare o privo di portanza, oppure se i tasselli ad alta resistenza non sono posati e serrati come prescritto, l'impianto può ribaltarsi o spostarsi; le persone nelle vicinanze possono essere colpite.

Fasi del ciclo di vita: Assemblaggio, Messa in servizio

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Stabilità garantita per via progettuale mediante un telaio di base adeguatamente dimensionato e rigido alla torsione (struttura saldata o telaio in acciaio da costruzione) con ampia superficie di appoggio e baricentro basso secondo EN ISO 12100:2010, punto 6.2.6 (stabilità).
- Fori di fissaggio nel telaio di base per l'ancoraggio al pavimento con 2 × 4 tasselli ad alta resistenza M16, da prevedere in modo che l'ancoraggio sia possibile senza lavorazioni successive; l'ancoraggio è progettato in modo da non potersi allentare da solo e da poter essere sciolto solo con un utensile.
- La posizione del baricentro e la resistenza al ribaltamento devono essere verificate per calcolo nell'ambito della progettazione (verifica di stabilità secondo EN ISO 12100:2010, punto 6.2.6).
- Fornitura di un piano di installazione specifico per la macchina (disegno quotato con portanza minima del pavimento di 10 kN/m², tolleranza di planarità del fondo e posizioni dei punti di ancoraggio) come parte della documentazione di consegna, che deve essere approvato dall'utilizzatore prima dell'inizio del montaggio.
- Contrassegno dei punti di ancoraggio sul telaio di base mediante marcature permanenti (freccia o scritta) in modo che il personale di montaggio possa identificare le posizioni in modo inequivocabile.
- Per lo stato di montaggio prima della posa dei tasselli: verifica della stabilità senza ancoraggio (verifica della resistenza al ribaltamento, rapporto tra momenti stabilizzanti e momenti ribaltanti di almeno 1,5 secondo le indicazioni del fabbricante).
- Queste misure non sono funzioni di sicurezza ai sensi di EN ISO 13849-1 e non richiedono un PLr.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): capitolo 7 (Condizioni di installazione) e capitolo 8 (Montaggio e installazione) con prescrizioni vincolanti per: portanza minima del pavimento (almeno 10 kN/m²), planarità richiesta del fondo, obbligo di ancoraggio al pavimento con 2 × 4 tasselli ad alta resistenza M16 (coppia di serraggio 110 Nm) con indicazione del tipo di tassello e della profondità di ancoraggio, e riferimento al piano di installazione.
- Segnalazione di avvertimento sul telaio di base: segnale di avvertimento generale W001 secondo EN ISO 7010:2020 con il testo supplementare «Pericolo di ribaltamento prima dell'ancoraggio» su almeno due lati opposti del telaio di base, visibile durante il montaggio.
- Requisito di qualifica: l'installazione e l'ancoraggio possono essere eseguiti solo da personale specializzato qualificato (meccanici industriali o installatori con esperienza nell'installazione di macchine); il requisito deve essere indicato nelle istruzioni per l'uso.

- Avviso sui DPI: calzature di sicurezza (EN ISO 20345, classe di protezione S3) e guanti di protezione durante il montaggio; specifica nelle istruzioni per l'uso.

**Manipolazione/sicurezza informatica**

Il collegamento di dispositivi di terzi genera una situazione pericolosa: Un dispositivo di terzi collegato (il sistema di controllo di linea sovraordinato o MES dell'utilizzatore, il gateway di manutenzione remota, i segnali lato utilizzatore dell'impianto di aspirazione o dell'alimentazione del gas) invia segnali inattesi, scrive su variabili di comando o occupa risorse. La macchina si avvia, cambia modalità operativa o ignora condizioni di arresto perché le funzioni del dispositivo di terzi non sono state considerate nella valutazione del rischio. [regolamento macchine (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.1.9, primo comma; punto 1.2.1, quarto comma, lettera h); punto 1.2.4.4]

Fasi del ciclo di vita: Assemblaggio, Messa in servizio, Funzionamento

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Realizzare le interfacce verso dispositivi di terzi come interfacce di segnale definite con semantica stabilita (nessuna abilitazione di movimenti basata esclusivamente su segnali di terzi), instradare i segnali rilevanti per la sicurezza solo tramite ingressi e uscite sicuri, assegnare in modo univoco la catena di arresto e di arresto di emergenza del dispositivo di terzi.
- Elenco bianco (whitelist) dei nodi e delle variabili approvati, controllo di plausibilità dei comandi in ingresso, interblocco dei cambi di modalità operativa tramite interfacce esterne, diagnostica per nodi mancanti o sconosciuti.
- Riferimento delle evidenze percorso B: IEC 62443-3-3 SR 1.2, SR 2.1, SR 3.5, SR 5.2, SR 7.7.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso e descrizione delle interfacce per l'integratore (segnali, stati, requisiti per l'insieme secondo l'allegato III, punto 1.2.4.4), avvertenza che il collegamento di dispositivi non approvati richiede una nuova valutazione del rischio.

### Fase del ciclo di vita: Messa in servizio

#### Elettrico

Pericolo dovuto al contatto diretto o indiretto con parti in tensione del generatore di corrente di saldatura, del quadro di comando del robot e del sistema di comando della cella (400 V AC, 32 kVA): Il contatto con morsetti, cavi o con l'interno del quadro elettrico quando il quadro è aperto senza sezionamento può causare una scossa elettrica con fibrillazione ventricolare o ustioni.

Fasi del ciclo di vita: Manutenzione, Messa in servizio, Ricerca guasti

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Tutte le parti in tensione all'interno del quadro elettrico (morsetti, sbarre, morsetti di potenza del generatore di corrente di saldatura) sono realizzate con coperture a prova di contatto (grado di protezione almeno IP 2X o IPXXB secondo EN 60204-1:2018, punto 6.2.2), in modo che il contatto con parti in tensione sia impedito dalla forma stessa dell'involucro senza necessità di un riparo.
- Inoltre le distanze minime tra parti in tensione e parti accessibili sono dimensionate in modo che il grado di protezione IP 2X sia mantenuto anche con la porta del quadro aperta (cappucci di protezione, coperture isolanti sulle morsettiere).
- Ciò riprende per analogia il regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.5.1 (alimentazione di energia elettrica), nonché EN 60204-1:2018, punto 6.2.
- Sezionamento e diseccitazione (LOTO): sezionatore principale con posizione OFF bloccabile secondo EN 60204-1:2018, punto 5.3, ed EN ISO 14118:2018 (prevenzione dell'avviamento inatteso / isolamento dell'energia).
- Il sezionatore principale deve scollegare l'impianto completo dall'alimentazione su tutti i poli come dispositivo di sezionamento; la tensione residua sui condensatori del generatore di corrente di saldatura deve essere limitata a meno di 60 V DC entro 5 s mediante un tempo di scarica o un circuito di scarica attivo; ove ciò non sia ottenuto, sull'involucro è apposta un'avvertenza con l'indicazione del tempo di scarica (EN 60204-1:2018, punto 6.2.4).
- Interblocco delle porte del quadro: le porte dei quadri di comando principali sono dotate di una serratura apribile solo con una chiave, che impedisce l'apertura non autorizzata (EN 60204-1:2018, punto 6.2.2).
- Collegamento equipotenziale di protezione e conduttore di protezione: tutti gli involucri dei quadri elettrici, il generatore di corrente di saldatura e il quadro di comando del robot sono collegati tramite un conduttore di protezione (PE) continuo di sezione adeguata (EN 60204-1:2018, punto 8.2), in modo che in caso di guasto di isolamento la corrente di guasto sia dispersa in sicurezza e il dispositivo di protezione (interruttore automatico / RCD) intervenga.
- Interruttore differenziale (RCD): impiego di un RCD (tipo B, poiché sono possibili correnti di guasto in corrente continua provenienti da convertitori di frequenza e dal generatore di corrente di saldatura) con corrente differenziale nominale di intervento di 30 mA per i circuiti su cui lavorano persone; nei circuiti in cui un RCD non è compatibile con il processo di saldatura si ricorre invece al monitoraggio dell'isolamento (EN 60204-1:2018, punti 6.3.3 e 7.7).

- Non è una funzione di sicurezza con requisito di PLr; le misure agiscono in modo passivo e per via progettuale (segnalazione di avvertimento: vedere la fase 3).

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): documentare la procedura di sezionamento (LOTO) con istruzioni passo per passo, compreso il tempo di scarica dei condensatori del generatore di corrente di saldatura e la verifica dell'assenza di tensione con uno strumento di misura idoneo (rilevatore di tensione categoria CAT III 600 V).
- Requisito di qualifica: i lavori sull'impianto elettrico possono essere eseguiti solo da persone esperte in elettrotecnica (PES) secondo la norma tedesca di prevenzione degli infortuni DGUV Vorschrift 3, oppure da persone avvertite in elettrotecnica (PAV) sotto la supervisione di una PES.
- Specifica dei DPI: durante i lavori nel quadro aperto devono essere indossati guanti isolanti (secondo EN 60903, classe 00 per tensioni fino a 500 V AC), occhiali di protezione (protezione dall'arco elettrico) e calzature elettricamente isolanti.
- Segnalazione di avvertimento: il segnale di avvertimento W012 «Pericolo: elettricità» secondo EN ISO 7010:2020 deve essere applicato in modo permanente e ben visibile su tutte le porte del quadro e sul generatore di corrente di saldatura.
- Avvertenza sul rischio residuo nelle istruzioni per l'uso: dopo l'azionamento del sezionatore principale, i condensatori nel generatore di corrente di saldatura e nel convertitore di frequenza del robot possono ancora presentare tensioni pericolose (tempo di attesa di almeno 1 minuto per il generatore di corrente di saldatura, per l'azionamento del robot secondo le indicazioni del fabbricante del robot); l'assenza di tensione deve sempre essere verificata mediante misura.

**Combinazione**

Pericolo dovuto alla parametrizzazione errata del sistema di comando del robot o del sistema di comando di sicurezza (ad es. distanze di sicurezza errate, limiti di velocità errati in modalità di regolazione, abilitazioni di zona errate): Parametri errati possono far sì che le funzioni di sicurezza non operino come previsto, mettendo in pericolo le persone a causa dei movimenti del robot o della tavola girevole.

Fasi del ciclo di vita: Messa in servizio, Regolazione, Manutenzione

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- I parametri rilevanti per la sicurezza (limiti di velocità, zone di protezione, abilitazioni di zona) sono memorizzati esclusivamente nel sistema di comando di sicurezza (PLC di sicurezza) e sono protetti da modifiche non autorizzate o involontarie mediante un concetto di accesso basato su ruoli e protetto da password.
- I set di parametri per le funzioni di sicurezza da SF-01 a SF-05 sono memorizzati nel sistema di comando di sicurezza come record di dati immutabili e protetti da checksum (ad es.
- CRC-32 o equivalente), in modo che qualsiasi modifica involontaria venga rilevata automaticamente all'avviamento del sistema e venga imposto uno stato sicuro.
- Questo principio corrisponde al principio di comando intrinsecamente sicuro secondo EN ISO 12100, punto 6.2.11 (principi di comando che limitano il verificarsi di pericoli) e riduce la possibilità che parametri errati diventino addirittura efficaci.
- Requisito di validazione prima del rilascio: ogni modifica dei parametri rilevanti per la sicurezza richiede un collaudo documentato (prova funzionale di tutte le funzioni di sicurezza interessate da SF-01 a SF-05) eseguito da due persone autorizzate (principio del doppio controllo) prima della rimessa in servizio.
- Il sistema di comando di sicurezza non può abilitare il funzionamento automatico finché non è stata data una conferma positiva.
- Base: EN ISO 13849-2:2012 (validazione delle funzioni di sicurezza) ed EN ISO 11161:2007+A1:2010 (verifica e validazione per i sistemi di produzione integrati).
- Verifica dei parametri da parte del sistema di comando di sicurezza: il sistema di comando di sicurezza (PLr e per SF-02 e SF-04, PLr d per SF-01, SF-03 e SF-05 secondo EN ISO 13849-1:2023) verifica la coerenza dei parametri rilevanti per la sicurezza rispetto ai valori di riferimento memorizzati (confronto dei checksum) all'avviamento e ciclicamente.
- In caso di discrepanza viene attivato l'arresto di categoria 1 secondo EN 60204-1:2018 e il riavvio è inibito (nessun riavvio automatico secondo EN ISO 14118:2018).
- Modalità di regolazione SF-05: la velocità ridotta in sicurezza di 250 mm/s (SF-05, PLr d) è limitata a livello hardware nel sistema di comando di sicurezza e non può essere superata da parametri del sistema di comando del robot.
- Il monitoraggio è effettuato da una SRP/CS secondo EN ISO 13849-1:2023, categoria e PL secondo SF-05 (PLr d).
- Abilitazione di zona della tavola girevole SF-04: l'abilitazione del movimento di rotazione di 180 gradi (SF-04, PLr e) avviene esclusivamente tramite il sistema di comando di sicurezza sulla base

di segnali di sensori verificati; un'abilitazione causata solo da parametri di zona errati nel sistema di comando del robot è esclusa per via progettuale.

- Gestione delle modifiche: tutte le modifiche dei parametri sono memorizzate con marca temporale, identificazione dell'utente e valore precedente/successivo in un registro delle modifiche a prova di manomissione (audit trail) del sistema di comando di sicurezza.
- Base: EN ISO 11161:2007+A1:2010.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): descrizione della procedura di modifica dei parametri con una guida passo per passo, elenco di tutti i parametri rilevanti per la sicurezza per ciascuna funzione di sicurezza (da SF-01 a SF-05), obbligo di eseguire una prova di validazione dopo ogni modifica e obbligo di documentazione nel registro delle modifiche.
- Requisito di qualifica: le modifiche dei parametri del sistema di comando di sicurezza possono essere eseguite solo da personale specializzato con qualifica comprovata in sicurezza funzionale (ad es. certificazione TÜV come Functional Safety Engineer o equivalente) e con conoscenza del sistema.
- Ciò deve essere riportato nelle istruzioni per l'uso e in una procedura operativa.
- Segnalazione di avvertimento: il segnale di avvertimento «Pericolo: elettricità» (W012 secondo EN ISO 7010:2020) e il segnale di divieto supplementare «Accesso vietato alle persone non autorizzate» (ASR A1.3 tedesca, D-P006) devono essere applicati sul sistema di comando di sicurezza e sul quadro elettrico.
- Inoltre un segnale informativo con la dicitura: «Modifiche dei parametri solo da parte di personale specializzato autorizzato; è richiesta una successiva prova di validazione».
- Lista di controllo per la messa in servizio: prima di ogni prima messa in servizio e dopo ogni modifica dei parametri deve essere compilata e firmata una lista di controllo per la messa in servizio specifica dell'impianto (base: EN ISO 11161:2007+A1:2010).

**Combinazione**

Pericolo dovuto a livelli di sicurezza diversi delle macchine parziali di fabbricanti diversi (robot, generatore di corrente di saldatura, tavola girevole, impianto di aspirazione): un interblocco di interfaccia mancante o incompleto tra le macchine parziali può far sì che una macchina parziale si avvii anche se un'altra si trova in una condizione non sicura (EN ISO 11161).

Fasi del ciclo di vita: Messa in servizio, Funzionamento, Ricerca guasti

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Architettura di sistema con un unico sistema di comando di sicurezza di livello superiore (Safety Master) come principio di comando intrinsecamente sicuro secondo EN ISO 12100, punto 6.2.11: tutti i segnali di stato rilevanti per la sicurezza delle macchine parziali (modalità operativa del robot, posizione finale della tavola girevole, funzionamento dell'impianto di aspirazione, generatore di corrente di saldatura pronto) sono instradati esclusivamente attraverso il sistema di comando di sicurezza.
- Nessun azionamento di una macchina parziale riceve un segnale di abilitazione se il sistema di comando di sicurezza non ha valutato come sicuro lo stato complessivo.
- Con questa centralizzazione la possibilità di un interblocco di interfaccia incompleto è ridotta al minimo per via progettuale: non esistono percorsi di abilitazione paralleli e indipendenti tra le macchine parziali.
- La definizione delle interfacce è eseguita secondo EN ISO 11161:2007+A1:2010 (integrazione di sistema, responsabilità, descrizione delle interfacce) ed è documentata nel concetto di sicurezza dell'impianto completo.
- Matrice di interblocco secondo EN ISO 11161:2007+A1:2010: per ogni combinazione di macchine parziali viene creata e implementata nel sistema di comando di sicurezza una matrice completa degli stati (modalità operativa x stato delle altre macchine parziali).
- Ogni segnale di abilitazione è realizzato come combinazione AND di tutti gli stati di sicurezza rilevanti.
- La funzione di sicurezza SF-04 (abilitazione del movimento di rotazione di 180 gradi della tavola girevole solo ad area di rotazione libera, PLr e) garantisce che la tavola girevole ruoti solo quando il campo di protezione della barriera fotoelettrica è libero, i dispositivi di serraggio sono chiusi e il robot si trova in modo dimostrabile al di fuori dell'area di rotazione.
- La funzione di sicurezza è progettata a PLr e secondo EN ISO 13849-1:2023 e validata secondo EN ISO 13849-2:2012.
- Le funzioni di sicurezza SF-01 (arresto sicuro all'apertura della porta di manutenzione, categoria di arresto 1, PLr d) e SF-02 (arresto sicuro all'interruzione della barriera fotoelettrica, PLr e) sono coordinate su tutto l'impianto completo: un segnale di arresto di una macchina parziale attiva l'arresto coordinato di tutte le macchine parziali tramite il sistema di comando di sicurezza.
- Per il robot e la tavola girevole vale la categoria di arresto 1 secondo EN 60204-1:2018, punto 9.2.2.
- L'arresto di emergenza dell'impianto completo (SF-03, categoria di arresto 1, PLr d) secondo EN ISO 13850:2015 agisce contemporaneamente su tutte le macchine parziali tramite il sistema di

comando di sicurezza.

- I dispositivi di arresto di emergenza sono disposti al pulpito di comando, alla porta di manutenzione e sul pendant di programmazione.
- Prevenzione dell'avviamento inatteso secondo EN ISO 14118:2018: dopo ogni arresto (arresto di emergenza, attivazione di un dispositivo di protezione, interruzione dell'alimentazione di energia) è necessario un comando di riavvio deliberato; il riavvio automatico è escluso.
- Modalità di regolazione con velocità ridotta in sicurezza (SF-05, 250 mm/s, PLr d) e dispositivo di abilitazione secondo EN ISO 10218-2:2025, punto 5.7.7; in questa modalità il robot e la tavola girevole si muovono solo con il dispositivo di abilitazione azionato e a velocità ridotta in sicurezza, e il generatore di corrente di saldatura è disattivato in sicurezza tramite SF-01 finché la porta di manutenzione è aperta.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso dell'impianto completo ai sensi del regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4: la logica di interblocco delle interfacce (matrice degli stati, condizioni di abilitazione per ciascuna macchina parziale) deve essere documentata integralmente.
- Per ciascuna macchina parziale, il punto di passaggio della responsabilità di sicurezza (fabbricante della macchina parziale fino all'interfaccia, integratore dall'interfaccia in poi) è definito per iscritto nel concetto di sicurezza dell'impianto completo secondo EN ISO 11161:2007+A1:2010 e deve essere indicato nelle istruzioni per l'uso.
- Requisito di qualifica: la messa in servizio, la parametrizzazione e le modifiche del sistema di comando di sicurezza possono essere eseguite solo da personale specializzato qualificato con conoscenza di EN ISO 13849-1:2023 ed EN ISO 11161.
- Segnalazione di avvertimento al pulpito di comando: segnale di avvertimento «Pericolo: avviamento automatico» (W018 secondo EN ISO 7010:2020).
- Le istruzioni per l'uso devono descrivere le procedure per la ricerca guasti e la messa in servizio, compresa la sequenza in cui le macchine parziali possono essere messe in servizio e le fasi di verifica per controllare l'interblocco delle interfacce prima del primo funzionamento automatico.

**Manipolazione/sicurezza informatica**

Alterazione involontaria dovuta a errore di configurazione o di utilizzo: Caricato un file di ricetta o di parametri errato, ruoli e password non impostati (password predefinita attiva), configurazione ripristinata in modo incompleto dopo un guasto. Impostazioni rilevanti per la sicurezza si discostano inosservate dalla configurazione approvata. [regolamento macchine (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.1.9, terzo comma; punto 1.2.1, secondo comma, lettera b); punto 1.2.1, secondo comma, lettera d); punto 1.2.1, secondo comma, lettera e)]

Fasi del ciclo di vita: Regolazione, Funzionamento, Messa in servizio

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Separare le impostazioni rilevanti per la sicurezza dalle ricette di processo, in modo che un cambio di ricetta non possa modificarle; limitare rigidamente gli intervalli di valori nel sistema di comando di sicurezza (limiti derivanti dalla valutazione del rischio, allegato III, punto 1.2.1, secondo comma, lettera d)).
- Cambio forzato della password alla messa in servizio, modello di ruoli con approvazione a doppio controllo per le modifiche rilevanti per la sicurezza, confronto della configurazione attiva con il riferimento approvato (checksum) all'avviamento con visualizzazione di eventuali scostamenti, registro delle modifiche.
- Riferimento delle evidenze percorso B: IEC 62443-3-3 SR 1.5, SR 2.1, SR 3.4, SR 7.6.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso: lista di controllo per la messa in servizio (password, ruoli, salvataggio della configurazione di riferimento), descrizione dei dati designati come rilevanti per la sicurezza, istruzione per la verifica funzionale dopo le modifiche di configurazione.

**Manipolazione/sicurezza informatica**

Guasto o disturbo del collegamento alla rete di comunicazione: Un guasto di rete, un sovraccarico (broadcast storm, denial of service), la rottura di un cavo o il cambio di segmento di rete interrompono la comunicazione tra i componenti di comando o la comunicazione orientata alla sicurezza (PROFIsafe). Al ripristino si verifica un avviamento inatteso oppure vengono acquisiti in modo incontrollato valori di riferimento obsoleti. [regolamento macchine (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.2.6; punto 1.2.1, secondo comma, lettera a); punto 1.2.3]

Fasi del ciclo di vita: Funzionamento, Messa in servizio

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Progettare le funzioni di sicurezza in modo che la perdita di comunicazione porti allo stato sicuro (watchdog, monitoraggio temporale dei telegrammi sicuri) e che il riavviamento avvenga solo dopo un riarmo volontario (allegato III, punto 1.2.3).
- Disaccoppiare la comunicazione orientata alla sicurezza dalla comunicazione standard.
- Segmentazione della rete e limitazione del carico (rate limiting, protezione da tempeste di pacchetti sugli switch), monitoraggio della qualità della rete con messaggio diagnostico, comportamento definito alla perdita del collegamento in tutte le modalità operative, collaudato e documentato.
- Riferimento delle evidenze percorso B: IEC 62443-3-3 SR 7.1, SR 7.2, SR 5.1, SR 5.2.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso: requisiti per la rete dell'utilizzatore (segmentazione, nodi ammessi, nessun dispositivo di terzi nel segmento di sicurezza), descrizione del comportamento in caso di guasto della comunicazione e della procedura di riavviamento.

**Manipolazione/sicurezza informatica**

Software rilevante per la sicurezza non identificabile o non contrassegnato: La versione e il checksum del software di sicurezza non possono essere consultati sulla macchina e il software e i dati rilevanti per la sicurezza non sono designati come tali. Dopo un intervento, un aggiornamento o la sostituzione di un dispositivo non è possibile stabilire se la macchina si trovi ancora nello stato controllato; il funzionamento con software non approvato resta inosservato. [regolamento macchine (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.1.9, terzo comma; punto 1.1.9, quarto comma; punto 1.7.4.2]

Fasi del ciclo di vita: Messa in servizio, Manutenzione, Funzionamento

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Realizzare il software rilevante per la sicurezza come unità delimitata con proprio numero di versione e checksum (separata dal software standard e di visualizzazione), in modo che sia tecnicamente possibile un'identificazione univoca.
- Pagina informativa sull'HMI che mostra la versione e il checksum di tutti i componenti software rilevanti per la sicurezza (sempre facilmente accessibile senza login, allegato III, punto 1.1.9, quarto comma), contrassegno dei dati rilevanti per la sicurezza nei nomi dei file, nei menu e nelle esportazioni, confronto con il verbale di collaudo all'avviamento.
- Riferimento delle evidenze percorso B: IEC 62443-3-3 SR 3.4.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso: elenco del software e dei dati rilevanti per la sicurezza con le relative versioni (allegato III, punto 1.7.4.2), istruzioni per la consultazione delle informazioni sulla versione, avvertenza sul significato per la conformità e sull'obbligo di segnalare gli scostamenti.

**Manipolazione/sicurezza informatica**

Accesso di engineering non protetto al sistema di comando di sicurezza: L'accesso di programmazione al sistema di comando di sicurezza o al PLC di sicurezza è raggiungibile senza password o con le credenziali predefinite del fabbricante; il programma di sicurezza può essere sovrascritto o portato in stato di arresto durante il funzionamento ed è possibile il forcing di ingressi e uscite. Le funzioni di protezione vengono rese inefficaci oppure gli attuatori vengono comandati direttamente. [regolamento macchine (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.1.9, secondo comma; punto 1.1.9, terzo comma; punto 1.2.1, secondo comma, lettera a)]

Fasi del ciclo di vita: Messa in servizio, Manutenzione, Ricerca guasti

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Mantenere l'accesso di programmazione del sistema di comando di sicurezza fisicamente separato dalla rete di processo (porta dedicata, nel quadro elettrico chiuso a chiave), nessun forcing di segnali rilevanti per la sicurezza nella versione di serie, modifica del programma solo con la macchina in stato di arresto protetto.
- Password individuale per l'accesso al programma di sicurezza con cambio obbligatorio della password alla messa in servizio, protezione in scrittura e livelli di protezione dell'accesso del sistema di comando attivati, registrazione di tutti gli accessi e di tutte le modifiche del programma con versione e checksum, visualizzazione dello stato del programma sull'HMI.
- Riferimento delle evidenze percorso B: IEC 62443-3-3 SR 1.1, SR 1.5, SR 2.1, SR 2.8, SR 3.4, SR 7.7.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso: protezione dell'accesso e gestione delle password come obbligo dell'utilizzatore, divieto di modificare il programma senza nuova verifica e documentazione, rinvio ai requisiti in caso di modifica sostanziale.

### Fase del ciclo di vita: Regolazione

**Meccanico**

Pericolo di schiacciamento e cesoiamento dovuto alla tavola girevole durante la rotazione automatica: Parti del corpo dell'operatore (mani, braccia) possono essere trascinate e schiacciate tra la tavola girevole e la parete divisoria centrale fissa o la recinzione perimetrale, in particolare quando si interviene sulla tavola girevole durante la rotazione per riposizionare un pezzo spostato (uso scorretto ragionevolmente prevedibile).

Fasi del ciclo di vita: Funzionamento, Regolazione, Ricerca guasti

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Dimensionare gli interstizi tra il bordo della tavola girevole e la parete divisoria centrale fissa, nonché la recinzione perimetrale, in modo che non si formino punti di schiacciamento: gli interstizi non devono essere inferiori alle distanze minime di EN ISO 13854:2019, tabella 1 (25 mm per le dita, 100 mm per la mano, 120 mm per il braccio, 500 mm per il corpo).
- In alternativa, mantenere l'interstizio così piccolo che nessuna parte del corpo possa penetrarvi (dimensioni delle aperture secondo EN ISO 13857:2019, tabella 4).
- Dove non è realizzabile nessuna delle due dimensioni, configurare la geometria del telaio della tavola in modo da evitare una forma a cuneo convergente (fianchi paralleli o divergenti invece di un interstizio convergente).
- Inoltre: ridurre la massa e la velocità di rotazione della tavola girevole al minimo funzionalmente necessario (dimensionamento dell'azionamento) per limitare l'energia cinetica che agisce nella zona di schiacciamento.
- Rischio residuo dopo la fase 1: l'area di rotazione resta una zona pericolosa in cui non si deve entrare mentre l'azionamento è in funzione.
- Misure di protezione tecniche:
- Abilitazione del movimento di rotazione solo ad area di rotazione libera (SF-04, PLr e, EN ISO 13849-1:2023): l'ESPE (barriera fotoelettrica di tipo 4 secondo EN IEC 61496-1:2020) sorveglia completamente l'area di rotazione; disposizione e distanza di sicurezza secondo EN ISO 13855:2024.
- Bloccaggio del riparo della porta di manutenzione secondo EN ISO 14119:2025 con sblocco di fuga (SF-01, PLr d; categoria di arresto 1 secondo EN 60204-1:2018).
- Modalità di regolazione: movimento di rotazione solo a velocità ridotta in sicurezza di 250 mm/s e con dispositivo di abilitazione azionato (SF-05, PLr d, categoria di arresto 1 secondo EN 60204-1:2018).
- Arresto di emergenza nell'area dell'operatore secondo EN ISO 13850:2015, integrato in SF-03 (PLr d, categoria di arresto 1 secondo EN 60204-1:2018).
- Isolamento dell'energia prima degli interventi: valvola di intercettazione con bloccaggio meccanico (lockout) secondo EN ISO 4414:2010; bloccare la tavola girevole in posizione finale con collegamento di forma (EN ISO 14118:2018).

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso: è vietato intervenire nell'area di rotazione mentre la tavola girevole è in funzione o non è messa in sicurezza.
- Prima di qualsiasi intervento (ad es. riposizionamento di un pezzo) l'impianto deve essere completamente spento e messo in sicurezza (lockout/tagout).
- Per la modalità di regolazione vale una procedura separata con dispositivo di abilitazione, descritta nelle istruzioni per l'uso.
- Segnali di avvertimento sulla macchina: sulla tavola girevole sono applicati i segnali di avvertimento W019 «Pericolo di schiacciamento» e W024 «Pericolo di schiacciamento delle mani» nonché il segnale di divieto P015 «Vietato introdurre le mani» (secondo EN ISO 7010:2020).
- Chi può intervenire: la regolazione e la ricerca guasti possono essere eseguite solo da personale istruito.
- L'istruzione deve essere ripetuta almeno una volta l'anno e documentata per iscritto.
- Dispositivi di protezione individuale: i guanti di protezione non proteggono dallo schiacciamento.
- Intervenire nell'area di rotazione solo a tavola girevole ferma.
- In tutta l'area dell'impianto sono obbligatorie calzature di sicurezza S3 secondo EN ISO 20345.

**Meccanico**

Pericolo di schiacciamento e trascinamento dovuto al robot di saldatura (robot industriale) in modalità di regolazione: a velocità ridotta (comando ad azione mantenuta), gli operatori o il personale addetto alla regolazione possono essere schiacciati o trascinati tra il braccio del robot e le attrezzature periferiche (recinzione perimetrale, tavola girevole, attrezzatura di saldatura) a causa di movimenti imprevisti del robot.

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Limitazione della velocità a un massimo di 250 mm/s (velocità TCP) in modalità di regolazione da parte del sistema di comando del robot come requisito di progettazione intrinseca del robot (EN ISO 10218-1:2025, punti 5.2.7 e 5.5.3).
- Inoltre: le distanze minime tra le posizioni estreme del robot in modalità di regolazione e le attrezzature periferiche fisse (recinzione perimetrale, tavola girevole, attrezzatura di saldatura) devono essere massimizzate in fase di progettazione, nei limiti consentiti dal layout della cella, per ridurre geometricamente i punti di schiacciamento e di trascinamento.
- I punti di schiacciamento residui che scendono al di sotto di una distanza minima di 500 mm (corpo) o 300 mm (testa) secondo EN ISO 13854:2019, tabella 1, e non possono essere eliminati per via progettuale, passano alla fase 2 come rischio residuo.
- SF-05 «Velocità ridotta in sicurezza 250 mm/s con dispositivo di abilitazione in modalità di regolazione», PLr d secondo EN ISO 13849-1:2023: la funzione di sicurezza SLS (safely-limited speed, qui denominata velocità ridotta in sicurezza) è realizzata tramite una SRP/CS PLr d.
- Il dispositivo di abilitazione (a 3 posizioni, con funzione di panico) secondo EN ISO 10218-2:2025, punto 5.7.7, deve essere azionato in modo continuo; al rilascio o alla pressione a fondo viene avviato un arresto di categoria 1 secondo EN 60204-1:2018.
- Il personale addetto alla regolazione porta con sé il pendant di programmazione; il pendant di programmazione deve avere l'esclusiva autorità di abilitare il movimento finché sono presenti persone nello spazio protetto (EN ISO 10218-2:2025, punto 5.7.5).
- L'accesso allo spazio protetto in modalità di regolazione è possibile solo attraverso la porta di manutenzione con bloccaggio del riparo secondo EN ISO 14119:2025.
- Il bloccaggio del riparo sblocca la porta per la modalità di regolazione solo dopo che è stata selezionata la modalità operativa «Regolazione» sul selettore delle modalità operative bloccabile.
- Isolamento dell'energia prima di accedere allo spazio protetto senza pendant di programmazione: isolamento sicuro secondo EN ISO 14118:2018 (preparazione del lockout/tagout).
- I punti di schiacciamento residui sono stati verificati rispetto alle distanze minime secondo EN ISO 13854:2019, tabella 1, durante il collaudo in fabbrica.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): modalità di regolazione esclusivamente da parte di personale addetto alla regolazione istruito e autorizzato, con qualifica comprovata come operatore di robot.
- Descrizione delle posture del corpo e delle aree di movimento ammesse in modalità di regolazione.

- Segnalazione di avvertimento alla porta di manutenzione: segnale di avvertimento W018 «Pericolo: avviamento automatico» secondo EN ISO 7010:2020 e avviso «Portare sempre con sé il dispositivo di abilitazione».
- Specifica dei DPI: calzature di sicurezza S3 (EN ISO 20345), indumenti protettivi aderenti (nessun rischio di trascinamento da indumenti larghi).
- Avviso nelle istruzioni per l'uso che l'ingresso nello spazio protetto senza pendant di programmazione attivo e senza dispositivo di abilitazione è vietato.

**Meccanico**

Pericolo di schiacciamento all'interfaccia tra la tavola girevole e il robot di saldatura (area di trasferimento): Durante la rotazione l'attrezzatura caricata si sposta nell'area di lavoro del robot; l'ingresso non coordinato del robot nell'area di rotazione o la mancanza di un interblocco tra il movimento della tavola girevole e l'abilitazione del robot possono causare collisioni e lesioni da schiacciamento.

Fasi del ciclo di vita: Funzionamento, Regolazione, Ricerca guasti

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Il raggio di rotazione della tavola girevole e il limite dello spazio di lavoro del robot (inviluppo del TCP) sono coordinati tra loro in fase di progettazione in modo che l'area massima di rotazione dell'attrezzatura e lo spazio di lavoro minimo del robot mantengano tra loro una distanza geometrica minima >= 500 mm (distanza minima per evitare lo schiacciamento del corpo secondo EN ISO 13854:2019, tabella 1) quando entrambi i movimenti sarebbero attivi contemporaneamente.
- In tal modo la zona di sovrapposizione è ridotta per via progettuale; l'eliminazione completa della sovrapposizione non è possibile con questa topologia di sistema a causa di vincoli funzionali, per cui la sovrapposizione residua è protetta dalla fase 2.
- SF-04 «Abilitazione del movimento di rotazione di 180 gradi della tavola girevole solo ad area di rotazione libera» con PLr e secondo EN ISO 13849-1:2023 (grafico del rischio: S2/F2/P2).
- Realizzazione come funzione di sicurezza interbloccata nel PLC di sicurezza: (a) Monitoraggio dell'arresto del robot: il robot deve trovarsi in una posizione di riposo definita al di fuori dell'area di rotazione e deve confermarlo tramite un segnale di retroazione sicuro (uscita sicura del sistema di comando del robot secondo EN ISO 10218-2:2025, punti 5.4.7 e 5.5.8) prima che venga concessa l'abilitazione della tavola girevole.
- (b) Abilitazione della tavola girevole al robot: finché la tavola girevole non si trova nella posizione finale e bloccata, il sistema di comando del robot non riceve alcun segnale di abilitazione per l'area di ingresso; la tavola girevole è bloccata in posizione finale con collegamento di forma.
- (c) Bloccaggio del riparo della porta di manutenzione verso l'area di rotazione secondo EN ISO 14119:2025 con sblocco di fuga, incorporato in SF-01 (PLr d).
- (d) Arresto di emergenza dell'impianto completo secondo EN ISO 13850:2015, incorporato in SF-03 (PLr d), categoria di arresto 1 secondo EN 60204-1:2018.
- (e) In modalità di regolazione vale SF-05: velocità ridotta in sicurezza <= 250 mm/s con dispositivo di abilitazione (PLr d); il personale addetto alla regolazione può entrare nell'area di rotazione solo con il dispositivo di abilitazione azionato e a velocità ridotta.
- La distanza della recinzione perimetrale dall'area di rotazione è conforme a EN ISO 13857:2019, tabella 2; la recinzione perimetrale è progettata secondo EN ISO 14120:2015.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): descrizione della logica di interblocco SF-04 e delle modalità operative Automatico e Regolazione; avviso esplicito che è vietato entrare nell'area di rotazione mentre l'impianto è in funzione.

- Modalità di regolazione: requisito di qualifica da documentare (solo personale specializzato istruito, a conoscenza del dispositivo di abilitazione).
- Segnalazione di avvertimento all'area di rotazione: segnali di avvertimento W019 «Pericolo di schiacciamento» e W024 «Pericolo di schiacciamento delle mani» secondo EN ISO 7010:2020; alla porta di manutenzione inoltre il segnale di divieto supplementare «Accesso vietato alle persone non autorizzate» (ASR A1.3 tedesca, D-P006).
- Specifica dei DPI nelle istruzioni per l'uso: calzature di sicurezza S3 secondo EN ISO 20345; in modalità di regolazione inoltre indumenti protettivi aderenti (nessun rischio di impigliamento da indumenti larghi).
- Avvertenza sul rischio residuo in modalità di regolazione e nella ricerca guasti: tenere sempre azionato il dispositivo di abilitazione, non entrare mai nell'area di rotazione senza dispositivo di abilitazione.

**Meccanico**

Caduta di pezzi o di parti dell'attrezzatura per guasto del dispositivo di serraggio pneumatico: In caso di mancanza o perdita di aria compressa, gli elementi di serraggio si aprono in modo incontrollato; pezzi fino a 40 kg possono cadere dalla tavola girevole e colpire persone alla stazione di carico.

Fasi del ciclo di vita: Funzionamento, Regolazione, Ricerca guasti

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Impiego di dispositivi di serraggio a chiusura pneumatica con valvola di non ritorno pilotata (valvola di mantenimento della pressione) nella linea di serraggio direttamente sul cilindro di serraggio: in caso di mancanza di aria compressa o di perdita nella linea di alimentazione, la pressione di serraggio resta intrappolata nel cilindro e il pezzo rimane serrato; i dispositivi di serraggio si aprono solo quando la valvola viene aperta attivamente per pilotaggio.
- La forza di serraggio è dimensionata per il peso massimo del pezzo di 40 kg più un fattore di sicurezza secondo EN ISO 4414:2010.
- Inoltre: limitazione della pressione di esercizio al livello necessario per la funzione di serraggio, per ridurre al minimo l'energia pneumatica accumulata (EN ISO 4414:2010).
- Monitoraggio della pressione di serraggio con funzione di sicurezza: un pressostato nella linea di serraggio monitora la pressione di serraggio; se la pressione scende al di sotto della pressione minima di serraggio, l'abilitazione del movimento di rotazione della tavola girevole viene inibita (collegata a SF-04, PLr e secondo EN ISO 13849-1:2023).
- Finché la pressione di serraggio non è stata confermata, la tavola girevole non ruota.
- Interblocco meccanico del movimento di rotazione: bloccaggio a collegamento di forma della tavola girevole nella posizione di carico, in modo da impedire la rotazione involontaria con un pezzo serrato o libero; l'interblocco viene rilasciato solo dopo la conferma della pressione di serraggio (interbloccato con SF-04, PLr e).
- Protezione contro la caduta/dispositivo di arresto: dispositivo meccanico di arresto (lamiera deflettrice) sotto la tavola girevole, dimensionato per il peso massimo del pezzo di 40 kg e per la massima altezza di caduta, per tenere lontane dalla stazione di carico le parti in caduta; progettazione secondo EN ISO 14120:2015.
- Distanza di sicurezza alla stazione di carico: disposizione della stazione di carico in modo che la zona pericolosa sotto la tavola girevole si trovi al di fuori dell'area di permanenza normale.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): descrizione del principio di serraggio (dispositivi di serraggio a chiusura pneumatica con valvola di mantenimento della pressione) e del monitoraggio della pressione di serraggio; divieto di sostare sotto la tavola girevole durante il funzionamento e durante la ricerca guasti senza arresto messo in sicurezza; procedura in caso di mancanza di aria compressa (arrestare la macchina, ripristinare l'alimentazione di aria compressa, rimuovere il pezzo solo dopo un controllo della pressione).
- Isolamento dell'energia prima degli interventi: istruzione per lo scarico completo della pressione dell'impianto pneumatico prima dei lavori di manutenzione e assistenza secondo EN ISO

4414:2010 ed EN ISO 14118:2018 (prevenzione del riavvio inatteso e del rilascio inatteso di energia); a causa della valvola di mantenimento della pressione, la pressione di serraggio resta intrappolata nei cilindri di serraggio, per cui i dispositivi di serraggio devono essere aperti e depressurizzati prima di qualsiasi lavoro sul dispositivo di serraggio; prevedere una valvola di intercettazione e scarico con possibilità di lockout.

- Segnalazione di avvertimento: applicare alla tavola girevole e alla stazione di carico i segnali di avvertimento W015 «Pericolo: carichi sospesi» e W024 «Pericolo di schiacciamento delle mani» secondo EN ISO 7010:2020.
- Qualifica: i lavori di ricerca guasti e di regolazione devono essere eseguiti esclusivamente da personale specializzato istruito; i requisiti devono essere specificati nelle istruzioni per l'uso.
- DPI: prescrivere l'uso di calzature di sicurezza (S3 secondo EN ISO 20345) alla stazione di carico come protezione dal rischio residuo.

**Meccanico**

Pericolo di schiacciamento e urto per riavvio inatteso della tavola girevole o del robot dopo un arresto di emergenza o dopo l'eliminazione di un guasto: se manca un sistema coordinato di prevenzione del riavvio (EN ISO 11161), singole macchine parziali possono avviarsi automaticamente mentre nella zona pericolosa sono ancora presenti persone.

Fasi del ciclo di vita: Ricerca guasti, Manutenzione, Regolazione

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Misure di progettazione intrinsecamente sicura esaurite: il riavvio dopo un arresto di emergenza o dopo l'eliminazione di un guasto è un evento del sistema di comando che, dato il principio funzionale dell'impianto completo (funzionamento automatico coordinato di robot e tavola girevole), non può essere eliminato per via progettuale senza annullare la funzione della macchina.
- Non esiste alcuna misura geometrica o energetica in grado di impedire il riavvio stesso senza abolire la funzione della macchina.
- La protezione deve quindi essere ottenuta interamente con misure della fase 2 (sistema di comando e interblocco).
- Prevenzione coordinata del riavvio secondo EN ISO 11161:2007+A1:2010: il sistema di comando dell'impianto completo non deve consentire il riavvio di una macchina parziale (tavola girevole, robot) finché non è stato impartito un comando di riavvio deliberato e manuale da una posizione sicura al di fuori di tutte le zone pericolose.
- Il comando di riavvio non deve essere attivato automaticamente dopo il riarmo dell'arresto di emergenza o dopo l'eliminazione del guasto.
- Le funzioni di sicurezza SF-01 (arresto sicuro, categoria di arresto 1 all'apertura della porta di manutenzione, PLr d secondo EN ISO 13849-1:2023) e SF-03 (arresto di emergenza dell'impianto completo, categoria di arresto 1, PLr d secondo EN ISO 13849-1:2023) garantiscono che tutti gli azionamenti vengano portati in modo sicuro all'arresto.
- La prevenzione del riavvio è realizzata come parte integrante delle funzioni di sicurezza SF-01, SF-03 e SF-04 ed è eseguita al rispettivo PLr (SF-04: PLr e;
- SF-01 e SF-03: PLr d secondo EN ISO 13849-1:2023).
- Funzione di sicurezza SF-04 (abilitazione del movimento di rotazione di 180 gradi della tavola girevole solo ad area di rotazione libera, PLr e secondo EN ISO 13849-1:2023): la tavola girevole può eseguire il proprio movimento di rotazione solo quando l'area di rotazione è stata rilevata come libera dalla barriera fotoelettrica di tipo 4 secondo EN IEC 61496-1:2020 (posizionata secondo EN ISO 13855:2024).
- Questa funzione resta attiva dopo il riavvio e impedisce l'avviamento in presenza di persone.
- Funzione di sicurezza SF-05 (velocità ridotta in sicurezza di 250 mm/s con dispositivo di abilitazione in modalità di regolazione, PLr d secondo EN ISO 13849-1:2023): in modalità di regolazione il riavvio deve essere consentito esclusivamente tramite un dispositivo di abilitazione (a 3 posizioni secondo EN ISO 10218-2:2025, punto 5.7.7), in modo da escludere un riavvio inatteso a piena velocità.

- Diseccitazione e isolamento dell'energia secondo EN ISO 14118:2018: prima di entrare nella zona pericolosa per la ricerca guasti o la manutenzione, l'alimentazione di energia a tutti gli azionamenti interessati (elettrica, pneumatica secondo EN ISO 4414:2010) deve essere disinserita mediante un dispositivo di sezionamento bloccabile e protetta contro la riattivazione involontaria (lockout/tagout).
- L'energia residua (energia pneumatica accumulata) deve essere dissipata prima di qualsiasi intervento; la tavola girevole deve essere bloccata in posizione finale con collegamento di forma.
- Bloccaggio del riparo della porta di manutenzione secondo EN ISO 14119:2025 con sblocco di fuga: il bloccaggio del riparo mantiene chiusa la porta di manutenzione finché i movimenti pericolosi non sono stati portati in modo sicuro all'arresto (categoria di arresto 1 completata).
- L'integrazione avviene nell'ambito di SF-01 (PLr d).

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): descrizione della sequenza di riavvio dopo un arresto di emergenza e dopo l'eliminazione di un guasto; dichiarazione esplicita che il riavvio è ammesso solo dopo che tutte le zone pericolose sono state completamente sgomberate ed è stato impartito dall'esterno un comando di riarmo manuale.
- Descrizione della procedura di lockout/tagout secondo EN ISO 14118:2018 per tutte le attività di manutenzione e di ricerca guasti.
- Segnalazione di avvertimento alla porta di manutenzione e alle unità di riarmo: avvertenza sul riavvio inatteso (segnale di avvertimento W018 «Pericolo: avviamento automatico» secondo EN ISO 7010:2020), avviso dell'obbligo di riarmo dall'esterno.
- Requisito di qualifica: le attività di regolazione e di manutenzione possono essere eseguite solo da personale specializzato istruito, formato sulla procedura di riavvio e sul metodo lockout/tagout (EN ISO 10218-2:2025, punto 7.5.12).
- Specifica dei DPI: all'ingresso nella zona pericolosa per la ricerca guasti o la manutenzione devono essere indossate calzature di sicurezza (S3 secondo EN ISO 20345); ulteriori DPI secondo quanto stabilito dalla valutazione del rischio del posto di lavoro dell'utilizzatore.

### Meccanico

Funzione di arresto di emergenza mancante o non coordinata tra le macchine parziali (robot, tavola girevole, generatore di corrente di saldatura, impianto di aspirazione): un arresto di emergenza su una macchina parziale non arresta necessariamente tutte le altre macchine parziali; le persone possono essere messe in pericolo da componenti che continuano a funzionare.

Fasi del ciclo di vita: Funzionamento, Regolazione, Ricerca guasti

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Misure di progettazione intrinsecamente sicura esaurite: il coordinamento di più sistemi di comando indipendenti richiede necessariamente una logica di comando di livello superiore.
- Una pura misura progettuale (geometria, limitazione dell'energia, sostituzione) non può sostituire il collegamento mancante dei circuiti di arresto di emergenza.
- Il principio funzionale dell'impianto completo rende necessario un coordinamento attivo del sistema di comando.
- Circuito di arresto di emergenza di livello superiore (SF-03) secondo EN ISO 13850:2015 ed EN ISO 11161:2007+A1:2010: tutti i dispositivi di arresto di emergenza dell'impianto completo sono integrati in un circuito di sicurezza comune di livello superiore che, all'azionamento in qualsiasi punto, porta tutte le macchine parziali pericolose (robot, tavola girevole, generatore di corrente di saldatura, pneumatica) a un arresto coordinato; l'impianto di aspirazione continua a funzionare per motivi operativi.
- Categoria di arresto 1 secondo EN 60204-1:2018 (arresto controllato, seguito dal disinserimento dell'energia): il robot esegue un arresto controllato lungo la propria traiettoria, la tavola girevole frena attivamente, il generatore di corrente di saldatura viene diseccitato e i dispositivi di serraggio restano serrati grazie alla valvola di mantenimento della pressione.
- La prosecuzione del funzionamento dell'impianto di aspirazione non è una funzione di sicurezza, ma è necessaria per motivi operativi.
- La funzione di sicurezza SF-03 è specificata con PLr d secondo EN ISO 13849-1:2023 e realizzata in categoria 3 con PL d.
- L'integrazione del robot avviene tramite il sistema di comando del robot secondo EN ISO 10218-2:2025, punto 5.3.3 (campo d'azione dell'arresto di emergenza, interfaccia di sicurezza verso il sistema di comando di livello superiore).
- I dispositivi di arresto di emergenza devono essere progettati secondo EN ISO 13850:2015 (pulsante a fungo, sfondo giallo, con autoritenuta, sblocco solo con azione deliberata).
- I dispositivi di arresto di emergenza devono essere posizionati in modo che da ogni postazione operativa sia raggiungibile almeno un dispositivo di arresto di emergenza senza esporsi a un pericolo (EN ISO 13850:2015).
- Interblocco di riavvio: dopo un arresto di emergenza è necessario un riarmo manuale prima che l'impianto possa riavviarsi (EN ISO 13850:2015, punto 4.1.4), per evitare un riavvio inatteso secondo EN ISO 14118:2018.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): descrizione della topologia di arresto di emergenza dell'impianto completo con una planimetria di tutti i dispositivi di arresto di emergenza e dell'area d'azione di ciascun dispositivo.
- Indicazione chiara che dopo un arresto di emergenza la zona pericolosa di tutte le macchine parziali deve essere ispezionata prima di eseguire il riarmo.
- Modalità di regolazione e ricerca guasti: indicazione che l'intervento nella zona pericolosa è ammesso solo dopo che tutte le macchine parziali si sono completamente arrestate e la porta di manutenzione è stata protetta contro la chiusura (lucchetto personale nel dispositivo di blocco).
- Requisito di qualifica: regolazione e ricerca guasti solo da parte di personale specializzato istruito che conosce la topologia dell'arresto di emergenza.
- Segnalazione al pulpito di comando: cartello con testo che indica l'area d'azione dei dispositivi di arresto di emergenza (l'arresto di emergenza agisce su tutte le macchine parziali della cella), integrato dal segnale di avvertimento W018 «Pericolo: avviamento automatico» secondo EN ISO 7010:2020.

**Meccanico**

Pericolo di taglio e puntura dovuto al filo di saldatura (filo pieno da 1,0 a 1,2 mm) alla torcia di saldatura: Il filo che sporge dalla torcia agisce come un ago; durante la regolazione, l'infilaggio del filo o la pulizia della torcia, mani e dita possono essere punte o tagliate.

Fasi del ciclo di vita: Regolazione, Manutenzione, Pulizia

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Ritrazione automatica del filo al termine della saldatura: il comando del trainafilo ritrae automaticamente il filo di una quantità definita (da 5 a 10 mm) nella torcia dopo ogni ciclo di saldatura, in modo che la punta affilata del filo sia arretrata all'interno del tubetto di contatto e non sporga più liberamente.
- Per via progettuale, in tal modo si riduce al minimo il punto di pericolo (punta del filo libera) per le fasi del ciclo di vita regolazione e pulizia.
- Inoltre: scelta di un sistema di trainafilo che, nella modalità inching (regolazione), fa avanzare il filo solo con il pulsante premuto in modo continuo (comando ad azione mantenuta, principio dell'uomo morto), in modo che il filo non avanzi in modo incontrollato.
- Limitazione meccanica della lunghezza del filo: sul collo della torcia è previsto un fermo regolabile per la lunghezza del filo (cappuccio di protezione della torcia con apertura definita) che limita la lunghezza massima sporgente del filo alla dimensione minima necessaria per il processo.
- Inibizione dell'avanzamento automatico del filo: l'avanzamento automatico del filo è inibito non appena si apre la porta di manutenzione; con la porta aperta il filo può avanzare solo in modalità inching a velocità di infilaggio ridotta.
- Modalità inching del trainafilo: la modalità inching a velocità di infilaggio ridotta è una funzione del generatore di corrente di saldatura, non una funzione di sicurezza; serve a evitare un avanzamento rapido involontario del filo.
- Contrassegno del punto di pericolo sulla torcia e sul trainafilo con il segnale di avvertimento W022 «Pericolo: elemento tagliente» secondo EN ISO 7010:2020.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): avviso esplicito che il filo di saldatura presenta una punta affilata che può perforare la pelle anche da fermo.
- Descrizione della procedura sicura per l'infilaggio del filo (far avanzare il filo solo in modalità inching a velocità di infilaggio ridotta, tagliare l'estremità del filo in modo netto con le tronchesi, non tastare mai a mani nude).
- Segnalazione di avvertimento sul supporto della torcia e sul trainafilo: segnale di avvertimento W022 «Pericolo: elemento tagliente» secondo EN ISO 7010:2020.
- Requisito di qualifica: le attività sulla torcia e sul trainafilo (infilaggio del filo, pulizia) possono essere eseguite solo da personale specializzato istruito; requisito da documentare nelle istruzioni per l'uso.
- Specifica dei DPI: durante l'infilaggio del filo e la pulizia della torcia devono essere indossati guanti di protezione resistenti al taglio (secondo EN 388, resistenza alla perforazione almeno

livello di prestazione 2); la specifica deve essere riportata nelle istruzioni per l'uso e nell'avviso affisso sul posto di lavoro.

- Avvertenza sul taglio sicuro della punta del filo: prima di qualsiasi attività manuale sulla torcia la punta del filo deve essere tagliata in modo netto e senza bave con idonee tronchesi; l'utensile deve essere reso disponibile sul posto di lavoro.

**Meccanico**

Pericolo ergonomico e di schiacciamento durante il carico e lo scarico manuali di pezzi fino a 40 kg: I pezzi fino a 15 kg vengono caricati a mano, i pezzi oltre 15 kg con l'ausilio di sollevamento fornito dall'utilizzatore; in caso di uso scorretto ragionevolmente prevedibile (sollevamento senza ausilio di sollevamento) si verifica un sovraccarico dell'apparato muscolo-scheletrico insieme al rischio di perdere la presa, con conseguente caduta del pezzo su piedi o mani.

Fasi del ciclo di vita: Funzionamento, Regolazione

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Limitazione della massa del pezzo movimentato manualmente a un massimo di 15 kg.
- La soglia è stabilita dal fabbricante per circa 40 sollevamenti all'ora e deriva dalla massa di riferimento secondo EN 1005-2:2003+A1:2008.
- Per pezzi oltre 15 kg e fino a 40 kg, l'attrezzatura di posizionamento del pezzo alla stazione di carico è progettata in modo che il carico dall'alto con l'ausilio di sollevamento fornito dall'utilizzatore sia possibile senza cambiare presa (accesso libero, profondità di inserimento, geometria dei riscontri di posizionamento).
- La stazione di carico è predisposta per un ausilio di sollevamento fornito dall'utilizzatore (ausilio di sollevamento non compreso nella fornitura, portata di almeno 40 kg, raggio d'azione che copre l'intera zona di carico).
- L'accesso dall'alto è libero, in modo che l'operatore possa raggiungere la posizione di carico senza cambiare presa o rilasciare il pezzo.
- Segnaletica a pavimento (giallo/nero secondo ASR A1.3 tedesca) dell'area di appoggio e di brandeggio dell'ausilio di sollevamento alla stazione di carico, in modo che durante il carico l'operatore non stazioni sotto il carico sospeso.
- La barriera fotoelettrica alla stazione di carico (SF-02, PLr e) protegge la zona pericolosa dell'apertura della macchina; non protegge dalla caduta del pezzo stesso, ma limita l'area in cui possono trovarsi le mani durante il carico.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): specifica chiara della regola di movimentazione (fino a 15 kg a mano, oltre 15 kg con l'ausilio di sollevamento fornito dall'utilizzatore, portata di almeno 40 kg) e dei corretti punti di attacco sul pezzo.
- Specifica della postura del corpo durante il carico secondo EN 1005-4.
- Segnalazione di avvertimento alla stazione di carico: segnali di avvertimento W015 «Pericolo: carichi sospesi» e W024 «Pericolo di schiacciamento delle mani» e segnale di prescrizione M008 «Calzature di sicurezza obbligatorie» secondo EN ISO 7010:2020.
- Cartello con testo «Movimentazione manuale solo fino a 15 kg, oltre questo valore usare l'ausilio di sollevamento» direttamente alla stazione di carico.
- Requisito di qualifica: prima di iniziare il lavoro gli operatori devono essere istruiti sull'uso dell'ausilio di sollevamento e sulla corretta movimentazione dal punto di vista ergonomico (istruzione documentata).

- Specifica dei DPI: calzature di sicurezza S3 secondo EN ISO 20345 e guanti di protezione (resistenti al taglio, con presa sicura) sono da prescrivere come DPI minimi per tutte le attività di carico e scarico.

**Meccanico**

Pericolo di inciampo, scivolamento e caduta nell'area della stazione di carico e del corridoio di manutenzione a causa di spruzzi di saldatura sul pavimento, cavi, tubi flessibili (aria compressa, gas di protezione) e zone bagnate durante i lavori di pulizia.

Fasi del ciclo di vita: Funzionamento, Regolazione, Manutenzione, Pulizia, Ricerca guasti

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Tenere cavi e tubi flessibili (aria compressa, gas di protezione) lontani dal pavimento della stazione di carico e del corridoio di manutenzione per via progettuale, posandoli in canaline, catene portacavi o sistemi di gestione dei cavi sospesi al soffitto, in modo che non si creino pericoli di inciampo.
- Progettare i collegamenti alla stazione di carico come pensili a soffitto o pannelli a parete con prese.
- Ridurre l'esposizione del pavimento agli spruzzi di saldatura mediante lamiere schermanti integrate nel progetto (schermi antispruzzo) alla stazione di saldatura, in modo da ridurre al minimo la ricaduta nell'area dell'operatore.
- Il pavimento del capannone non fa parte della fornitura; il requisito per il luogo di installazione (pavimentazione antiscivolo) viene trasmesso all'utilizzatore nella fase 3.
- Limitare il rischio residuo dovuto ai pericoli residui di inciampo e scivolamento con le seguenti misure tecniche:
- Segnaletica a pavimento (giallo/nero secondo ASR A1.3 tedesca) per identificare le vie di transito e le zone pericolose ai sensi del regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.5.15.
- Illuminazione fissa adeguata della stazione di carico e del corridoio di manutenzione ai sensi del regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.1.4, in modo che ostacoli e zone bagnate siano riconoscibili tempestivamente; l'illuminazione integrata nella macchina secondo EN 1837 fornisce 500 lx alla stazione di carico e 200 lx nel corridoio di manutenzione.
- Tappetini antispruzzo nell'area immediata di saldatura, facili da rimuovere e da pulire.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4):
- Riferimento al pericolo di inciampo e scivolamento dovuto a spruzzi di saldatura, tubi flessibili e bagnato; prescrivere intervalli e procedure di pulizia per l'area del pavimento.
- Requisito di qualifica: tutte le persone che accedono alla stazione di carico e al corridoio di manutenzione devono essere state istruite sui pericoli e sul tracciato delle vie di transito.
- Specifica dei DPI: all'accesso alla stazione di carico e al corridoio di manutenzione devono essere indossate calzature di sicurezza con suola antiscivolo (S3 secondo EN ISO 20345).
- Segnalazione di avvertimento all'accesso alla stazione di carico e al corridoio di manutenzione: applicare il segnale di avvertimento W011 «Pericolo: superficie scivolosa» e il segnale di prescrizione M008 «Calzature di sicurezza obbligatorie» secondo EN ISO 7010:2020.
- Requisito per il luogo di installazione: pavimentazione antiscivolo alla stazione di carico e nel corridoio di manutenzione, classe di resistenza allo scivolamento almeno R 11 secondo la DGUV Regel 108-003 tedesca.

**Meccanico**

Pericolo dovuto all'accesso simultaneo di più persone a zone diverse della cella (EN ISO 11161): una seconda persona si trova all'interno della cella senza che il personale addetto alla regolazione ne sia a conoscenza; all'avviamento del robot o della tavola girevole la seconda persona viene colpita.

Fasi del ciclo di vita: Regolazione, Manutenzione, Ricerca guasti

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Misure di progettazione intrinsecamente sicura esaurite: il principio funzionale dell'impianto completo richiede zone accessibili per i lavori di regolazione, manutenzione e ricerca guasti.
- Il pericolo deriva dalla presenza simultanea di più persone in zone diverse e non può essere risolto con la sola geometria, la sola distanza o la sola limitazione dell'energia senza vanificare lo scopo operativo.
- Una riduzione dell'energia del robot o della tavola girevole a un livello che escluda con certezza le lesioni non è tecnicamente realizzabile con questo tipo di impianto.
- Protezione delle persone in caso di ingresso di più persone nella cella, secondo EN ISO 11161:2007+A1:2010: la porta di manutenzione è dotata di un dispositivo di blocco per lucchetti personali.
- Ogni persona che entra nella cella applica il proprio lucchetto personale al dispositivo di blocco della porta aperta.
- Finché è applicato un lucchetto, la porta non può essere chiusa e la modalità automatica non può essere avviata.
- I movimenti sono quindi possibili solo in modalità di regolazione, con il dispositivo di abilitazione azionato e a velocità ridotta in sicurezza.
- Il riarmo è possibile solo dall'esterno, al pulpito di comando.
- Bloccaggio del riparo della porta di manutenzione secondo EN ISO 14119:2025 con sblocco di fuga dall'interno secondo EN ISO 14119:2025, punto 6.9.1, in modo che le persone rimaste all'interno possano lasciare la cella in qualsiasi momento.
- L'abilitazione dell'avviamento automatico (robot e tavola girevole) è realizzata come funzione di sicurezza: l'avviamento automatico è possibile solo quando la porta di manutenzione è chiusa e mantenuta chiusa dal bloccaggio del riparo e il riarmo è stato dato dall'esterno.
- La funzione di accesso è SF-01 (arresto sicuro all'apertura della porta di manutenzione) con PLr d secondo EN ISO 13849-1:2023.
- Indipendentemente da ciò, l'abilitazione della rotazione della tavola girevole resta protetta da SF-04 (PLr e).
- In modalità di regolazione vale SF-05 (velocità ridotta in sicurezza di 250 mm/s con dispositivo di abilitazione, PLr d secondo EN ISO 13849-1:2023).
- Il dispositivo di abilitazione è personale.
- La cella dispone di un solo dispositivo di abilitazione, sul pendant di programmazione; i movimenti in modalità di regolazione sono quindi consentiti solo quando all'interno della cella non si trova nessuno oltre alla persona che tiene il dispositivo di abilitazione (per l'istruzione procedurale vedere la fase 3).

- Le distanze di sicurezza tra lo spazio di lavoro del robot e le aree in cui sono presenti persone sono conformi a EN ISO 13857:2019, tabella 2, e a EN ISO 10218-2:2025, punti 5.4.6 e 5.8.9.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): descrizione della protezione delle persone alla porta di manutenzione (un lucchetto personale per persona nel dispositivo di blocco, sblocco di fuga dall'interno) e dell'obbligo di applicare il lucchetto prima di entrare e di rimuoverlo solo dopo aver lasciato la cella.
- Istruzione procedurale per le attività con più persone (regolazione, manutenzione, ricerca guasti) con chiara assegnazione dei ruoli (persona responsabile, coordinamento).
- Segnali di avvertimento alla porta di manutenzione: segnale di avvertimento W018 «Pericolo: avviamento automatico» secondo EN ISO 7010:2020, cartello con testo «Applicare il proprio lucchetto personale prima di entrare».
- Requisito di qualifica: il personale addetto alla regolazione e alla manutenzione deve essere istruito sul concetto di accesso di più persone, sull'uso del dispositivo di blocco per lucchetti personali e sullo sblocco di fuga.
- L'istruzione deve essere documentata.
- Specifica dei DPI nelle istruzioni per l'uso: calzature di sicurezza S3 secondo EN ISO 20345, indumenti protettivi aderenti (nessun rischio di impigliamento da indumenti larghi) all'interno della cella.

**Elettrico**

Pericolo dovuto alla corrente di saldatura sul pezzo e sull'attrezzatura: il circuito di saldatura è percorso da correnti elevate (tipicamente da 100 a 350 A); in caso di collegamento di massa difettoso o isolamento danneggiato, le persone che toccano il pezzo o l'attrezzatura possono ricevere una scossa elettrica.

Fasi del ciclo di vita: Regolazione, Funzionamento, Ricerca guasti

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Progettare il telaio dell'attrezzatura e i portapezzi in modo che le superfici conduttive toccabili che si trovano nel circuito della corrente di saldatura siano isolate galvanicamente dal telaio della macchina per via progettuale, mediante isolamento (piastre isolanti in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro tra la piastra di base dell'attrezzatura e il tavolo della macchina, nonché inserti isolanti sulle ganasce di serraggio).
- Per via progettuale si interrompe così il percorso involontario della corrente attraverso il telaio e le superfici esterne toccabili.
- Inoltre: definire il punto di collegamento del cavo di massa direttamente sul pezzo o in un punto designato dell'attrezzatura non toccabile dall'operatore e integrarlo, mediante la conformazione (incavo, canale di guida del cavo), in modo che un posizionamento errato del morsetto di massa sia ostacolato per via progettuale.
- Generatore di corrente di saldatura: il generatore di corrente di saldatura ha classe di protezione I e grado di protezione IP23S secondo EN IEC 60974-1; l'integrazione nella catena dei conduttori di protezione dell'impianto completo deve essere eseguita secondo EN 60204-1:2018, punto 8 (sezioni dei conduttori di protezione, punti di collegamento).
- Monitoraggio del collegamento di massa: il monitoraggio della corrente di massa del generatore di corrente di saldatura è attivato; in caso di interruzione o di una resistenza di contatto inammissibilmente elevata, il processo di saldatura viene inibito.
- La funzione è un interblocco operativo senza requisito di PL (non è una funzione di sicurezza ai sensi di EN ISO 13849-1:2023); per essa non viene riconosciuta alcuna riduzione del rischio.
- Collegamento equipotenziale: tutte le parti conduttive dell'attrezzatura che non sono isolate deliberatamente sono incluse nel collegamento equipotenziale di protezione dell'impianto (EN 60204-1:2018, punto 8.2).
- Limitazione dell'accesso durante il processo di saldatura: la stazione di carico è protetta dalla barriera fotoelettrica (SF-02, PLr e secondo EN ISO 13849-1:2023); durante la saldatura attiva, l'accesso all'area di saldatura è impedito dalla porta di manutenzione interbloccata (SF-01, PLr d) e dalla logica di abilitazione della tavola girevole (SF-04, PLr e), in modo che il contatto con parti in tensione in modalità automatica sia impedito sia per via progettuale sia con mezzi di tecnica del comando.
- Gestione dei cavi: i cavi di saldatura e i cavi di massa sono posati in canaline chiuse o in tubi protettivi (protezione dai danni meccanici); devono essere rispettati i raggi minimi di curvatura indicati dal fabbricante; i cavi devono essere assicurati con scarico della trazione.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): descrizione del corretto collegamento del morsetto di massa (posizione, pulizia della superficie di contatto, aree di serraggio ammesse); avviso che durante il processo di saldatura è vietato toccare il pezzo e l'attrezzatura; intervalli di controllo dell'isolamento e dello stato dei cavi (controllo visivo ogni giorno lavorativo, misura semestrale dell'isolamento da parte di una persona esperta in elettrotecnica, vedere il capitolo 10.2).
- Requisito di qualifica: la regolazione, la ricerca guasti e la manutenzione sul generatore di corrente di saldatura e sui suoi collegamenti possono essere eseguite solo da una persona esperta in elettrotecnica o da una persona avvertita in elettrotecnica sotto la supervisione di una persona esperta (termini secondo la definizione di EN 60204-1:2018, punto 3.1).
- Segnalazione di avvertimento sull'attrezzatura e nell'area di saldatura: applicare in un punto ben visibile il segnale di avvertimento W012 «Pericolo: elettricità» secondo EN ISO 7010:2020; applicare un cartello con testo «Controllare il morsetto di massa prima di iniziare a saldare».
- Specifica dei DPI nelle istruzioni per l'uso: durante la regolazione e la ricerca guasti nell'area di saldatura devono essere indossati guanti isolanti (classe di protezione adatta alla bassa tensione) e indumenti protettivi per saldatura.

**Elettrico**

Interferenze EMC tra generatore di corrente di saldatura e sistema di comando di sicurezza (sistema di comando del robot, unità di valutazione della barriera fotoelettrica, unità di comando del bloccaggio del riparo): gli impulsi di interferenza ad alta frequenza dell'arco MAG possono influenzare le funzioni di sicurezza e causare interventi intempestivi o, in modo più critico, il guasto non rilevato di funzioni di sicurezza (EN ISO 11161).

Fasi del ciclo di vita: Funzionamento, Regolazione

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Separazione spaziale e galvanica dei circuiti di saldatura dai circuiti di sicurezza tramite specifica di progetto:
- Posare il conduttore di ritorno della corrente di saldatura come conduttore di ritorno dedicato vicino al pezzo, direttamente di ritorno dall'attrezzatura di saldatura, in modo da non creare anelli di corrente di grande superficie che agiscono da antenne.
- Posare i cavi della corrente di saldatura e i cavi di segnale/comando di sicurezza in canaline separate con una separazione minima di 200 mm (distanze di separazione secondo EN 50174-2 ed EN 60204-1:2018, allegato H); incroci solo ad angolo retto.
- Mettere a terra il generatore di corrente di saldatura e il sistema di comando di sicurezza su sbarre equipotenziali separate collegate a bassa impedenza al conduttore di protezione dell'impianto, per evitare percorsi a impedenza comune.
- Queste misure riducono l'accoppiamento alla sorgente senza richiedere un dispositivo di protezione.
- Per il rischio residuo di interferenze condotte e irradiate:
- Realizzare tutti i cavi di segnale e di comando di sicurezza (barriera fotoelettrica SF-02, bloccaggio del riparo SF-01, abilitazione della rotazione SF-04, arresto di emergenza SF-03) come cavi schermati; collegare lo schermo a entrambe le estremità a bassa impedenza alla sbarra equipotenziale.
- Utilizzare filtri di rete (filtri antidisturbo) all'alimentazione del sistema di comando di sicurezza e dell'unità di valutazione della barriera fotoelettrica, dimensionati secondo EN IEC 61000-6-2:2019 (requisiti di immunità per ambienti industriali).
- Installare il sistema di comando del robot, l'unità di valutazione della barriera fotoelettrica e il unità di comando del bloccaggio del riparo solo in quadri elettrici con schermatura continua (involucri metallici, ingressi cavi conformi ai requisiti EMC).
- Il sistema di comando di sicurezza e tutti i componenti delle funzioni di sicurezza da SF-01 a SF-05 devono essere conformi in modo dimostrabile ai requisiti di immunità di EN IEC 61000-6-2:2019 (le evidenze dei fabbricanti dei componenti sono agli atti).
- Le funzioni di sicurezza SF-01 (PLr d), SF-02 (PLr e), SF-03 (PLr d), SF-04 (PLr e) e SF-05 (PLr d) devono essere validate secondo EN ISO 13849-1:2023 ed EN ISO 13849-2:2012; la validazione deve dimostrare l'immunità delle SRP/CS secondo EN ISO 13849-1:2023, allegato L, e le misure contro i guasti di causa comune (allegato F).

- Generatore di corrente di saldatura: apparecchiatura con marcatura CE e dichiarazione di conformità UE che copre anche la direttiva EMC 2014/30/UE; emissioni del generatore secondo EN IEC 60974-10 (EMC delle apparecchiature per saldatura ad arco), emissioni dell'impianto completo secondo EN IEC 61000-6-4:2019 (rapporto di prova RSZ-2600-EMV-001).
- Impianto completo: eseguire un collaudo EMC secondo EN IEC 61000-6-2:2019 nello stato operativo con il processo di saldatura attivo, per verificare l'immunità delle funzioni di sicurezza in condizioni operative reali.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4):
- Avviso che le modifiche alla posa dei cavi (cavi della corrente di saldatura, cavi di comando) possono essere eseguite solo da personale specializzato qualificato con competenze in materia di EMC.
- Istruzione di manutenzione: controllo visivo delle terminazioni degli schermi, dei collegamenti equipotenziali e della separazione delle canaline; intervallo di controllo sei mesi (vedere il capitolo 10.2).
- Avviso che dopo ogni sostituzione del generatore di corrente di saldatura, del sistema di comando del robot o di componenti di sicurezza è necessario un nuovo controllo funzionale EMC delle funzioni di sicurezza.
- Requisito di qualifica: il personale addetto alla regolazione (modalità operativa Regolazione, SF-05 attiva) deve essere istruito sui quadri di guasto legati all'EMC nei sistemi di comando di sicurezza.
- Contrassegno sul quadro elettrico del sistema di comando di sicurezza: cartello con testo «Modificare la posa dei cavi solo in conformità allo schema elettrico RSZ-2600-EPL-001».

**Termico**

Pericolo di ustione dovuto a pezzi e cordoni di saldatura caldi: Gli assiemi appena saldati raggiungono nella zona del cordone diverse centinaia di gradi Celsius; il prelievo senza guanti di protezione idonei o il contatto con il cordone possono causare gravi ustioni.

Fasi del ciclo di vita: Funzionamento, Regolazione

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Misure di progettazione intrinsecamente sicura esaurite: il principio operativo della saldatura ad arco con gas di protezione richiede necessariamente un apporto di calore nel pezzo; la temperatura del cordone che ne deriva non può essere ridotta fisicamente a un livello sicuro senza sopprimere il processo di saldatura stesso.
- La sostituzione del processo di giunzione (ad es. incollaggio, imbullonatura) non è prevista e non soddisferebbe i requisiti del prodotto.
- Una misura geometrica (distanza dal cordone mediante conformazione) non può essere realizzata per via progettuale nel punto di presa per il prelievo, poiché l'operatore deve afferrare l'assieme.
- Tempo di raffreddamento forzato: un periodo di blocco lato comando dopo la fine della saldatura (temporizzatore nel sistema di comando dell'impianto), durante il quale l'abilitazione al prelievo alla stazione di carico (lato di prelievo) resta bloccata.
- Il periodo di blocco è memorizzato per ciascun programma di saldatura; dipende dalla geometria del pezzo e dall'apporto di calore.
- Questa funzione non è una funzione di sicurezza ai sensi di EN ISO 13849-1 (nessun PLr assegnato), ma un interblocco legato al processo; riduce la probabilità di accadimento ma non sostituisce l'obbligo di utilizzare i DPI.
- Spia luminosa / dispositivo di segnalazione: indicatore ottico (spia rossa alla stazione di prelievo) attivo durante il periodo di blocco per raffreddamento e che si spegne non appena viene concessa l'abilitazione.
- Schermatura termica: la parete divisoria centrale fissa con tendina di protezione per saldatura tra l'area di saldatura e la stazione di prelievo scherma l'operatore dal calore radiante (progettazione secondo EN ISO 13732-1:2008 per quanto riguarda i limiti della temperatura di contatto come riferimento progettuale per le superfici che possono essere toccate inavvertitamente).

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): riferimento al rischio di ustione da pezzi e cordoni di saldatura caldi; specifica del tempo di raffreddamento richiesto prima del prelievo; obbligo di indossare guanti di protezione dal calore (DPI di categoria II, idonei al calore da contatto secondo EN 407, livello di prestazione almeno livello 3 per calore da contatto) e, ove applicabile, protezione degli avambracci.
- Segnalazione di avvertimento alla stazione di prelievo: il segnale di avvertimento W017 «Pericolo: superficie calda» e il segnale di prescrizione M009 «Guanti di protezione obbligatori» secondo EN ISO 7010:2020 devono essere applicati in modo permanente e ben visibile alla stazione di carico (lato di prelievo) (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.1).

- Qualifica e istruzione: gli operatori e il personale addetto alla regolazione devono essere istruiti, prima di iniziare il lavoro, sul rischio di ustione, sui tempi di raffreddamento e sull'obbligo di utilizzare i DPI; l'istruzione deve essere documentata.
- Messa a disposizione dei DPI: le istruzioni per l'uso devono indicare all'utilizzatore di mettere a disposizione guanti di protezione dal calore idonei (EN 407) e di controllarne l'uso.

**Termico**

Pericolo di ustione e di incendio dovuto agli spruzzi di saldatura (scintille volanti): Durante la saldatura MAG si generano spruzzi a temperature superiori a 1500 gradi C; possono cadere su materiali combustibili (imballaggi, oli, indumenti) nell'ambiente circostante e causare incendi o ustioni.

Fasi del ciclo di vita: Funzionamento, Regolazione

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Ottimizzazione dei parametri di saldatura per ridurre al minimo gli spruzzi: impiego di un processo ad arco a bassi spruzzi (ad es. arco pulsato o arco corto di tipo CMT) al posto del convenzionale arco corto, nei limiti consentiti dal compito di giunzione.
- Riducendo in modo mirato l'energia e la quantità degli spruzzi trasferiti, si riduce per via progettuale la probabilità che spruzzi in grado di innescare raggiungano materiali combustibili.
- Inoltre: posizionare l'area di saldatura in modo che nel raggio di protezione dagli spruzzi di 1 m attorno all'area di saldatura non siano conservati né convogliati materiali di esercizio combustibili (oli, lubrificanti, imballaggi).
- Le linee che convogliano fluidi combustibili devono essere condotte fuori dall'area degli spruzzi o dotate di schermi non combustibili.
- Riparo: l'area di saldatura è racchiusa dalla recinzione perimetrale con pannelli di riempimento opachi alla luce di saldatura e finestre di osservazione con protezione per saldatura (EN ISO 14120:2015) e dalla parete divisoria centrale della tavola girevole; i pannelli di riempimento e la parete divisoria centrale sono non combustibili e resistenti agli spruzzi di saldatura.
- Questo involucro impedisce la fuoriuscita degli spruzzi nell'area di lavoro generale.
- Verso la stazione di carico, la parete divisoria centrale della tavola girevole con la sua tendina di protezione per saldatura secondo EN ISO 25980 scherma l'area di saldatura.
- Impianto di aspirazione nell'area di saldatura: captazione dei fumi e delle particelle di saldatura direttamente nel punto di origine secondo EN ISO 21904-1:2020, per aspirare le particelle incandescenti e ridurre il carico termico sull'ambiente circostante.
- Mettere in sicurezza la zona di esclusione di 1 m attorno alla recinzione perimetrale: segnaletica a pavimento permanente gialla e nera secondo la regola tedesca per i luoghi di lavoro ASR A1.3 e, ove possibile, barriere fisiche; nessuna area di stoccaggio o deposito all'interno della zona.
- Protezione antincendio: prevedere alla cella un supporto per un estintore (CO2 o polvere, niente acqua a causa dell'impianto elettrico); la messa a disposizione e il controllo degli agenti estinguenti sono a carico dell'utilizzatore (avviso nelle istruzioni per l'uso, fase 3).
- Funzioni di sicurezza: la porta di manutenzione è integrata nel sistema di comando di sicurezza tramite SF-01 (PLr d) e l'apertura di carico tramite SF-02 (PLr e); la saldatura avviene solo con la porta di manutenzione chiusa e bloccata.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (ai sensi del regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): riferimento al raggio di protezione dagli spruzzi e divieto di conservare materiali combustibili nell'area di saldatura.

- Specifica degli intervalli ammessi dei parametri di saldatura (corrente, tensione, avanzamento del filo) per ridurre al minimo gli spruzzi.
- Istruzioni per la pulizia periodica degli spruzzi dalle superfici della macchina e dall'area di saldatura (riduzione del carico di incendio).
- Istruzioni di procedura in caso di incendio (allarme, primo intervento di spegnimento, evacuazione).
- Segnali di avvertimento sulla recinzione perimetrale secondo EN ISO 7010:2020: segnale di avvertimento generale W001 con il testo supplementare «Pericolo di incendio dovuto agli spruzzi di saldatura». «Pericolo: superficie calda» (W017) nell'area di saldatura.
- Segnale di prescrizione M010 «Indumenti protettivi obbligatori» alla porta di manutenzione.
- Requisito di qualifica: il personale addetto alla regolazione e gli operatori devono essere formati sull'uso dell'impianto di saldatura e sull'uso delle attrezzature antincendio.
- Il personale addetto alla regolazione richiede una qualifica come specialista di saldatura o un'istruzione equivalente documentata.
- Specifica dei DPI: durante i lavori di regolazione nell'area di saldatura devono essere indossati i seguenti DPI: indumenti protettivi per saldatura ignifughi (secondo EN ISO 11611), guanti per saldatori (secondo EN 12477), schermo facciale per saldatura o casco da saldatore con filtro per saldatura secondo EN ISO 16321-2 (già EN 169).
- In modalità automatica con la porta di manutenzione chiusa non sono richiesti DPI da saldatore; è tuttavia vietato entrare nell'area di saldatura durante il funzionamento (istruzioni per l'uso).

**Termico**

Rischio di ustione dovuto alla torcia di saldatura calda e al collo della torcia: Il collo della torcia e il tubetto di contatto si riscaldano fortemente dopo il processo di saldatura; durante la sostituzione della torcia, la pulizia o la regolazione senza tempo di raffreddamento, mani e dita possono ustionarsi.

Fasi del ciclo di vita: Manutenzione, Regolazione, Pulizia

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Impiego di un raffreddamento attivo della torcia (torcia raffreddata ad acqua invece di una torcia raffreddata ad aria): il raffreddamento continuo ad acqua limita per via progettuale l'energia termica nel collo della torcia e sul tubetto di contatto a un livello di temperatura nettamente inferiore.
- Inoltre: il supporto della torcia e il sistema di sostituzione sono progettati in modo che, durante la sostituzione della torcia, l'operatore tocchi solo zone di presa termicamente disaccoppiate (impugnatura in plastica o ceramica, nessun contatto diretto del metallo con il collo della torcia).
- Progettazione secondo EN ISO 13732-1:2008 (soglia di ustione per metallo nudo di circa 51 °C per un tempo di contatto di 1 min e 48 °C per 10 min).
- Monitoraggio del tempo di raffreddamento: un sensore di temperatura sul collo della torcia segnala al sistema di comando della macchina; l'HMI indica l'abilitazione alla sostituzione e alla pulizia della torcia solo quando la temperatura è scesa al di sotto del valore limite.
- La funzione è un interblocco operativo senza requisito di PL ai sensi di EN ISO 13849-1; non le viene riconosciuta alcuna riduzione del rischio.
- Riparo: l'area di saldatura è racchiusa dalla recinzione perimetrale con pannelli di riempimento opachi alla luce di saldatura e finestre di osservazione con protezione per saldatura (EN ISO 14120:2015); l'accesso alla torcia per la manutenzione e la pulizia avviene esclusivamente attraverso la porta di manutenzione protetta (SF-01, PLr d).
- L'accesso involontario alla torcia calda durante il funzionamento automatico è così escluso per via progettuale.
- Previsione di un appoggio per la torcia con alloggiamento termicamente isolato (supporto in ceramica o silicone) direttamente alla stazione di saldatura, in modo che la torcia venga deposta in modo definito dopo il processo e non venga appoggiata su superfici metalliche conduttive.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso: indicare esplicitamente il tempo di raffreddamento dopo la fine della saldatura prima di qualsiasi sostituzione della torcia, pulizia o lavoro di regolazione sulla torcia (valore di riferimento secondo le indicazioni del fabbricante della torcia); includere una procedura per la sostituzione della torcia con la fase «attendere il tempo di raffreddamento o controllare la temperatura».
- Segnalazione di avvertimento: applicare in modo permanente e ben visibile il segnale di avvertimento «Pericolo: superficie calda» (W017 secondo EN ISO 7010:2020) nell'area della torcia e sulla porta di manutenzione.

- Qualifica: la sostituzione e la pulizia della torcia possono essere eseguite solo da persone istruite; l'istruzione riguarda il rischio di ustione, i tempi di raffreddamento e il corretto uso dei DPI.
- Specifica dei DPI: i guanti di protezione dal calore (idonei al calore da contatto, classe di protezione secondo EN 407) sono obbligatori durante la sostituzione della torcia, la pulizia e i lavori di regolazione sulla torcia; questo requisito deve essere indicato nelle istruzioni per l'uso e segnalato dal segnale di prescrizione «Guanti di protezione obbligatori» (M009 secondo EN ISO 7010:2020) alla porta di manutenzione.

**Radiazioni**

Pericolo dovuto alla radiazione ottica dell'arco MAG (UV, visibile, IR): l'arco emette radiazione ultravioletta, visibile e infrarossa intensa; la visione non protetta dell'arco (anche attraverso una porta di manutenzione aperta in modalità di regolazione) può causare lesioni agli occhi (cheratocongiuntivite, danni alla retina) e ustioni cutanee.

Fasi del ciclo di vita: Regolazione, Funzionamento

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Misure di progettazione intrinsecamente sicura esaurite: il principio funzionale della saldatura MAG richiede necessariamente un arco aperto con elevata intensità di radiazione; corrente, tensione ed energia dell'arco non possono essere ridotte a un livello al quale il pericolo di radiazione sia eliminato senza interrompere il processo di saldatura.
- Lo spostamento geometrico del punto di pericolo non è possibile in un impianto di saldatura robotizzato con posizioni di saldatura variabili.
- Involucro dell'area di saldatura: recinzione perimetrale con pannelli di riempimento opachi alla luce di saldatura e finestre di osservazione con protezione per saldatura come riparo fisso secondo EN ISO 14120:2015; pannelli di riempimento e rivestimento (nero opaco, superficie assorbente la luce) da progettare in modo che all'esterno non fuoriesca alcuna riflessione UV/IR rilevante.
- Finestre di osservazione e tendine di saldatura da progettare secondo EN ISO 25980.
- Porta di manutenzione: la porta di manutenzione deve essere dotata di bloccaggio del riparo secondo EN ISO 14119:2025 (interblocco con bloccaggio del riparo, sblocco di fuga secondo EN ISO 14119:2025, punto 6.9.1).
- La funzione di sicurezza «SF-01 Arresto sicuro (categoria di arresto 1) all'apertura della porta di manutenzione» deve essere realizzata con PLr d secondo EN ISO 13849-1:2023: il bloccaggio del riparo sblocca la porta solo dopo che l'arco si è spento e il robot è fermo; non occorre pertanto calcolare una distanza di sicurezza secondo EN ISO 13855:2024.
- Modalità di regolazione con porta di manutenzione aperta: finché la porta di manutenzione è aperta, il generatore di corrente di saldatura è disattivato in sicurezza tramite SF-01 (percorso di disinserimento del PLC di sicurezza come per SF-03, PLr d secondo EN ISO 13849-1:2023), in modo che con la porta aperta non possa essere innescato alcun arco.
- L'ulteriore inibizione dell'abilitazione alla saldatura nel sistema di comando standard (abilitazione alla saldatura solo con porta di manutenzione chiusa e bloccata) è un interblocco operativo senza requisito di PL.
- La funzione «SF-05 Velocità ridotta in sicurezza 250 mm/s con dispositivo di abilitazione in modalità di regolazione» (PLr d) si applica ai movimenti del robot e della tavola girevole.
- Con la porta di manutenzione chiusa, il bloccaggio del riparo (SF-01) protegge dalla radiazione dell'arco.
- Protezione dalle radiazioni all'apertura di carico: la parete divisoria centrale della tavola girevole con la sua tendina di protezione per saldatura secondo EN ISO 25980 scherma la stazione di carico, in modo che nessuna radiazione diretta possa raggiungere l'operatore.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso: avvertenza sul pericolo di radiazione dell'arco MAG (UV, visibile, IR) ai sensi del regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punti 1.7.4.1 e 1.7.4.2; dichiarazione che il generatore di corrente di saldatura è disattivato in sicurezza tramite SF-01 finché la porta di manutenzione è aperta; descrizione dei requisiti relativi ai DPI per le attività di regolazione e manutenzione nelle vicinanze dell'area di saldatura.
- Requisito di qualifica: il personale addetto alla regolazione e alla manutenzione deve conoscere il pericolo di radiazione legato alla saldatura ad arco; l'istruzione ai sensi dell'regolamento tedesco sulla protezione dalle radiazioni ottiche artificiali sul lavoro (OStrV) deve essere indicata nelle istruzioni per l'uso come obbligo dell'utilizzatore.
- Specifica dei DPI: per le attività in cui non può essere completamente escluso un rischio residuo dovuto a radiazione diffusa (ad es. riflessi durante la regolazione nelle immediate vicinanze): occhiali per saldatura o schermo facciale per saldatura con filtro per saldatura secondo EN ISO 16321-2 (già EN 169), indumenti protettivi resistenti ai raggi UV e guanti di protezione.
- Segnalazione di avvertimento: segnale di avvertimento «Pericolo: radiazioni ottiche» (W027 secondo EN ISO 7010:2020) alla porta di manutenzione e all'apertura di carico; segnali di prescrizione «Protezione degli occhi obbligatoria» (M004) e «Indumenti protettivi obbligatori» (M010) secondo EN ISO 7010:2020 da applicare alla porta di manutenzione.
- Dati di emissione: informazioni sulla radiazione ottica dell'arco nelle istruzioni per l'uso ai sensi del regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punti 1.5.10 e 1.7.4.2; la base è costituita dai dati del fabbricante per il generatore di corrente di saldatura e dalla valutazione dell'emissione di radiazioni secondo EN 12198 (radiazioni emesse dai macchinari).

**Radiazioni**

Pericolo dovuto ai campi elettromagnetici (CEM) generati dal generatore di corrente di saldatura e dai cavi di saldatura: Le elevate correnti di saldatura generano forti campi magnetici; le persone con impianti attivi (pacemaker cardiaci, pompe per insulina) possono essere messe in pericolo dai campi.

Fasi del ciclo di vita: Funzionamento, Regolazione, Manutenzione

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Posare e raggruppare i cavi di saldatura (conduttore di corrente e conduttore di ritorno) in modo che i conduttori di andata e di ritorno siano portati in stretta vicinanza spaziale (coppie di cavi intrecciate o posate in parallelo con distanza minima tra di loro): i campi magnetici dei due conduttori si compensano in parte, riducendo in modo significativo l'intensità di campo risultante nell'ambiente circostante.
- Mantenere i cavi il più corti possibile dal punto di vista tecnico ed evitare avvolgimenti o posa ad anelli non necessari, poiché gli anelli aumentano l'intensità di campo.
- Installare il generatore di corrente di saldatura a distanza dalla stazione di carico e dal pulpito di comando.
- Proteggere l'accesso all'area di saldatura (cella di saldatura) durante il funzionamento mediante il riparo fisso esistente (recinzione perimetrale secondo EN ISO 14120:2015), in modo che durante il funzionamento automatico le persone non possano entrare nelle immediate vicinanze dei cavi di saldatura attivi.
- Progettare la porta di manutenzione con bloccaggio del riparo secondo EN ISO 14119:2025 (SF-01, PLr d), che consente l'ingresso solo dopo la disinserzione della corrente di saldatura.
- Durante la modalità di regolazione e i lavori di manutenzione nelle vicinanze dei cavi: disinserire la corrente di saldatura prima di entrare nella zona pericolosa e assicurarla contro il reinserimento (isolamento dell'energia e arresto secondo EN ISO 14118:2018).
- I cavi di saldatura corrono interamente all'interno della recinzione perimetrale, in modo che le persone all'esterno della cella mantengano la distanza dai cavi attivi.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso: dichiarazione esplicita che il funzionamento della saldatrice genera forti campi elettromagnetici.
- Le persone con impianti metallici attivi o passivi (pacemaker cardiaci, pompe per insulina, impianti cocleari, impianti metallici) non devono entrare nelle immediate vicinanze dei cavi di saldatura e del generatore di corrente di saldatura.
- Prima di iniziare attività di regolazione o manutenzione nelle vicinanze dei cavi, la corrente di saldatura deve essere disinserita.
- Requisito di qualifica: il personale addetto alla regolazione e alla manutenzione deve essere istruito sul pericolo CEM; le persone con impianti noti devono essere escluse dalle attività nelle immediate vicinanze dei cavi di saldatura attivi.
- Segnalazione di avvertimento: applicare il segnale di avvertimento «Pericolo: campo magnetico» (W006 secondo EN ISO 7010:2020) alla porta di manutenzione, alla stazione di carico e sul generatore di corrente di saldatura.

- Inoltre applicare nelle stesse posizioni il segnale di divieto «Accesso vietato alle persone con dispositivi cardiaci impiantati attivi» (P007 secondo EN ISO 7010:2020).
- Le emissioni CEM devono essere descritte qualitativamente nelle istruzioni per l'uso; la base per la valutazione è costituita dai dati del fabbricante per il generatore di corrente di saldatura secondo EN IEC 62822-2 (valutazione delle apparecchiature per saldatura ad arco rispetto all'esposizione delle persone ai CEM).

**Materiali/sostanze**

Pericolo dovuto all'inalazione di fumi e vapori di saldatura (ossidi metallici, manganese, ossidi di ferro): La saldatura MAG di acciaio da costruzione genera particelle e gas nocivi; con aspirazione insufficiente (cartuccia filtrante satura, impianto spento) le concentrazioni nella zona respiratoria dell'operatore superano i valori limite di esposizione professionale.

Fasi del ciclo di vita: Funzionamento, Regolazione, Manutenzione, Pulizia

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Sostituzione del materiale di consumo di saldatura: impiego di fili pieni con tenore di manganese dimostrabilmente ridotto (lega a basso Mn, ad es. tenore di Mn < 1,0 % secondo la scheda di dati di sicurezza) al posto di fili animati o fili ad alto tenore di manganese, nei limiti consentiti dal compito di saldatura (acciaio da costruzione, qualità del cordone).
- Inoltre: ottimizzazione dei parametri di saldatura (tensione dell'arco, velocità di avanzamento del filo, composizione del gas di protezione) su un'impostazione a basse emissioni di fumi secondo la raccomandazione del fabbricante del generatore di corrente di saldatura, per ridurre al minimo la formazione di fumi alla fonte.
- Entrambe le misure riducono la massa di inquinanti emessa e quindi la probabilità di un'esposizione nociva; la gravità del possibile danno resta invariata.
- Ventilazione tecnica e aspirazione secondo EN ISO 21904-1:2020 (aspirazione dei fumi di saldatura): captazione dei fumi di saldatura mediante la cappa di aspirazione sopra l'area di saldatura con una portata volumetrica di 1800 m³/h, che garantisce la velocità di captazione nel punto di generazione.
- L'impianto di aspirazione deve essere dotato di monitoraggio del filtro (pressostato differenziale) che attiva un allarme quando la cartuccia filtrante è satura o l'aspirazione è difettosa; la cella si arresta in modo controllato e può essere riavviata solo dopo l'eliminazione del guasto (interblocco operativo senza requisito di PL ai sensi di EN ISO 13849-1, non gli viene riconosciuta alcuna riduzione del rischio).
- Schermatura dell'area di saldatura mediante la recinzione perimetrale con pannelli di riempimento opachi alla luce di saldatura (EN ISO 14120:2015) e la parete divisoria centrale della tavola girevole, per ridurre al minimo la fuoriuscita dei fumi nell'area dell'operatore.
- Il monitoraggio dell'aria ambiente per la concentrazione di fumi di saldatura alla stazione di carico è raccomandato all'utilizzatore come misura aggiuntiva.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (ai sensi del regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): specifica dei tipi di fumi di saldatura emessi e riferimento ai valori limite di esposizione professionale da rispettare secondo le regole tecniche tedesche per le sostanze pericolose TRGS 900 e TRGS 528; istruzione per il controllo periodico e la sostituzione delle cartucce filtranti (intervallo di manutenzione secondo le indicazioni del fabbricante, EN ISO 21904-1:2020); divieto di saldare in caso di guasto o spegnimento dell'impianto di aspirazione.
- Segnali di avvertimento nell'area di saldatura: segnale di avvertimento generale W001 secondo EN ISO 7010:2020 con il testo supplementare «Fumi di saldatura nocivi» e segnale di prescrizione

«Protezione delle vie respiratorie obbligatoria» (M017) come segnalazione del rischio residuo.

- Requisito relativo ai DPI: semimaschera filtrante FFP3 secondo EN 149 o respiratore a filtro con ventilazione assistita per i lavori di regolazione, manutenzione e pulizia nell'area di saldatura con impianto di aspirazione spento.
- Requisito di qualifica: gli operatori e il personale addetto alla regolazione devono essere istruiti sui pericoli dei fumi di saldatura e sul corretto funzionamento dell'impianto di aspirazione (TRGS 528, punto 5).

**Rumore**

Pericolo dovuto al rumore durante il processo di saldatura MAG e dall'azionamento della tavola girevole: Il processo di saldatura (rumore dell'arco, spruzzi) e gli azionamenti meccanici generano livelli di pressione acustica rilevanti alla stazione di carico; in funzionamento continuo (esercizio su due turni, 16 h) il livello di esposizione quotidiana al rumore LEX,8h può raggiungere o superare i valori di azione del regolamento tedesco sulla protezione dal rumore e dalle vibrazioni sul lavoro (LärmVibrationsArbSchV).

Fasi del ciclo di vita: Funzionamento, Regolazione

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Riduzione del rumore alla fonte con misure progettuali secondo EN ISO 11688-1:
- Ottimizzazione del processo di saldatura: scelta di parametri di saldatura a basse emissioni (arco pulsato al posto dell'arco corto, ove tecnicamente fattibile per il processo), poiché l'arco corto genera maggiori emissioni di spruzzi e di rumore.
- Incapsulamento dell'azionamento e isolamento dal rumore trasmesso per via solida dell'azionamento della tavola girevole: montaggio elastico del motore di azionamento e del riduttore sul telaio della macchina per ridurre la trasmissione del rumore per via solida alle superfici radianti.
- Telaio della macchina con profili fonoassorbenti o smorzati (ad es. rivestimento in lamiera con tappetini smorzanti bituminosi) al posto di superfici in lamiera d'acciaio non smorzate, per ridurre l'irraggiamento sonoro.
- La misurazione e la dichiarazione dei valori di emissione acustica saranno eseguite nella fase 2 e nella fase 3.
- Schermatura acustica dell'area di saldatura mediante la parete divisoria centrale della tavola girevole e i pannelli di riempimento chiusi della recinzione perimetrale tra l'area di saldatura e la stazione di carico.
- Incapsulamento o rivestimento dell'azionamento della tavola girevole con materiale fonoassorbente, a condizione che sia garantita l'accessibilità per la manutenzione (rivestimento da progettare come riparo secondo EN ISO 14120:2015).
- Misurazione del rumore alla stazione di carico secondo EN ISO 11202:2010 in condizioni operative rappresentative (modalità automatica, saldatura MAG attiva, tavola girevole in funzione) per determinare il livello di pressione acustica di emissione LpA (misurato: 84 dB(A), K = 2,5 dB).
- Il livello di esposizione quotidiana al rumore LEX,8h è determinato dall'utilizzatore secondo il regolamento tedesco sulla protezione dal rumore e dalle vibrazioni sul lavoro (LärmVibrationsArbSchV).
- Nota: non è interessata alcuna funzione di sicurezza ai sensi di EN ISO 13849-1; la determinazione del PLr non si applica a questo pericolo.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento macchine (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4.2, lettera u)): indicazione del livello di pressione acustica di emissione misurato LpA alla stazione di carico

secondo EN ISO 11202:2010 ed EN ISO 4871:2009 (con incertezza di misura K); se LpA supera 80 dB(A), indicazione aggiuntiva del livello di potenza acustica LWA secondo EN ISO 3746:2010.

- Avviso sugli obblighi dell'utilizzatore ai sensi del regolamento tedesco sulla protezione dal rumore e dalle vibrazioni sul lavoro (LärmVibrationsArbSchV): valutazione del rischio, programma di riduzione del rumore a partire dal valore superiore di azione LEX,8h 85 dB(A), obbligo di mettere a disposizione protezioni dell'udito a partire da 80 dB(A), obbligo di indossare protezioni dell'udito a partire da 85 dB(A).
- Segnalazione di avvertimento alla stazione di carico: segnale di prescrizione «Protezione dell'udito obbligatoria» (M003 secondo EN ISO 7010:2020), da applicare in un punto ben visibile.
- Qualifica e istruzione: il personale operativo deve essere istruito dall'utilizzatore sul pericolo del rumore, sui valori di azione e sul corretto uso delle protezioni dell'udito.
- Specifica dei DPI: l'utilizzatore deve mettere a disposizione protezioni dell'udito idonee (cuffie o inserti auricolari) con un valore di attenuazione (SNR) sufficiente in funzione del LEX,8h da lui determinato; scelta secondo EN 458.

**Ergonomico**

Illuminazione insufficiente alla stazione di carico e nel corridoio di manutenzione: un'illuminazione inadeguata rende difficili il carico e lo scarico in sicurezza dei pezzi e l'esecuzione dei lavori di manutenzione e aumenta il rischio di errori e di infortuni.

Fasi del ciclo di vita: Funzionamento, Regolazione, Manutenzione, Pulizia

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Illuminazione del posto di lavoro integrata nella macchina alla stazione di carico e nel corridoio di manutenzione da prevedere nella progettazione: gli apparecchi di illuminazione sono integrati in modo permanente nella struttura della macchina (incorporati nel telaio della recinzione perimetrale), in modo che l'illuminamento alla stazione di carico e nel corridoio di manutenzione sia assicurato in modo permanente indipendentemente dall'illuminazione del capannone.
- La progettazione è eseguita secondo EN ISO 12100:2010, punto 6.2.8 (ergonomia), in combinazione con EN 1837 (illuminazione integrata nelle macchine); l'illuminazione come realizzata fornisce 500 lx alla stazione di carico e 200 lx nel corridoio di manutenzione.
- L'integrazione nel progetto elimina la dipendenza da fonti di luce esterne che possono essere inadeguate.
- Rischio residuo dovuto a guasto od ombreggiamento degli apparecchi di illuminazione integrati: monitoraggio della disponibilità operativa dell'illuminazione del posto di lavoro da parte del sistema di comando della macchina (segnalazione in caso di guasto della lampada).
- Inoltre le aree del corridoio di manutenzione devono essere contrassegnate con segnaletica a pavimento gialla e nera retroriflettente secondo la regola tedesca per i luoghi di lavoro ASR A1.3 (pericoli di inciampo, limiti del corridoio) e, in corrispondenza dei pericoli di inciampo, con il segnale di avvertimento W007 «Pericolo: ostacolo al suolo» secondo EN ISO 7010:2020.
- Per il monitoraggio dell'illuminazione non è richiesta una funzione di sicurezza ai sensi di EN ISO 13849-1; in caso di guasto dell'illuminazione il lavoro deve essere interrotto (fase 3).

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): specifica dell'illuminamento dell'illuminazione del posto di lavoro: 500 lx alla stazione di carico e 200 lx nel corridoio di manutenzione; avviso che in caso di guasto dell'illuminazione integrata il lavoro deve essere interrotto fino al ripristino dell'illuminazione.
- Cartello con testo sulla porta di manutenzione: «Interrompere il lavoro in caso di guasto dell'illuminazione».
- Requisito di qualifica: il personale di manutenzione deve essere istruito a controllare il funzionamento dell'illuminazione prima di iniziare il lavoro.
- In caso di guasto dell'illuminazione, utilizzare apparecchi di illuminazione portatili idonei per brevi ispezioni; riprendere il lavoro regolare solo dopo il ripristino dell'illuminazione.

**Meccanico**

Pericolo dovuto al raggiungimento oltre o sotto la barriera fotoelettrica alla stazione di carico (uso scorretto ragionevolmente prevedibile): Le persone raggiungono l'area di rotazione aggirando lateralmente la barriera fotoelettrica o passando sotto di essa senza che venga attivata la funzione di protezione; la tavola girevole o il robot possono avviarsi e intrappolare mani o braccia.

Fasi del ciclo di vita: Funzionamento, Regolazione

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Misure di progettazione intrinsecamente sicura esaurite: la stazione di carico richiede un'apertura di accesso permanentemente aperta per l'introduzione manuale dei pezzi.
- La chiusura geometrica completa di questa apertura per via progettuale renderebbe la macchina non funzionale.
- Le distanze minime secondo EN ISO 13854:2019 non possono, come misura progettuale, impedire l'aggiramento laterale di una barriera fotoelettrica finché l'apertura deve restare disponibile per l'accesso dell'operatore.
- La limitazione della forza o dell'energia sulla tavola girevole o sul robot a un livello non pericoloso (fase 1) non è tecnicamente fattibile con le masse e le coppie in gioco senza pregiudicare la funzione.
- Campo di protezione e protezione contro il passaggio sotto: posizionare la barriera fotoelettrica (tipo 4 secondo EN IEC 61496-1:2020, SF-02, PLr e) in modo che il campo di protezione copra completamente l'apertura di carico.
- Le aperture residue sotto e a lato del campo di protezione sono chiuse con ripari fissi (EN ISO 14120:2015) secondo EN ISO 13857:2019, tabella 4, in modo che non sia possibile raggiungere la zona passando sotto o attorno al campo di protezione.
- Protezione dei fianchi laterali: ripari fissi (pannelli laterali o guide a canale) secondo EN ISO 14120:2015 devono essere montati su entrambi i lati della barriera fotoelettrica per impedire per via progettuale l'aggiramento laterale.
- La profondità di questi fianchi deve essere determinata secondo EN ISO 13857:2019, tabella 4 (distanza di sicurezza in funzione della dimensione dell'apertura), in modo che la zona pericolosa non possa essere raggiunta dalla direzione laterale.
- Specifica della barriera fotoelettrica: la barriera fotoelettrica deve essere scelta di tipo 4 secondo EN IEC 61496-1:2020 e integrata nella funzione di sicurezza SF-02 (PLr e).
- La distanza di sicurezza tra la barriera fotoelettrica e la zona pericolosa più vicina deve essere calcolata e mantenuta secondo EN ISO 13855:2024 (raggiungimento attraverso, risoluzione 30 mm per il rilevamento della mano).
- L'integrazione nel sistema di comando avviene secondo EN ISO 13849-1:2023, PLr e (SF-02).

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): dichiarazione esplicita che l'aggiramento laterale o il passaggio sotto la barriera fotoelettrica è vietato e mette fuori efficacia la funzione di sicurezza SF-02.

- Descrizione della corretta azione di carico (inserire il pezzo frontalmente attraverso la barriera fotoelettrica).
- Avviso sul pericolo rappresentato dalla tavola girevole e dal robot quando la funzione di protezione non è stata attivata.
- Segnali di avvertimento (EN ISO 7010:2020): «Pericolo di schiacciamento delle mani» (W024) da applicare su entrambi i lati dei pannelli dei fianchi e sul telaio della barriera fotoelettrica.
- Segnale di divieto «Vietato introdurre le mani» (P015) all'apertura di accesso.
- Requisito di qualifica: in modalità di regolazione (SF-05, PLr d, velocità ridotta in sicurezza 250 mm/s con dispositivo di abilitazione) possono lavorare solo specialisti istruiti che conoscono il funzionamento e i limiti della barriera fotoelettrica.
- Questo requisito deve essere registrato nelle istruzioni per l'uso e nella documentazione dell'istruzione.
- DPI: i guanti di protezione non offrono alcuna protezione dai pericoli di schiacciamento e di trascinamento dovuti alla tavola girevole o al robot e non sono adatti come misura di protezione per questo pericolo.
- Questo avviso deve essere riportato nelle istruzioni per l'uso per evitare false convinzioni.

**Manipolazione/sicurezza informatica**

Manipolazione di parametri rilevanti per la sicurezza tramite la rete: Un accesso in scrittura non autorizzato tramite bus di campo, OPC UA o interfaccia MES modifica parametri rilevanti per la sicurezza (ad es. monitoraggio della porta di manutenzione, parametri della barriera fotoelettrica, limite di velocità in modalità di regolazione). La funzione di protezione diventa inefficace oppure la macchina opera al di fuori dei limiti stabiliti nella valutazione del rischio. [regolamento macchine (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.1.9, primo comma; punto 1.1.9, terzo comma; punto 1.2.1, secondo comma, lettera a); punto 1.2.1, secondo comma, lettera d)]

Fasi del ciclo di vita: Funzionamento, Regolazione

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Mantenere i parametri rilevanti per la sicurezza esclusivamente nel sistema di comando di sicurezza e renderli, in linea di principio, non scrivibili tramite la rete di processo (accesso in scrittura separato fisicamente o a livello di architettura, rete di sicurezza segmentata rispetto alla comunicazione standard).
- Memorizzare i valori limite derivanti dalla valutazione del rischio come costanti nel programma di sicurezza, non come dati di ricetta.
- Autenticazione e autorizzazione per ogni accesso in scrittura (ruoli, nessuna password predefinita), controllo dell'integrità della configurazione rilevante per la sicurezza (checksum/CRC con procedura di rilascio), controllo di plausibilità dei valori in ingresso rispetto ai limiti ammessi, registrazione di ogni modifica dei parametri con marca temporale e utente.
- Riferimento delle evidenze percorso B: IEC 62443-3-3 SR 1.1, SR 2.1, SR 3.4, SR 3.5, SR 5.1, SR 2.8.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso: requisiti di rete per l'utilizzatore (segmentazione, firewall, nessun collegamento diretto a Internet del sistema di comando), elenco dei parametri rilevanti per la sicurezza con l'indicazione che le modifiche sono ammesse solo da parte di personale autorizzato e con successivo controllo funzionale delle funzioni di sicurezza.

### Fase del ciclo di vita: Funzionamento

**Meccanico**

Pericolo di urto e schiacciamento dovuto al robot di saldatura durante il funzionamento automatico in caso di accesso non autorizzato: persone che scavalcano la recinzione perimetrale o manomettono la porta di manutenzione vengono colpite dall'asse del robot che si muove alla piena velocità e forza oppure vengono schiacciate contro parti fisse.

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Misure di progettazione intrinsecamente sicura esaurite: il principio funzionale del robot di saldatura richiede il movimento libero e rapido del braccio del robot con il pieno carico utile all'interno dello spazio di lavoro.
- Limitare la forza o la velocità a un livello innocuo per le persone (forza d'urto inferiore alla soglia del dolore) è tecnicamente incompatibile con i parametri di processo richiesti nel funzionamento automatico e impedirebbe il processo di saldatura.
- Con un robot industriale a 6 assi non è possibile eliminare la zona pericolosa soltanto per via geometrica.
- Riparo fisso: recinzione perimetrale fissa con pannelli di riempimento opachi alla luce di saldatura e finestre di osservazione con filtri di protezione per saldatura secondo EN ISO 14120:2015 attorno all'intero spazio di lavoro del robot, altezza 2200 mm.
- Altezza e distanza dalla zona pericolosa da progettare secondo EN ISO 13857:2019, tabella 2, in modo che non sia possibile né raggiungere la zona dall'alto né scavalcare senza ausili.
- Le aperture residue da progettare secondo EN ISO 13857:2019, tabella 4, in modo che non sia possibile raggiungere la zona pericolosa passando sotto o attraverso.
- Porta di manutenzione interbloccata con bloccaggio del riparo (SF-01): la porta di manutenzione è un riparo mobile interbloccato con bloccaggio del riparo secondo EN ISO 14119:2025.
- L'apertura della porta attiva SF-01 «Arresto sicuro, categoria di arresto 1».
- Il bloccaggio del riparo mantiene la porta chiusa finché il robot non si è arrestato in modo sicuro.
- Sblocco di fuga da prevedere secondo EN ISO 14119:2025, punto 6.9.1.
- SF-01 è specificata con PLr d; integrazione nel sistema di comando di sicurezza secondo EN ISO 13849-1:2023.
- Protezione contro la manomissione dei dispositivi di protezione: il dispositivo di interblocco della porta di manutenzione è protetto contro l'elusione secondo EN ISO 14119:2025, punto 8: attuatore con codifica di livello elevato secondo EN ISO 14119:2025, interruttore e attuatore montati con elementi di fissaggio non rimovibili.
- Inoltre: i pannelli della recinzione perimetrale devono essere fissati in modo da poter essere rimossi solo con un utensile (nessun fissaggio a sgancio rapido), così da escludere l'apertura non autorizzata senza utensile.
- Dispositivi di arresto di emergenza (SF-03): dispositivi di arresto di emergenza al pulpito di comando, alla porta di manutenzione e sul pendant di programmazione secondo EN ISO

13850:2015, integrati in SF-03 «Arresto di emergenza dell'impianto completo, categoria di arresto 1», PLr d.

- Protezione contro il riavvio inatteso: isolamento dell'energia e prevenzione del riavvio secondo EN ISO 14118:2018 da garantire; riavvio dopo l'apertura della porta solo tramite riarmo deliberato da un pulpito di comando situato al di fuori della zona pericolosa.
- Modalità di regolazione (SF-05): in modalità di regolazione movimento del robot solo a velocità ridotta in sicurezza di 250 mm/s e con dispositivo di abilitazione secondo SF-05, PLr d; integrazione secondo EN ISO 10218-2:2025, punti 5.5.6 e 5.7.7, ed EN ISO 13849-1:2023.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): descrizione delle regole di accesso allo spazio di lavoro del robot, divieto di scavalcare la recinzione perimetrale, procedura di isolamento dell'energia prima dell'ingresso (lockout/tagout secondo EN ISO 14118:2018), requisiti di qualifica per operatori e personale addetto alla regolazione (istruzione sulla sicurezza del robot secondo EN ISO 10218-2:2025).
- Segnalazione di avvertimento sulla recinzione perimetrale e alla porta di manutenzione: segnale di avvertimento W018 «Pericolo: avviamento automatico» secondo EN ISO 7010:2020 e segnale di divieto supplementare «Accesso vietato alle persone non autorizzate» (ASR A1.3 tedesca, D-P006).
- La segnaletica deve essere applicata in modo ben visibile e permanente.
- Istruzione: il personale operativo e il personale addetto alla regolazione devono essere istruiti prima della prima messa in servizio e successivamente a intervalli regolari.
- L'accesso non autorizzato deve essere impedito con misure organizzative (controllo degli accessi, interruttore a chiave per la selezione della modalità operativa secondo EN ISO 10218-2:2025, punto 5.7.2).
- Avvertenza sul rischio residuo nelle istruzioni per l'uso: nonostante tutte le misure di protezione, in caso di manomissione dei dispositivi di protezione sussiste un rischio residuo; avviso sulle conseguenze penali e di responsabilità della manomissione.

**Materiali/sostanze**

Pericolo dovuto al gas di protezione (miscela argon-CO2 M21) in caso di perdita: Argon e CO2 sono più pesanti dell'aria, per cui il gas di protezione può accumularsi in prossimità del pavimento; in caso di perdite maggiori in ambienti poco ventilati sussiste il rischio di asfissia per spostamento dell'ossigeno.

Fasi del ciclo di vita: Funzionamento, Manutenzione, Ricerca guasti

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Limitazione della pressione nel sistema di tubazioni: limitare la pressione di esercizio dell'alimentazione del gas di protezione al livello minimo necessario per il processo di saldatura (regolatore di pressione al collegamento di alimentazione della cella).
- Una pressione di sistema più bassa riduce la quantità di gas che fuoriesce in caso di guasto e quindi il potenziale di accumulo.
- Inoltre: progettare il percorso delle tubazioni e i punti di collegamento in modo da ridurre al minimo le perdite per via progettuale: impiego di raccordi a compressione con anello tagliente o di raccordi pressati al posto di fascette stringitubo sui tratti di tubazione fissi; ridurre le lunghezze dei tubi flessibili al minimo necessario per l'esercizio; nessuna posa di tubazioni in prossimità del pavimento in fosse o vani chiusi (posa vicino al soffitto, ove possibile).
- Queste misure agiscono direttamente sulla fonte di energia (gas in pressione accumulato) e sul luogo del pericolo (zona di accumulo).
- Intercettazione automatica dell'alimentazione del gas: elettrovalvola (chiusa a riposo) nella linea di alimentazione del gas di protezione, che interrompe automaticamente l'alimentazione del gas all'arresto della macchina, all'arresto di emergenza (SF-03) e durante le pause operative; inoltre una valvola di intercettazione manuale all'esterno della cella.
- Monitoraggio delle perdite: verifica di plausibilità del consumo di gas tramite il sistema di comando della macchina (segnalazione quando si verifica un flusso di gas senza processo di saldatura attivo, come indicatore di perdita); controllo visivo giornaliero dei raccordi dei tubi flessibili come requisito di manutenzione.
- Installazione dell'alimentazione del gas di protezione prevista in loco (centrale di bombole o stazione di prelievo) in un'area ventilata del capannone, non in fosse, scantinati o nicchie anguste.
- In caso di installazione in aree poco ventilate, l'utilizzatore è tenuto a prevedere un dispositivo di allarme per l'ossigeno (avviso nelle istruzioni per l'uso).
- Per questo pericolo non è necessaria una funzione di sicurezza con requisito di PLr; il rischio è controllato mediante intercettazione, luogo di installazione e ventilazione.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): avviso sul rischio di asfissia per spostamento dell'ossigeno in caso di perdite maggiori in aree poco ventilate; requisito di un'adeguata ventilazione del capannone nel luogo di installazione; lavori sull'alimentazione del gas solo con linea intercettata e depressurizzata (EN ISO 14118:2018).
- Qualifica: lavori su tubazioni e raccordi di gas compresso solo da parte di personale specializzato istruito; istruzione secondo la DGUV Regel 100-500, capitolo 2.26, e secondo TRGS 528 (obbligo

dell'utilizzatore).

- Segnalazione di avvertimento: segnale di avvertimento generale W001 secondo EN ISO 7010:2020 con il testo supplementare «Pericolo di asfissia dovuto al gas di protezione» nel luogo di installazione dell'alimentazione del gas; segnale di divieto supplementare «Accesso vietato alle persone non autorizzate» (ASR A1.3 tedesca, D-P006) sulle aree di alimentazione chiuse a chiave.
- Per i lavori in aree anguste o poco ventilate (ad es. sostituzione di bombole in nicchie): utilizzare un dispositivo portatile di allarme per l'ossigeno; non lavorare da soli.

**Termico**

Pericolo di incendio nell'impianto di aspirazione dei fumi di saldatura (incendio del filtro): Scintille e particelle incandescenti aspirate dal processo possono accumularsi nella cartuccia filtrante e innescare un fuoco covante o un incendio del filtro, anche con ritardo dopo la fine del turno. Il fumo dell'incendio può diffondersi nel capannone attraverso il sistema di tubazioni e il ricircolo dell'aria.

Fasi del ciclo di vita: Funzionamento, Manutenzione

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Riduzione delle scintille nel punto di origine mediante la configurazione dei parametri di saldatura e la geometria di aspirazione: progettare la cappa di aspirazione sopra l'area di saldatura e il percorso dei condotti in modo che le scintille aspirate si siano raffreddate prima di raggiungere la cartuccia filtrante.
- Inoltre prevedere un separatore di scintille preliminare (lamiera deflettrice/separatore a ciclone) come componente integrato direttamente a monte della cartuccia filtrante, che separa per inerzia le particelle grossolane e le scintille prima del contatto con il mezzo filtrante.
- Questo componente è parte integrante della progettazione dell'impianto di aspirazione e non un dispositivo di protezione a valle.
- Progettazione secondo EN ISO 21904-1:2020 (requisiti per gli impianti di aspirazione dei fumi di saldatura).
- Il rischio residuo rimanente di un incendio del filtro è limitato dalle seguenti misure di protezione tecniche:
- Monitoraggio termico della cartuccia filtrante: sensore di temperatura (termostato o termocoppia) nell'alloggiamento del filtro con soglia di intervento; al superamento, spegnimento automatico del ventilatore di aspirazione e chiusura di una serranda di intercettazione motorizzata nel sistema di tubazioni per impedire l'apporto di ossigeno.
- Integrazione nel sistema di comando della macchina come interblocco operativo senza requisito di PL ai sensi di EN ISO 13849-1, non gli viene riconosciuta alcuna riduzione del rischio; la cella si arresta in modo controllato e può essere riavviata solo dopo l'eliminazione del guasto.
- Dispositivo di spegnimento sull'alloggiamento del filtro: almeno un'apertura di immissione dell'agente estinguente richiudibile (lancia di spegnimento) sull'alloggiamento; un dispositivo di spegnimento automatico non fa parte della fornitura e, se necessario, viene aggiunto dall'utilizzatore secondo il proprio concetto di protezione antincendio.
- Serranda di intercettazione motorizzata nel condotto di ricircolo dell'aria verso il capannone: chiusura automatica in caso di allarme incendio per impedire la propagazione del fumo nel capannone.
- Integrazione nel sistema di comando della macchina come interblocco operativo senza requisito di PL.
- Rilevatori di fumo e di CO nell'alloggiamento del filtro e nel condotto dell'aria di scarico come livello di rilevamento ridondante, con inoltro dell'allarme a un luogo presidiato in permanenza o a una centrale di allarme antincendio (responsabilità dell'utilizzatore, da concordare con il concetto di protezione antincendio dell'edificio).

- Tempo di funzionamento residuo del ventilatore di aspirazione dopo la fine della saldatura: programmare a livello del sistema di comando un tempo minimo di funzionamento residuo di 10 minuti, in modo che le particelle incandescenti ancora presenti nelle tubazioni siano trasportate completamente nel separatore e raffreddate prima dello spegnimento dell'impianto.
- Dimensionamento del tempo di funzionamento residuo in base alla lunghezza delle tubazioni e alla portata volumetrica.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (ai sensi del regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4):
- Riferimento al pericolo di incendio dovuto a scintille e particelle incandescenti nell'impianto filtrante; descrizione del meccanismo di danno, compresa l'accensione ritardata.
- Il tempo prescritto di funzionamento residuo del ventilatore di aspirazione dopo la fine della saldatura (valore minimo derivante dalla progettazione) come istruzione operativa vincolante.
- Intervalli di manutenzione per cartucce filtranti, separatori di scintille preliminari e sensori di temperatura; indicazione del livello di carico al quale la cartuccia filtrante deve essere sostituita (indicazione del fabbricante, EN ISO 21904-1:2020).
- Divieto di far funzionare l'impianto di aspirazione con un sensore di temperatura difettoso o una serranda di intercettazione inefficace.
- Procedura in caso di allarme incendio: abbandonare immediatamente l'impianto, allertare i vigili del fuoco, non tentare di intervenire autonomamente sull'alloggiamento del filtro (l'apertura può alimentare un fuoco covante).
- Avviso che al termine di un turno, prima di lasciare l'edificio, deve essere eseguito un controllo visivo dell'alloggiamento del filtro (temperatura, odore).
- Segnalazione di avvertimento sull'impianto di aspirazione:
- Segnale di avvertimento generale W001 secondo EN ISO 7010:2020 con il testo supplementare «Pericolo di incendio dovuto a scintille nel filtro» sull'alloggiamento del filtro e sull'apertura di manutenzione.
- Cartello con testo «Non aprire in caso di allarme incendio» sullo sportello di manutenzione dell'alloggiamento del filtro.
- Qualifica e istruzione:
- Il personale operativo e il personale di manutenzione devono essere istruiti prima di iniziare il lavoro e successivamente almeno una volta l'anno sul pericolo di incendio, sul funzionamento dei dispositivi di protezione e sul corretto comportamento in caso di incendio (obbligo dell'utilizzatore).
- I lavori di manutenzione sull'impianto filtrante solo da parte di personale istruito con DPI adeguati (guanti di protezione e, ove applicabile, protezione delle vie respiratorie durante la sostituzione del filtro a causa dell'esposizione ai fumi di saldatura).

**Ergonomico**

Pericolo dovuto a posture forzate e movimenti ripetitivi durante il carico e lo scarico dei pezzi: L'operatore esegue ripetutamente movimenti di presa, sollevamento e serraggio con un ciclo di circa 90 secondi; le posture sfavorevoli del corpo (flessione, estensione) con geometrie variabili dei pezzi sollecitano la colonna vertebrale, le spalle e i polsi.

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Stazione di carico regolabile in altezza (pedana di lavoro in piedi regolabile in altezza per l'operatore), progettata per l'intervallo di statura da P5 a P95 della popolazione di operatori secondo EN ISO 14738:2008 ed EN 1005-4 (altezza di lavoro per assemblaggio/movimentazione: circa da 900 a 1100 mm sopra il piano di appoggio, regolabile individualmente).
- Progettare il portapezzi o l'attrezzatura di serraggio in modo che tutti i punti di presa si trovino nella zona di presa raccomandata (altezza del gomito ±150 mm, raggio d'azione orizzontale max. 400 mm davanti al corpo), senza flessione né estensione.
- Il peso del pezzo e la frequenza di movimentazione sono stati valutati con la massa di riferimento secondo EN 1005-2:2003+A1:2008: per circa 40 sollevamenti all'ora il fabbricante ha fissato una soglia di 15 kg per la movimentazione manuale; i pezzi più pesanti, fino a 40 kg, vengono caricati con un ausilio di sollevamento.
- Progettare la geometria di presa dell'attrezzatura di serraggio per una posizione neutra del polso (nessuna deviazione ulnare/radiale, nessuna pronazione forzata) secondo EN ISO 12100:2010, punto 6.2.8.
- Per pezzi oltre 15 kg alla stazione di carico deve essere utilizzato un ausilio di sollevamento (bilanciatore, sollevatore a ventosa o gru a bandiera) con portata di almeno 40 kg.
- L'ausilio di sollevamento è messo a disposizione in loco dall'utilizzatore e non fa parte della fornitura; lo spazio libero necessario per il suo impiego è previsto alla stazione di carico.
- Il sistema di comando della macchina non impone un ciclo forzato: il ciclo successivo parte solo quando l'operatore preme il pulsante di avvio del ciclo, in modo da consentire micropause.
- Garantire alla stazione di carico un'illuminazione di almeno 500 lx (compito visivo: posizionamento del pezzo) per evitare posture scorrette dovute a visibilità insufficiente.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): indicazione della massa o delle masse dei pezzi, della valutazione della movimentazione manuale dei carichi secondo EN 1005-2:2003+A1:2008 e delle posture di lavoro secondo EN 1005-4; istruzioni per la corretta regolazione dell'altezza di lavoro con una guida alla regolazione.
- Istruzione ergonomica per gli operatori: corretta tecnica di sollevamento, uso dell'ausilio di sollevamento, riconoscimento dei segnali di sovraccarico.
- Riferimento nelle istruzioni per l'uso all'obbligo dell'utilizzatore in materia di sorveglianza sanitaria ai sensi del regolamento tedesco sulla medicina del lavoro (ArbMedVV), ossia l'offerta di sorveglianza sanitaria per attività che comportano lavoro fisico pesante.
- Segnalazione di avvertimento alla stazione di carico: cartello con testo «Movimentazione manuale solo fino a 15 kg, oltre questo valore usare l'ausilio di sollevamento».

- Requisito di qualifica: gli operatori devono essere istruiti sul corretto utilizzo ergonomico e sulla regolazione della pedana di lavoro in piedi.

**Manipolazione/sicurezza informatica**

Evidenze mancanti o incomplete degli interventi (registrazione): Gli interventi su hardware, software o configurazione rilevanti per la sicurezza non vengono registrati oppure vengono registrati senza marca temporale e autore; i registri si sovrascrivono dopo breve tempo o sono esposti a manipolazione. Gli interventi non autorizzati restano inosservati e la traccia di audit non è disponibile su richiesta delle autorità. [regolamento macchine (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.1.9, secondo comma; punto 1.1.9, quinto comma; punto 1.2.1, secondo comma, lettera f)]

Fasi del ciclo di vita: Funzionamento, Manutenzione, Ricerca guasti

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Prevedere la registrazione degli eventi come funzione fissa del sistema di comando (non disattivabile dall'operatore), con memoria non volatile di dimensioni adeguate.
- Registrazione degli eventi rilevanti per la sicurezza con marca temporale, identità dell'utente e contenuto della modifica (accesso, modifica di parametri e configurazione, caricamento di software con versione e checksum, apertura di gruppi costruttivi rilevanti per la sicurezza, sessioni di accesso remoto), protezione contro la cancellazione e la modifica, esportazione in forma leggibile, conservazione dei caricamenti e dei dati associati fino a cinque anni dopo il caricamento (allegato III, punto 1.2.1, secondo comma, lettera f)).
- Riferimento delle evidenze percorso B: IEC 62443-3-3 SR 2.8, SR 2.9, SR 2.11, SR 3.9, SR 6.1.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso: accesso ai registri ed esportazione, obblighi di conservazione dell'utilizzatore in caso di cessione della macchina, procedura in caso di richiesta dell'autorità, avvertenza sulla capacità di memoria e sulla sincronizzazione oraria.

**Manipolazione/sicurezza informatica**

Dati di produzione o di ricetta falsificati provenienti da MES o cloud: I dati di ordine e di ricetta acquisiti da MES, ERP o piattaforma cloud (ad es. parametri di saldatura, numero di programma o assegnazione del pezzo) sono falsificati, obsoleti o destinati a una macchina sbagliata. La macchina opera con specifiche al di fuori dei limiti di sicurezza o con un riferimento errato a pezzo e programma. [regolamento macchine (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.1.9, terzo comma; punto 1.2.1, secondo comma, lettera b); punto 1.2.1, secondo comma, lettera d)]

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Fissare i limiti di sicurezza nel sistema di comando di sicurezza indipendentemente dai dati di ricetta acquisiti; i dati di ricetta controllano solo parametri di processo entro tali limiti (allegato III, punto 1.2.1, secondo comma, lettera d)).
- Verifica dell'integrità e dell'origine dei set di dati acquisiti (firma o checksum, assegnazione di macchina e utensile), controllo di plausibilità rispetto agli intervalli ammessi con rifiuto e segnalazione, fase di rilascio da parte di personale autorizzato per le nuove ricette, registro dei set di dati acquisiti.
- Riferimento delle evidenze percorso B: IEC 62443-3-3 SR 3.1, SR 3.4, SR 3.5, SR 1.2.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso: responsabilità dell'utilizzatore per la qualità dei dati, descrizione dei controlli e dei messaggi, istruzione in caso di set di dati rifiutati.

**Manipolazione/sicurezza informatica**

Accesso remoto non autorizzato o errato tramite il gateway di manutenzione remota: Attraverso la connessione VPN IPsec del gateway di manutenzione remota, una persona non autorizzata con credenziali rubate oppure un tecnico autorizzato nel momento sbagliato interviene sul sistema di comando della cella: modifica del programma o dei parametri, riarmo di guasti o avvio di movimenti mentre sono presenti persone alla stazione di carico o nel corridoio di manutenzione. [regolamento macchine (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.1.9, primo comma; punto 1.1.9, terzo comma; punto 1.2.1, secondo comma, lettera a); punto 1.2.1, secondo comma, lettera d)]

Fasi del ciclo di vita: Funzionamento, Manutenzione, Ricerca guasti

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Accesso remoto progettato in modo da non poter attivare movimenti pericolosi né eludere funzioni di sicurezza: il gateway di manutenzione remota raggiunge solo il sistema di comando standard e il pannello HMI; il PLC di sicurezza non ha alcun percorso di accesso remoto.
- I comandi di movimento e il riarmo dei guasti sono possibili solo da postazioni di comando con vista sulla zona pericolosa (allegato III, punto 1.2.2).
- Manutenzione remota disattivata alla consegna; una sessione può essere abilitata solo in loco con l'interruttore a chiave al pulpito di comando, termina automaticamente dopo quattro ore ed è indicata sul pannello HMI come «Manutenzione remota attiva»;
- VPN IPsec con autenticazione a più fattori e account personali per i tecnici remoti; registrazione di ogni sessione con utente, ora e azioni eseguite, conservazione secondo l'allegato III, punto 1.2.1, secondo comma, lettera f).
- Riferimento delle evidenze percorso B: IEC 62443-3-3 SR 1.1, SR 1.13, SR 2.1, SR 2.8, SR 3.8.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (capitolo 13.3): procedura per l'abilitazione e la conclusione delle sessioni di manutenzione remota, obbligo di disponibilità in loco di una persona responsabile, azione in caso di sospetto accesso non autorizzato (terminare la sessione con l'interruttore a chiave, informare il fabbricante), referente per le comunicazioni di sicurezza del fabbricante.

### Fase del ciclo di vita: Manutenzione

#### Materiali/sostanze

Pericolo dovuto alla polvere del filtro durante la sostituzione della cartuccia filtrante dell'aspirazione dei fumi di saldatura: La cartuccia filtrante contiene fumi di saldatura separati con ossidi metallici e particelle fini; se sostituita senza adeguate misure di protezione delle vie respiratorie, le polveri vengono rilasciate e inalate.

Fasi del ciclo di vita: Manutenzione, Pulizia

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Contenimento della polvere per via progettuale durante la sostituzione del filtro: l'unità filtrante è dotata di un sistema bag-in/bag-out integrato, in modo che la cartuccia filtrante contaminata possa essere rimossa e sigillata in un sacchetto di plastica chiuso senza contatto diretto con la polvere.
- Per via progettuale si riduce così al minimo il rilascio di polvere alla fonte (sostituzione della rimozione aperta con una procedura di sostituzione chiusa secondo EN ISO 12100, punto 6.2.4).
- Inoltre: l'impulso di pulizia (getto di pressione) prima della sostituzione è consentito SOLO con alloggiamento chiuso e impianto di aspirazione disattivato, per compattare i depositi di polvere nella cartuccia e ridurre il rilascio all'apertura.
- Misure di protezione tecniche per il rischio residuo (polvere residua all'apertura dell'alloggiamento e nella manipolazione della cartuccia):
- Alloggiamento di aspirazione con interblocco della depressione: l'alloggiamento del filtro può essere aperto per via progettuale solo con ventilatore spento e impianto depressurizzato (interblocco meccanico, nessuna funzione di sicurezza con requisito di PLr, poiché non è coinvolto alcun azionamento di movimento).
- Aspirazione locale nel punto di sostituzione: sull'alloggiamento del filtro deve essere previsto un bocchettone di collegamento per un'unità di aspirazione mobile (aspirapolvere industriale classe di polvere H secondo EN 60335-2-69, idoneo per polveri da fumi di saldatura); viene attivato durante la sostituzione e cattura le particelle residue rilasciate.
- Marcatura dell'unità filtrante: sull'alloggiamento del filtro deve essere applicato in modo permanente il segnale di avvertimento generale W001 secondo EN ISO 7010:2020 con il testo supplementare «Polvere nociva».

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (capitolo 10.2): istruzioni dettagliate passo per passo per la sostituzione del filtro con descrizione della procedura bag-in/bag-out; informazioni sulla composizione delle polveri separate (ossidi metallici, particelle fini, eventualmente sostanze CMR a seconda del materiale di saldatura); avviso di smaltimento (le cartucce filtranti contaminate devono essere smaltite come rifiuti pericolosi secondo la normativa sui rifiuti applicabile).
- Requisito di qualifica: la sostituzione del filtro deve essere eseguita solo da personale specializzato formato e informato sul pericolo delle polveri dei fumi di saldatura.
- Specifica dei DPI: durante la sostituzione del filtro devono essere indossati almeno: semimaschera filtrante FFP3 secondo EN 149 per particelle fini e ossidi metallici; guanti di

protezione (resistenti agli agenti chimici); occhiali di protezione (protezione dalle particelle).

- I requisiti relativi ai DPI devono essere specificati in modo permanente nelle istruzioni per l'uso e mediante il segnale di prescrizione «Protezione delle vie respiratorie obbligatoria» (M017 secondo EN ISO 7010:2020) sull'alloggiamento del filtro.
- Riferimento alla normativa in materia di sicurezza e salute sul lavoro: l'utilizzatore deve essere informato dei propri obblighi ai sensi di TRGS 528 (lavori di saldatura) e dell'regolamento tedesco sulle sostanze pericolose (GefStoffV), in particolare per quanto riguarda la valutazione del rischio per le polveri CMR e la messa a disposizione di DPI idonei.

**Meccanico**

Pericolo dovuto all'energia pneumatica residua durante i lavori di manutenzione e di eliminazione dei guasti: Dopo lo spegnimento dell'alimentazione di aria compressa, nelle linee e nei cilindri del dispositivo di serraggio rimane una pressione residua; un rilascio incontrollato della pressione può causare movimenti improvvisi degli elementi di serraggio e ferire persone o proiettare pezzi.

Fasi del ciclo di vita: Manutenzione, Ricerca guasti

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Limitazione per via progettuale dell'energia pneumatica residua: in caso di calo di pressione, i dispositivi di serraggio a chiusura pneumatica trattengono il pezzo mediante una valvola di non ritorno pilotata (valvola di mantenimento della pressione) nella linea di serraggio; il pressostato monitora la pressione di serraggio (SF-04).
- Il volume intrappolato tra la valvola di mantenimento della pressione e il cilindro è ridotto al minimo per via progettuale (linee corte, valvole di mantenimento della pressione montate direttamente sul cilindro), in modo che resti accumulata solo una piccola quantità di energia.
- Prima di qualsiasi intervento, la pressione di serraggio intrappolata viene scaricata aprendo i dispositivi di serraggio; in caso di guasto viene scaricata in modo controllato mediante il comando manuale di emergenza della valvola di mantenimento della pressione.
- Progettazione secondo EN ISO 4414:2010.
- Nota: la gravità di un evento di energia residua rimanente è ridotta da questa misura, poiché l'energia cinetica degli elementi di serraggio è notevolmente inferiore con un piccolo volume residuo e uno scarico strozzato.
- Valvola di intercettazione per la manutenzione con funzione di sfiato (predisposta per lockout/tagout) secondo EN ISO 4414:2010 ed EN ISO 14118:2018: installare all'ingresso del dispositivo di serraggio pneumatico una valvola di intercettazione con sfiato controllato integrato (funzione di scarico progressivo); in posizione di intercettazione la valvola deve scaricare in modo controllato e strozzato il tratto di linea a valle prima che sia possibile qualsiasi intervento.
- La valvola deve essere assicurata con un lucchetto (dispositivo di lockout).
- Manometro o indicatore di pressione sul tratto di linea tra la valvola di intercettazione e il cilindro, in modo che l'operatore possa verificare visivamente la riduzione della pressione a 0 bar (EN ISO 4414:2010).
- Indicatore di pressione residua all'accesso di manutenzione: prima di qualsiasi intervento si verifica l'assenza di pressione sull'indicatore di pressione residua; l'indicatore è un dispositivo operativo senza requisito di PL ai sensi di EN ISO 13849-1:2023.
- Riparo: i dispositivi di serraggio si trovano all'interno della recinzione perimetrale (EN ISO 14120:2015); l'accesso per la manutenzione e l'eliminazione dei guasti avviene attraverso la porta di manutenzione con bloccaggio del riparo secondo EN ISO 14119:2025 (SF-01, PLr d).

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): istruzione di lavoro per la manutenzione e l'eliminazione dei guasti sul dispositivo di serraggio pneumatico con procedura esplicita passo per passo: (a) rimuovere il pezzo e aprire i dispositivi di serraggio, (b) intercettare

l'alimentazione di aria compressa alla valvola di intercettazione per la manutenzione e attendere lo sfiato, (c) in caso di guasto, scaricare l'eventuale pressione residua intrappolata mediante il comando manuale di emergenza della valvola di mantenimento della pressione, quindi verificare che l'indicatore di pressione residua indichi 0 bar, (d) applicare il lucchetto di lockout, (e) solo allora intervenire sull'impianto.

- Includere un avviso sul pericolo dovuto alla pressione residua e alla proiezione di pezzi.
- Segnalazione di avvertimento sul dispositivo di serraggio e sulla valvola di intercettazione: segnale di avvertimento generale W001 secondo EN ISO 7010:2020 con il testo supplementare «Pressione residua nell'attrezzatura di serraggio»; segnale informativo «Prima dell'intervento: scaricare a 0 bar e bloccare la valvola di intercettazione».
- Requisito di qualifica: lavori di manutenzione e di eliminazione dei guasti sull'impianto pneumatico solo da parte di specialisti istruiti con conoscenza delle regole di sicurezza pneumatiche (EN ISO 4414:2010).
- Specifica dei DPI: prescrivere occhiali di protezione (protezione degli occhi da parti proiettate) e guanti di protezione all'apertura dei collegamenti pneumatici.

## Fase del ciclo di vita: Messa fuori servizio

### Meccanico

Pericolo durante lo smontaggio della cella al termine della vita utile: Durante lo smontaggio dei segmenti della recinzione perimetrale, del telaio di base del robot e del quadro elettrico sorgono pericoli dovuti a componenti pesanti (schiacciamento, caduta), a energia residua nelle linee (aria compressa, elettrica) e a spigoli vivi sulle parti in lamiera.

**MISURE DI PROTEZIONE PRESENTI SULLA MACCHINA**

- Progettare i segmenti della recinzione perimetrale, il telaio di base del robot e il quadro elettrico con punti di sollevamento standardizzati (ad es. fori filettati per golfari secondo DIN 580 o occhielli per gru integrati), in modo che ciascun componente possa essere imbracato singolarmente e in posizione assicurata senza che le persone debbano sostare sotto il carico sospeso.
- Sbavare già in fase di progettazione gli spigoli della lamiera su parti dell'involucro e profili della recinzione perimetrale e raccordarli con un raggio >= 0,5 mm (disegno di fabbricazione) per ridurre intrinsecamente il rischio di tagli.
- Progettare le linee pneumatiche con uno stato predefinito a riposo in caso di isolamento dell'energia: scegliere le valvole in modo che, allo spegnimento dell'alimentazione di aria compressa, le linee vengano scaricate automaticamente (ritorno a molla in posizione di scarico secondo EN ISO 4414:2010); la pressione intrappolata nei cilindri di serraggio dalla valvola di mantenimento della pressione viene scaricata prima dello smontaggio aprendo i dispositivi di serraggio.
- Isolamento dell'energia e diseccitazione prima dell'inizio dello smontaggio: individuare il dispositivo di sezionamento dell'energia elettrica (sezionatore principale con possibilità di blocco secondo EN 60204-1:2018, punto 5.3) e la valvola di intercettazione con funzione di sfiato per l'aria compressa (EN ISO 4414:2010) e bloccarli in uno stato assicurato e diseccitato prima di iniziare lo smontaggio (procedura lockout/tagout secondo EN ISO 14118:2018).
- Verificare l'assenza di tensione mediante misura prima di aprire il quadro elettrico e i collegamenti delle linee.
- Movimentazione dei carichi: per componenti con peso singolo superiore a 25 kg (massa di riferimento secondo EN 1005-2:2003+A1:2008) devono essere impiegati mezzi di sollevamento idonei (gru, transpallet, sollevatore a ventosa) con portata adeguata e marcatura CE (punti di sollevamento e pesi: vedere le istruzioni per l'uso, capitoli 5.2 e 5.3).
- Distanza di sicurezza durante il sollevamento: divieto di sostare sotto carichi sospesi secondo la procedura operativa; recinzione di sbarramento attorno all'area di smontaggio.

**AVVERTENZE PER L'UTILIZZATORE**

- Istruzioni per l'uso (capitolo 11, regolamento (UE) 2023/1230, allegato III, punto 1.7.4): istruzioni di smontaggio passo per passo con una sequenza definita (prima isolamento dell'energia e sfiato, poi smontaggio meccanico); dati di peso e posizione del baricentro per ciascun componente; indicazione dei punti di sollevamento con uno schema; riferimento alla procedura lockout/tagout secondo EN ISO 14118:2018.

- Segnalazione di avvertimento sul quadro elettrico e sul distributore pneumatico: segnale di avvertimento «Pericolo: elettricità» (W012 secondo EN ISO 7010:2020) e un segnale informativo che indica la possibile pressione residua nelle linee pneumatiche.
- Requisito di qualifica: lo smontaggio deve essere eseguito solo da personale specializzato con formazione in elettrotecnica (per i lavori sull'equipaggiamento elettrico) e istruzione sull'uso dei mezzi di sollevamento.
- Specifica dei DPI: guanti di protezione contro i rischi meccanici (EN 388), calzature di sicurezza S3 (EN ISO 20345), casco di protezione durante l'uso dei mezzi di sollevamento.

# 3 Dati tecnici

- Macchina/impianto: Cella di saldatura robotizzata RSZ-2600 (insieme di macchine)
- Tipo/modello: RSZ-2600
- Numero di serie: RSZ2600-2026-0001
- Anno di costruzione: 2026
- Tipo di macchina: insieme di macchine ai sensi dell'art. 3, punto 1, lettera d), del regolamento macchine
- Modalità operative: Automatico, Regolazione
- Targa dati: sulla parete laterale destra del quadro elettrico; dati riportati: fabbricante, tipo, numero di serie, anno di costruzione, valori di allacciamento elettrico, peso, marcatura CE

## 3.1 Dotazione

Dimensioni e pesi: superficie occupata dalla cella circa 6,5 x 4,0 m; altezza 2,6 m; peso totale circa 4.600 kg. Gruppi singoli più pesanti: tavola girevole a due stazioni circa 1.900 kg, robot con basamento circa 850 kg, quadro elettrico circa 350 kg, generatore di corrente di saldatura con unità trainafilo circa 120 kg, unità di aspirazione dei fumi di saldatura circa 250 kg, segmenti della recinzione perimetrale in totale circa 400 kg; pulpito di comando, cablaggio, installazione dei fluidi e minuteria circa 730 kg.

Dati del pezzo: peso massimo del pezzo 40 kg; ingombro massimo del pezzo 800 x 600 x 400 mm; materiali: acciaio non legato e basso legato; tempo di ciclo circa 90 secondi.

Equipaggiamento elettrico: tensione nominale 400 V AC, 3/N/PE, 50 Hz; sistema TN-S; potenza allacciata 32 kVA; protezione con fusibili lato alimentazione 63 A gG; tensione di comando 24 V DC; dispositivo di protezione a corrente differenziale di tipo B; equipaggiamento elettrico progettato secondo EN 60204-1.

Tecnica di saldatura: generatore di corrente di saldatura MAG 400 A con fattore di servizio del 60 per cento; tensione a vuoto massima 80 V; classe di protezione I, grado di protezione IP23S; unità trainafilo per diametri del filo da 1,0 a 1,2 mm; torcia di saldatura raffreddata ad acqua con gruppo di raffreddamento e monitoraggio della temperatura sul collo della torcia; stazione di pulizia della torcia con unità spray e tranciafilo; gas di protezione miscela M21 secondo EN ISO 14175 (fornito dal cliente), portata circa 15 l/min.

Robot: robot industriale a braccio articolato con 6 assi; sbraccio 2.600 mm; carico utile 12 kg; ripetibilità +/- 0,05 mm; velocità ridotta in sicurezza in modalità di regolazione al massimo 250 mm/s al TCP.

Tavola girevole: tavola girevole a due stazioni con asse di rotazione verticale, rotazione di 180 gradi; portata 2 x 40 kg più attrezzature di serraggio; tempo di rotazione circa 3 secondi; dispositivi di serraggio dei pezzi a chiusura pneumatica con pressostato, valvola di non ritorno pilotata (valvola di mantenimento della pressione) e sensore di presenza del pezzo in ciascuna stazione.

Attrezzature di serraggio specifiche per il pezzo dell'utilizzatore: al massimo 60 kg per stazione; profilo di interferenza secondo il piano di installazione RSZ-2600-LAY-001; isolate elettricamente dal telaio della tavola; dispositivi di serraggio a chiusura pneumatica con valvola di mantenimento della pressione e collegati al monitoraggio della pressione di serraggio (SF-04); il fabbricante approva le nuove attrezzature prima del loro primo utilizzo.

Impianto pneumatico: pressione di esercizio 6 bar; qualità dell'aria compressa priva di olio secondo ISO 8573-1; attacco G 1/2; consumo medio di aria circa 90 Nl/min.

Illuminazione del posto di lavoro: integrata nella macchina secondo EN 1837; 500 lx alla stazione di carico, 200 lx nel corridoio di manutenzione; segnalazione di guasto sul pannello HMI.

Aspirazione dei fumi di saldatura: capacità di aspirazione 1.800 m³/h; cartuccia filtrante della classe di fumi di saldatura W3 (efficienza di separazione di almeno il 99 per cento, verificata secondo EN ISO 21904-2; requisito derivante dalla valutazione del rischio secondo la regola tecnica tedesca per le sostanze pericolose TRGS 528); funzionamento a ricircolo, attacco opzionale per l'aria di scarico; monitoraggio della capacità di aspirazione con messaggio di guasto; separatore di scintille preliminare a monte della cartuccia filtrante; monitoraggio della temperatura della cartuccia filtrante, serrande di intercettazione motorizzate e rilevatori di fumo e di CO nell'alloggiamento del filtro e nel condotto dell'aria di scarico; alloggiamento del filtro con sistema di sostituzione bag-in/bag-out per la sostituzione della cartuccia; funzionamento residuo del ventilatore di aspirazione per almeno 10 minuti dopo la fine della saldatura.

Emissione di rumore (dichiarazione secondo EN ISO 4871): livello di pressione acustica di emissione ponderato A alla stazione di carico LpA = 84 dB(A), incertezza di misura K = 2,5 dB, determinato secondo EN ISO 11202; livello di potenza acustica ponderato A LWA = 96 dB(A), incertezza KWA = 3 dB, determinato secondo EN ISO 3746 (grado di precisione 3). Condizioni di funzionamento durante la misura: modalità automatica con un programma di saldatura approvato e un tempo di ciclo di circa 90 secondi, aspirazione dei fumi di saldatura in funzione, porta di manutenzione chiusa; la posizione di misura è la stazione di carico davanti all'apertura di carico (persona in piedi). Il livello di pressione acustica di picco ponderato C alla stazione di carico non supera 130 dB(C). I valori indicati sono livelli di emissione e non necessariamente livelli di lavoro sicuri. L'utilizzatore è tenuto a mettere a disposizione protezioni dell'udito a partire da un livello di esposizione giornaliera al rumore di 80 dB(A); a partire da 85 dB(A) vige l'obbligo di indossare le protezioni dell'udito e di apporre la relativa segnaletica.

Condizioni ambientali di esercizio: temperatura ambiente da +5 a +40 gradi C; umidità relativa fino al 70 per cento, senza condensa; altitudine di installazione fino a 1.000 m sul livello del mare; solo luoghi asciutti al chiuso; nessuna atmosfera potenzialmente esplosiva; velocità dell'aria nell'area dell'apertura di carico inferiore a 0,5 m/s, in modo da non disturbare la copertura del gas di protezione.

# 4 Descrizione dell'impianto

La RSZ-2600 è una cella di saldatura MAG robotizzata per la saldatura ad arco di assiemi in acciaio con un peso del pezzo fino a 40 kg nella produzione in serie. Si tratta di una macchina speciale realizzata come esemplare unico, immessa sul mercato come insieme di macchine con un sistema di comando comune, come un'unica unità. Il principio di base: mentre l'operatore carica e scarica i pezzi alla stazione anteriore della tavola girevole a due stazioni, il robot salda alla seconda stazione dietro la parete divisoria centrale fissa. La rotazione di 180 gradi della tavola girevole alterna le stazioni con un tempo di ciclo di circa 90 secondi. Il presente capitolo descrive la struttura dell'impianto con i suoi gruppi principali, le postazioni dell'operatore e la sequenza di funzionamento.

## 4.1 Struttura e gruppi principali

L'impianto è costituito dai seguenti gruppi principali:

(1) Robot industriale a braccio articolato: 6 assi, sbraccio 2.600 mm, carico utile 12 kg, montato su un basamento in acciaio; fornito dal fabbricante del robot come quasi-macchina con dichiarazione di incorporazione UE ai sensi dell'allegato V, parte B; con sistema di comando del robot e pendant di programmazione.

(2) Tavola girevole a due stazioni: asse di rotazione verticale con rotazione di 180 gradi, parete divisoria centrale fissa con tendina di protezione per saldatura, dispositivi di serraggio dei pezzi a chiusura pneumatica con pressostato, valvola di non ritorno pilotata (valvola di mantenimento della pressione) con comando manuale di emergenza e sensore di presenza del pezzo in ciascuna stazione; lamiera deflettrice sotto la tavola girevole come dispositivo di raccolta; portata 2 x 40 kg più attrezzature di serraggio (al massimo 60 kg per stazione, per i requisiti vedere il capitolo 3.1).

(3) Attrezzatura di saldatura: generatore di corrente di saldatura MAG 400 A con fattore di servizio del 60 per cento (apparecchiatura con marcatura CE), unità trainafilo sul braccio del robot, fascio cavi, torcia di saldatura raffreddata ad acqua con gruppo di raffreddamento, monitoraggio della temperatura sul collo della torcia e giunto anticollisione, stazione di pulizia della torcia con pulizia dell'ugello, unità spray e tranciafilo.

(4) Aspirazione dei fumi di saldatura: unità di aspirazione da 1.800 m³/h con separatore di scintille preliminare, cartuccia filtrante e cappa di captazione sopra l'area di saldatura; monitoraggio della capacità di aspirazione; monitoraggio della temperatura della cartuccia filtrante, serrande di intercettazione motorizzate e rilevatori di fumo e di CO nell'alloggiamento del filtro e nel condotto dell'aria di scarico; alloggiamento del filtro con sistema di sostituzione bag-in/bag-out per una sostituzione della cartuccia a bassa emissione di polvere e con un'apertura richiudibile di immissione dell'agente estinguente.

(5) Ripari e dispositivi di protezione: riparo perimetrale (recinzione perimetrale) alto 2.200 mm con pannelli di riempimento opachi alla luce di saldatura, finestre di osservazione con protezione per saldatura e pannello di base; porta di manutenzione sul lato posteriore con interblocco, bloccaggio

del riparo, sblocco di fuga dall'interno e dispositivo di blocco per lucchetti personali; barriera fotoelettrica di tipo 4 all'apertura di carico.

(6) Sistema di comando: quadro elettrico con interruttore generale, PLC di sicurezza, sistema di comando dell'impianto e gateway di rete con firewall per la connessione dati e la manutenzione remota (vedere il capitolo 13); scambio di segnali tra tutte le macchine parziali tramite il sistema di comando comune.

(7) Pulpito di comando: pannello HMI con visualizzazione del programma, pulsanti di avvio ciclo e di riarmo, selettore delle modalità operative, interruttore a chiave per la manutenzione remota, dispositivo di arresto di emergenza; colonna luminosa (verde/gialla/rossa) sul tetto della cella; spia rossa per il periodo di blocco per raffreddamento alla stazione di prelievo.

(8) Alimentazione dei fluidi: gruppo di trattamento aria compressa con valvola di intercettazione di manutenzione bloccabile con funzione di sfiato e indicatore di pressione residua; attacco per l'alimentazione del gas di protezione fornita dal cliente con elettrovalvola (normalmente chiusa), che intercetta l'alimentazione del gas in caso di arresto della macchina, di arresto di emergenza e durante le pause di funzionamento.

(9) Illuminazione del posto di lavoro: illuminazione integrata nella macchina secondo EN 1837 con 500 lx alla stazione di carico e 200 lx nel corridoio di manutenzione; segnalazione di guasto sul pannello HMI.

## 4.2 Postazioni dell'operatore

Stazione di carico (lato anteriore): postazione di lavoro dell'operatore per il carico e lo scarico dei pezzi alla rispettiva stazione anteriore della tavola girevole. L'accesso avviene attraverso l'apertura di carico sorvegliata dalla barriera fotoelettrica. L'operatore si trova al di fuori dell'area di lavoro del robot; la parete divisoria centrale fissa protegge dall'arco e dagli spruzzi di saldatura. Una pedana regolabile in altezza adatta l'altezza di lavoro alla statura dell'operatore (altezza di lavoro circa da 900 a 1100 mm sopra il piano di appoggio); prima di iniziare il lavoro, regolare la pedana in modo che i punti di presa si trovino all'incirca all'altezza del gomito.

Pulpito di comando (accanto all'apertura di carico): pannello HMI per la selezione del programma e la visualizzazione dello stato, pulsanti di avvio ciclo e di riarmo, selettore delle modalità operative bloccabile, interruttore a chiave per la manutenzione remota, dispositivo di arresto di emergenza. Dal pulpito di comando si ha la visuale diretta sull'apertura di carico.

Pendant di programmazione (personale addetto alla regolazione): unità portatile del sistema di comando del robot con arresto di emergenza e dispositivo di abilitazione a tre posizioni per il teach-in e la movimentazione in modalità di regolazione. L'uso è riservato al personale addetto alla regolazione addestrato.

Accesso di manutenzione (lato posteriore): porta di manutenzione con interblocco e bloccaggio del riparo; accesso per lavori di manutenzione e di regolazione solo con l'impianto arrestato o in modalità di regolazione. Durante il funzionamento automatico non è prevista alcuna postazione di

lavoro all'interno della cella.

## 4.3 Descrizione del funzionamento

Sequenza di un ciclo automatico:

1. L'operatore inserisce il pezzo nell'attrezzatura di serraggio alla stazione anteriore. I dispositivi di serraggio pneumatici si chiudono; il pressostato conferma la pressione di serraggio e il sensore di presenza conferma la posizione del pezzo.

2. L'operatore esce dal campo di protezione della barriera fotoelettrica e preme il pulsante di avvio ciclo al pulpito di comando. Il sistema di comando verifica che il campo di protezione sia libero e che il riarmo di tutte le funzioni di sicurezza sia stato eseguito.

3. Dopo un avviso acustico di avviamento, la tavola girevole ruota di 180 gradi: la stazione appena caricata ruota nell'area di saldatura e la stazione con il pezzo saldato finito ruota verso l'operatore.

4. Il robot esegue il programma di saldatura approvato alla stazione posteriore. L'aspirazione dei fumi di saldatura funziona comandata dal processo; la pulizia della torcia viene eseguita sotto il controllo del programma a intervalli definiti.

5. Parallelamente, l'operatore preleva il pezzo finito alla stazione anteriore e carica il pezzo grezzo successivo. Il prelievo è abilitato solo dopo che è trascorso il periodo di blocco per raffreddamento memorizzato per il programma di saldatura e la spia rossa alla stazione di prelievo si è spenta. Il tempo di ciclo è di circa 90 secondi.

6. Al termine del programma e dopo un nuovo azionamento dell'avvio ciclo, la sequenza si ripete. In caso di guasti (ad esempio interruzione dell'arco, fine del filo, guasto dell'aspirazione), l'impianto si arresta in modo controllato; il guasto viene visualizzato sull'HMI e la colonna luminosa passa al rosso.

In modalità di regolazione (selettore a chiave), la tavola girevole e il robot possono essere movimentati solo con il dispositivo di abilitazione e a velocità ridotta in sicurezza; il ciclo automatico è inibito. Con la porta di manutenzione aperta, il generatore di corrente di saldatura è disinserito in sicurezza (SF-01); il filo può quindi avanzare solo in modalità inching a velocità di infilaggio ridotta.

# 5 Consegna, trasporto, disimballaggio

Il presente capitolo descrive la consegna, il trasporto interno allo stabilimento e il disimballaggio in sicurezza della cella di saldatura robotizzata RSZ-2600. L'impianto viene consegnato nelle seguenti unità di trasporto preassemblate: (1) robot con basamento in acciaio in posizione di trasporto bloccata su un telaio di trasporto con tasche per forche; (2) tavola girevole a due stazioni con asse di rotazione bloccato su un telaio di trasporto; (3) quadro elettrico con pulpito di comando; (4) generatore di corrente di saldatura MAG con unità trainafilo e stazione di pulizia della torcia su un pallet; (5) unità di aspirazione dei fumi di saldatura su un pallet; (6) segmenti della recinzione perimetrale, porta di manutenzione e barriera fotoelettrica in contenitori a rete. Tutte le unità sono avvolte in film e assicurate contro lo spostamento; la minuteria e la documentazione si trovano in una cassetta accessori contrassegnata nel telaio di trasporto del quadro elettrico.

## 5.1 Indicazioni di sicurezza per il trasporto e la movimentazione

Il trasporto e la movimentazione della macchina e dei suoi gruppi possono essere eseguiti solo da personale specializzato addestrato che abbia familiarità con i carichi in questione. Per tutti i lavori di trasporto e di disimballaggio indossare dispositivi di protezione individuale adeguati, in particolare calzature di sicurezza S3 secondo EN ISO 20345 e guanti di protezione idonei.

> **AVVERTENZA**
> Caduta, ribaltamento o oscillazione dei carichi durante il sollevamento e lo spostamento di gruppi pesanti. Possono derivarne la morte o lesioni gravi. Non sostare mai sotto carichi sospesi e proteggere l'area di trasporto contro l'accesso non autorizzato.

Alla consegna, controllare immediatamente la macchina per verificare la presenza di danni da trasporto visibili esternamente e la completezza. Documentare i danni rilevati e segnalarli prima dell'installazione. L'esatto ambito di fornitura è riportato nei documenti di spedizione.

## 5.2 Pesi, posizioni del baricentro e mezzi di trasporto

Le masse e le posizioni del baricentro dei singoli gruppi sono determinanti per la scelta dei mezzi di trasporto, degli apparecchi di sollevamento e degli accessori di sollevamento:

- Massa totale dell'impianto: circa 4.600 kg (ripartita su più unità di trasporto)
- Tavola girevole a due stazioni: circa 1.900 kg, baricentro in posizione centrale sopra l'asse di rotazione, posizione del baricentro contrassegnata sul telaio
- Robot con basamento in acciaio: circa 850 kg, baricentro alto; osservare il contrassegno del baricentro sul telaio di trasporto
- Quadro elettrico: circa 350 kg
- Unità di aspirazione dei fumi di saldatura: circa 250 kg
- Generatore di corrente di saldatura MAG con unità trainafilo: circa 120 kg
- Segmenti della recinzione perimetrale, in totale: circa 400 kg

- Pulpito di comando, cablaggio, installazione dei fluidi e minuteria: circa 730 kg (ripartiti su più colli)

Mezzi di trasporto ammessi: carrello elevatore a forche con portata residua sufficiente (almeno 2,5 t) e forche di lunghezza sufficiente per la tavola girevole e il robot; carroponte con accessori di sollevamento verificati (portata almeno 2 t) per il posizionamento in spazi ristretti; transpallet solo per unità su pallet fino a 300 kg. Gli apparecchi di sollevamento, i carrelli industriali e gli accessori di sollevamento devono essere dimensionati e verificati per il carico effettivo da movimentare. Utilizzare solo accessori di sollevamento in perfette condizioni e omologati, e rispettarne la portata.

## 5.3 Punti di sollevamento e sollevamento in sicurezza

Per il sollevamento utilizzare solo i punti di sollevamento e di aggancio previsti:

- Robot con basamento: quattro golfari di sollevamento contrassegnati sul basamento in acciaio; non agganciare mai accessori di sollevamento al braccio del robot, al cablaggio o al fascio cavi. In alternativa, trasporto con carrello elevatore a forche tramite le tasche per forche del telaio di trasporto.
- Tavola girevole: tasche per forche nel telaio di base o quattro golfari di sollevamento agli angoli del telaio; la parete divisoria centrale non è portante e non deve essere utilizzata come punto di sollevamento.
- Quadro elettrico: golfari di sollevamento sul tetto del quadro (rimuoverli prima della messa in servizio e sostituirli con tappi di chiusura).
- Unità su pallet (generatore di corrente, unità di aspirazione): trasporto sul pallet con carrello elevatore a forche o transpallet.

> **AVVISO**
> Accessori di sollevamento agganciati al braccio del robot, al cablaggio, al fascio cavi o alla parete divisoria centrale della tavola girevole. I riduttori, i cavi e la parete divisoria centrale vengono danneggiati. Utilizzare solo i golfari di sollevamento e le tasche per forche contrassegnati.

Agganciare il carico in modo da escludere ribaltamento, spostamento od oscillazione (angolo di inclinazione degli accessori di sollevamento non superiore a 60 gradi rispetto alla verticale, utilizzare protezioni per spigoli). Sollevare lentamente e senza strappi, guidare il carico in modo controllato e depositarlo senza urti. Durante il trasporto interno allo stabilimento assicurare il carico contro lo scivolamento e il ribaltamento. Per il trasporto su veicoli stradali si applica l'ancoraggio del carico secondo EN 12195-1.

## 5.4 Dispositivi di bloccaggio per il trasporto

Tutti i dispositivi di bloccaggio per il trasporto sono contrassegnati in rosso. Prima della messa in servizio devono essere rimossi: (1) i perni di bloccaggio dell'asse di rotazione della tavola girevole sul telaio di base; (2) i dispositivi di bloccaggio per il trasporto sugli assi del robot (il robot si trova nella posizione di trasporto contrassegnata; lo sblocco avviene secondo le istruzioni del fabbricante solo

dopo l'ancoraggio del basamento); (3) le cinghie di tensionamento e le protezioni per spigoli sui telai di trasporto; (4) le clip di bloccaggio sulla porta di manutenzione e sugli elementi della recinzione. Sequenza: rimuovere i dispositivi di bloccaggio per il trasporto solo dopo che il rispettivo gruppo è stato allineato e ancorato nel luogo di installazione definitivo (vedere il capitolo 8). Conservare tutti i dispositivi di bloccaggio per il trasporto per un successivo trasporto o per la messa fuori servizio; il luogo di conservazione previsto è il vano nello zoccolo del quadro elettrico.

## 5.5 Disimballaggio

Disimballare la macchina e i suoi gruppi su una superficie idonea, portante e piana. All'apertura dell'imballaggio procedere in modo da non mettere in pericolo né la macchina né il personale ed evitare danni a componenti montati, linee, ripari e dispositivi di protezione. Smaltire il materiale di imballaggio correttamente e nel rispetto delle disposizioni locali. Dopo il disimballaggio, controllare nuovamente la completezza sulla base dei documenti di spedizione.

## 5.6 Stoccaggio prima dell'installazione

Se la macchina deve essere stoccata temporaneamente prima dell'installazione, devono essere rispettate le condizioni di stoccaggio ammesse secondo il capitolo 6: ambienti chiusi e asciutti, da -10 a +50 gradi C, umidità relativa massima 60 per cento, senza condensa. Gli imballaggi e le coperture protettive devono restare sulla macchina fino all'installazione. Per un periodo di stoccaggio superiore a 12 mesi si applicano i controlli supplementari secondo il capitolo 6.2.

# 6 Condizioni di stoccaggio

Il presente capitolo descrive le condizioni per lo stoccaggio della cella di saldatura robotizzata RSZ-2600 nonché dei suoi componenti e gruppi tra la consegna, l'installazione e un eventuale successivo stoccaggio intermedio. Lo scopo è prevenire danni dovuti a condizioni ambientali non ammesse, a corrosione e a periodi di fermo eccessivamente lunghi.

Condizioni di stoccaggio ammesse: temperatura di stoccaggio da -10 a +50 gradi C; umidità relativa massima 60 per cento, senza condensa. La macchina deve essere conservata in ambienti chiusi, all'asciutto, pulita e protetta dalle intemperie. Devono essere evitati condensa, umidità diretta, forti escursioni termiche e atmosfere aggressive (ad esempio aria contenente sale o cloro).

La macchina contiene l'equipaggiamento elettrico, componenti pneumatici nonché un generatore di corrente di saldatura MAG con trainafilo e un impianto di aspirazione dei fumi di saldatura con cartuccia filtrante. Questi gruppi sono particolarmente sensibili all'umidità e alla sporcizia. Il sistema di comando del robot e il quadro elettrico devono essere coperti per proteggerli dalla polvere; le porte devono essere mantenute chiuse. Durante lo stoccaggio intermedio, le coperture protettive e gli imballaggi forniti dal fabbricante devono essere mantenuti o ripristinati. Il filo di saldatura deve essere conservato all'asciutto e nell'imballaggio originale.

## 6.1 Protezione dalla corrosione

Le superfici metalliche nude e non verniciate, in particolare le superfici di serraggio della tavola girevole, le guide e le attrezzature di serraggio, devono essere trattate prima dello stoccaggio con olio anticorrosivo privo di acidi o con cera protettiva. La protezione anticorrosiva deve essere rinnovata se il periodo di stoccaggio supera i 6 mesi. L'eventuale protezione anticorrosiva presente alla consegna non deve essere rimossa senza necessità; prima della messa in servizio deve essere rimossa senza lasciare residui dalle superfici funzionali. Durante uno stoccaggio prolungato, lo stato della protezione anticorrosiva deve essere controllato ogni tre mesi e rinnovato secondo necessità.

## 6.2 Durata massima di stoccaggio e controlli periodici

La durata massima di stoccaggio ammessa senza misure particolari è di 12 mesi. Durante lo stoccaggio devono essere eseguiti controlli trimestrali: stato della protezione anticorrosiva, condizioni di asciutto e di pulizia del luogo di stoccaggio, integrità degli imballaggi e delle coperture protettive.

In caso di superamento della durata di stoccaggio di 12 mesi, prima della messa in servizio devono essere eseguiti: controllo visivo di tutti i gruppi per verificare la presenza di corrosione e danni; controllo o sostituzione delle batterie tampone del sistema di comando del robot (possibile perdita dei riferimenti degli assi); misura dell'isolamento dell'equipaggiamento elettrico; controllo dei componenti pneumatici per verificare la presenza di guarnizioni indurite; controllo funzionale di tutti i dispositivi di sicurezza secondo il capitolo 8 (prima messa in servizio). In caso di dubbio, consultare il fabbricante.

# 7 Condizioni di installazione

Luogo di installazione: presso lo stabilimento dell'utilizzatore secondo il piano di installazione RSZ-2600-LAY-001. La macchina è destinata all'installazione fissa in un capannone di produzione asciutto. Il presente capitolo descrive i requisiti relativi a ingombro, fondazione, condizioni ambientali e collegamenti di alimentazione che l'utilizzatore deve garantire in loco prima della consegna.

## 7.1 Ingombro e dimensioni

Superficie occupata dalla cella: circa 6,5 x 4,0 m; altezza 2,6 m. Tutto intorno alla cella deve essere previsto uno spazio libero di almeno 1,0 m per l'uso, la manutenzione e le vie di fuga; davanti alla porta di manutenzione sul lato posteriore, di almeno 1,2 m (raggio di apertura della porta più spazio di lavoro). Davanti all'apertura di carico deve essere mantenuta libera un'area di comando e di deposito profonda almeno 2,0 m per il deposito dei pezzi e il flusso dei materiali. In quest'area l'utilizzatore mette a disposizione, per i pezzi oltre 15 kg, un ausilio di sollevamento con una portata di almeno 40 kg (ad esempio un bilanciatore o una gru a bandiera a colonna); esso non fa parte dell'ambito di fornitura. Altezza libera del capannone richiesta: almeno 3,2 m (lavori di installazione e di manutenzione sul tetto della cella). Prima della consegna devono essere verificate le vie di accesso: unità di trasporto più grande (tavola girevole) circa 2,4 x 1,8 x 2,0 m, 1.900 kg. Le vie di circolazione e le zone pericolose devono essere contrassegnate secondo la regola tecnica tedesca per i luoghi di lavoro ASR A1.8.

## 7.2 Fondazione / capacità portante

La macchina viene installata su un pavimento industriale in calcestruzzo piano; non è necessaria una fondazione separata. Requisiti: classe di resistenza del calcestruzzo almeno C25/30, spessore della platea almeno 200 mm, planarità +/- 5 mm riferita alla superficie di installazione, carico superficiale almeno 10 kN/m². Il basamento del robot e il telaio di base della tavola girevole vengono ancorati al pavimento con tasselli ad alta resistenza (M16, profondità di ancoraggio secondo l'omologazione del fabbricante dei tasselli); le forze dinamiche del robot (momento di ribaltamento alla base fino a circa 8 kNm) devono essere assorbite dall'ancoraggio. Nella zona di ancoraggio il pavimento deve essere privo di fessure; le distanze minime dal bordo dei tasselli devono essere conformi all'omologazione dei tasselli. I rivestimenti del pavimento o i trattamenti superficiali non devono compromettere la trasmissione delle forze. In caso di condizioni del pavimento diverse, la capacità portante deve essere valutata in loco da una persona competente incaricata dal cliente.

## 7.3 Condizioni ambientali

Nel luogo di installazione devono essere rispettate le seguenti condizioni ambientali: temperatura ambiente da +5 a +40 gradi C; umidità relativa fino al 70 per cento, senza condensa; altitudine di installazione fino a 1.000 m sul livello del mare; ambiente interno asciutto, nessuna area a rischio di esplosione, nessuna atmosfera aggressiva o fortemente carica di polvere. Devono essere evitate correnti d'aria nell'area dell'apertura di carico (velocità dell'aria inferiore a 0,5 m/s), poiché disturbano la copertura del gas di protezione del processo di saldatura e compromettono l'efficacia

dell'aspirazione dei fumi; i portoni del capannone e le bocchette di ventilazione devono essere disposti di conseguenza. La superficie di installazione deve essere a basse vibrazioni (nessuna immediata vicinanza a presse o punzonatrici con forti vibrazioni del pavimento), in modo che la ripetibilità del robot e il funzionamento dei sensori di sicurezza non siano compromessi.

Ambiente elettromagnetico: la cella è destinata ad ambienti industriali (immunità secondo EN IEC 61000-6-2, emissione secondo EN IEC 61000-6-4, evidenza nel rapporto di prova RSZ-2600-EMV-001). Non è destinata ad ambienti residenziali né al collegamento a una rete pubblica a bassa tensione che alimenti anche edifici residenziali. La posa dei cavi, le terminazioni degli schermi dei cavi e il collegamento equipotenziale secondo lo schema elettrico RSZ-2600-EPL-001 possono essere modificati solo da personale qualificato con conoscenze in materia di EMC; i cavi della corrente di saldatura e i cavi di comando restano in canaline portacavi separate. Dopo la sostituzione del generatore di corrente di saldatura, del sistema di comando del robot o di componenti di sicurezza, ripetere la prova funzionale delle funzioni di sicurezza da SF-01 a SF-05.

## 7.4 Collegamenti di alimentazione

Per il funzionamento della macchina, il cliente deve predisporre in loco i seguenti collegamenti di alimentazione:

- Energia elettrica: 400 V AC, 3/N/PE, 50 Hz, sistema TN-S; potenza allacciata 32 kVA; protezione con fusibili 63 A gG a cura del cliente in loco; cavo di alimentazione 5 x 16 mm² Cu (valore indicativo, tenere conto del tipo di posa) fino all'interruttore generale del quadro elettrico; è richiesto un campo rotante destrorso; dispersore di fondazione o collegamento equipotenziale secondo le norme VDE.
- Aria compressa: 6 bar (+/- 0,5 bar), priva di olio secondo ISO 8573-1; attacco G 1/2 sul gruppo di trattamento aria; portata minima 200 Nl/min; si raccomanda una valvola di intercettazione a cura del cliente in loco in prossimità della macchina.
- Gas di protezione: miscela M21 secondo EN ISO 14175 (82 per cento argon, 18 per cento CO2) da una rete di distribuzione centralizzata o da un pacco bombole; pressione di flusso da 2 a 4 bar, portata circa 15 l/min; assicurare le bombole contro il ribaltamento.
- Aspirazione: l'aspirazione dei fumi di saldatura funziona a ricircolo; in opzione, il cliente può predisporre in loco un condotto dell'aria di scarico (attacco DN 250). L'utilizzatore è responsabile di garantire un'adeguata ventilazione del capannone secondo la regola tecnica tedesca per le sostanze pericolose TRGS 528.
- Illuminazione: l'utilizzatore predispone in loco l'illuminazione del capannone. L'illuminazione del posto di lavoro della cella fa parte dell'ambito di fornitura (integrata nella macchina secondo EN 1837, 500 lx alla stazione di carico, 200 lx nel corridoio di manutenzione, segnalazione di guasto sul pannello HMI).

# 8 Assemblaggio e installazione, prima messa in servizio

L'assemblaggio, l'installazione e la prima messa in servizio vengono eseguiti dal fabbricante o da personale specializzato incaricato dal fabbricante. Il presente capitolo descrive i requisiti e le procedure; serve inoltre all'utilizzatore come riferimento per un successivo spostamento all'interno dello stabilimento, che può essere effettuato solo previa consultazione del fabbricante.

## 8.1 Sicurezza

L'assemblaggio, l'installazione e la prima messa in servizio della cella di saldatura robotizzata RSZ-2600 possono essere eseguiti solo da personale specializzato addestrato con qualifiche in meccanica, elettrotecnica, pneumatica e tecnica di saldatura. Il robot è fornito dal fabbricante del robot come quasi-macchina con dichiarazione di incorporazione UE ai sensi dell'allegato V, parte B, e istruzioni per l'assemblaggio ai sensi dell'allegato XI; per tutti i lavori su questo componente devono essere osservate inoltre le relative istruzioni per l'assemblaggio del fabbricante del robot.

Prima di iniziare qualsiasi lavoro meccanico ed elettrico, la macchina deve essere sezionata in sicurezza dall'alimentazione di energia: disinserire l'interruttore generale e bloccarlo in posizione OFF con un lucchetto (LOTO), intercettare l'aria compressa con la valvola di sezionamento del gruppo di trattamento aria e scaricarla, verificare l'assenza di pressione sull'indicatore di pressione residua e far verificare l'assenza di tensione da una persona esperta in elettrotecnica. Deve essere applicata la procedura di gestione di chiavi e lucchetti dell'utilizzatore.

**PERICOLO**

Tensione elettrica di 400 V sul cavo di alimentazione, nel quadro elettrico e nel generatore di corrente di saldatura. Il contatto con parti in tensione provoca la morte o lesioni gravi. Gli interventi sull'equipaggiamento elettrico possono essere eseguiti solo da persone esperte in elettrotecnica e solo dopo il sezionamento, la protezione contro il reinserimento e la verifica dell'assenza di tensione; dopo il sezionamento, attendere almeno 1 minuto per la scarica del generatore di corrente di saldatura; per gli azionamenti del robot si applica il tempo di attesa indicato dal fabbricante del robot.

**AVVERTENZA**

Movimenti imprevisti degli assi del robot e della tavola girevole al primo collegamento dell'alimentazione di energia e durante l'assemblaggio. Possono derivarne la morte o lesioni gravi. Prima dell'accensione, accertarsi che nessuna persona si trovi nell'area di lavoro del robot o nell'area di rotazione della tavola girevole.

Oltre al pericolo elettrico, occorre tenere conto anche dell'impianto pneumatico in quanto sistema in pressione, delle sostanze pericolose del processo di saldatura MAG e dell'esposizione al rumore. Prima di interventi sul circuito di serraggio e sui dispositivi di serraggio pneumatici dei pezzi, occorre innanzitutto aprire i dispositivi di serraggio, perché la valvola di mantenimento della pressione trattiene la pressione di serraggio nel cilindro; successivamente il circuito pneumatico deve essere

depressurizzato e occorre verificare che l'indicatore di pressione residua indichi 0 bar. Durante i lavori devono essere indossati almeno: calzature di sicurezza S3 secondo EN ISO 20345, guanti di protezione e, per i lavori sopra la testa, un elmetto di protezione; per le prove di saldatura, inoltre, l'equipaggiamento di protezione per saldatura secondo il capitolo 2.6.

I documenti tecnici necessari per l'assemblaggio, in particolare il disegno di disposizione generale e il disegno d'insieme, gli schemi elettrici e pneumatici e gli schemi dei circuiti di sicurezza, devono essere messi a disposizione prima dell'inizio dei lavori.

## 8.2 Assemblaggio e installazione

La cella di saldatura robotizzata RSZ-2600 viene realizzata come insieme di macchine. Per l'installazione deve essere prevista una superficie di circa 6,5 x 4,0 m con un'altezza di 2,6 m; devono essere soddisfatti i requisiti relativi a fondazione, capacità portante e ambiente secondo il capitolo 7.

Sequenza di assemblaggio:
1. Allineare la tavola girevole nella posizione indicata nel piano di installazione (controllare la planarità con una livella di precisione) e ancorarla con quattro tasselli ad alta resistenza M16; coppia di serraggio secondo l'omologazione dei tasselli (valore indicativo 110 Nm).
2. Posizionare il basamento del robot, misurarne la posizione rispetto alla tavola girevole secondo il piano di installazione e ancorarlo con quattro tasselli ad alta resistenza M16; solo allora sbloccare i dispositivi di bloccaggio per il trasporto sugli assi del robot.
3. Installare il quadro elettrico con il pulpito di comando nonché il generatore di corrente di saldatura e l'unità di aspirazione; montare la stazione di pulizia della torcia sul basamento.
4. Montare i segmenti della recinzione perimetrale, i pannelli di base, la porta di manutenzione con interblocco/bloccaggio del riparo e la barriera fotoelettrica secondo il piano di installazione; rispettare le distanze di sicurezza secondo EN ISO 13857 ed EN ISO 13855 come indicato nel disegno.
5. Installazione elettrica da parte di una persona esperta in elettrotecnica secondo gli schemi elettrici: cavo di alimentazione all'interruttore generale, collegamento equipotenziale di tutti i gruppi, cablaggio delle macchine parziali e dei circuiti di sicurezza; controllare la sequenza delle fasi (campo rotante destrorso).
6. Collegare l'impianto pneumatico secondo lo schema pneumatico (6 bar, attacco G 1/2); eseguire una prova di tenuta.
7. Collegare l'alimentazione del gas di protezione e spurgare le linee; collegare l'impianto di aspirazione e allineare la cappa di captazione.

Dopo l'esecuzione di tutti i collegamenti occorre verificare: la tenuta sicura di tutti i fissaggi e ancoraggi, la completezza della recinzione, il funzionamento della porta di manutenzione interbloccata con bloccaggio del riparo, il corretto allineamento della barriera fotoelettrica e la rimozione completa di tutti i dispositivi di bloccaggio per il trasporto (capitolo 5.4).

Riduzione del rumore e delle vibrazioni: montare completamente i pannelli di riempimento della recinzione, i pannelli di base e la copertura dell'azionamento della tavola girevole; essi fanno parte della riduzione del rumore. Non rendere inefficaci gli elementi elastici di supporto dell'azionamento della tavola girevole con collegamenti rigidi. Durante l'installazione non sono necessarie ulteriori misure contro il rumore o le vibrazioni.

## 8.3 Prima messa in servizio

La prima messa in servizio può avvenire solo dopo il completamento dell'assemblaggio e dell'installazione e dopo che tutti i ripari e i dispositivi di protezione sono stati correttamente montati e collegati. Prima del primo collegamento dell'alimentazione di energia occorre accertarsi che nessuna persona si trovi nell'area di lavoro del robot, nell'area di rotazione della tavola girevole o all'interno della recinzione perimetrale.

Nell'ambito della prima messa in servizio devono essere eseguite le prove rilevanti per la sicurezza secondo il piano di prova del fabbricante e documentate nel verbale di collaudo:

- Prova del conduttore di protezione e misura dell'isolamento secondo EN 60204-1 (rapporto di prova elettrico)
- Efficacia del circuito di arresto di emergenza su tutti i dispositivi di arresto di emergenza (pulpito di comando, porta di manutenzione, pendant di programmazione)
- Funzionamento della barriera fotoelettrica, compresa la misura della corsa di arresto e la verifica della distanza di sicurezza secondo EN ISO 13855
- Funzionamento della porta di manutenzione interbloccata con bloccaggio del riparo, dello sblocco di fuga, del dispositivo di blocco per lucchetti personali e della funzione di blocco al riavvio
- Funzionamento del monitoraggio della pressione sul circuito di serraggio, della valvola di mantenimento della pressione nella linea di serraggio con il relativo comando manuale di emergenza e dei sensori di presenza del pezzo
- Funzionamento del dispositivo di abilitazione, del selettore delle modalità operative e della velocità ridotta in sicurezza (misura al TCP, al massimo 250 mm/s)
- Efficacia dell'impianto di aspirazione dei fumi di saldatura (misura della portata volumetrica) e funzionamento del monitoraggio della temperatura della cartuccia filtrante, delle serrande di intercettazione, dei rilevatori di fumo e di CO e del funzionamento residuo
- Funzionamento del periodo di blocco per raffreddamento con spia luminosa alla stazione di prelievo, del monitoraggio della temperatura sul collo della torcia e dell'illuminazione del posto di lavoro (500 lx alla stazione di carico, 200 lx nel corridoio di manutenzione, segnalazione di guasto)
- Validazione di tutte le funzioni di sicurezza secondo EN ISO 13849-2 (documentazione nel verbale di verifica della sicurezza)

Seguono quindi le prove di funzionamento: prima un ciclo a vuoto senza pezzo in modalità di regolazione, poi cicli automatici con pezzo e valutazione dei risultati di saldatura. I programmi di saldatura utilizzati devono essere stati approvati; deve essere rispettato l'uso previsto secondo il

capitolo 2.1.

I risultati della prima messa in servizio devono essere documentati nei rapporti di prova e nei verbali di collaudo. La macchina viene consegnata all'utilizzatore e il funzionamento produttivo viene avviato solo dopo il superamento di tutte le prove delle funzioni di sicurezza, il collaudo documentato e l'istruzione del personale addetto all'uso.

# 9 Uso

Il presente capitolo è rivolto all'operatore e al personale addetto alla regolazione della cella di saldatura robotizzata RSZ-2600. Un'istruzione documentata e la conoscenza del capitolo 2 (Sicurezza) sono presupposti per tutte le attività. L'operatore lavora esclusivamente alla stazione di carico e al pulpito di comando; le attività all'interno della cella sono riservate al personale addetto alla regolazione e alla manutenzione. Durante tutti i lavori devono essere indossati i dispositivi di protezione individuale prescritti secondo il capitolo 2.6.

## 9.1 Sicurezza

Per l'uso valgono le seguenti regole di sicurezza:

- La macchina può essere utilizzata solo con tutti i ripari completamente montati e funzionanti. Prima dell'inizio di ogni turno devono essere eseguiti i controlli giornalieri secondo il capitolo 9.4.
- Non introdurre mai le mani nell'area di lavoro del robot, non eludere i ripari e non manomettere la barriera fotoelettrica. Durante la rotazione nessuno deve trattenersi nell'area di rotazione della tavola girevole. I guanti di protezione non proteggono dallo schiacciamento; introdurre le mani nell'area di rotazione solo con la tavola girevole ferma.
- Inserire e prelevare i pezzi solo con la stazione anteriore ferma. Prelevare i pezzi saldati solo dopo la scadenza del periodo di blocco per raffreddamento (spia rossa alla stazione di prelievo spenta) e maneggiarli solo con guanti di protezione dal calore; dopo la saldatura, nella zona del cordone di saldatura raggiungono diverse centinaia di °C.
- Movimentare a mano i pezzi fino a 15 kg e i pezzi oltre 15 kg solo con l'ausilio di sollevamento messo a disposizione dall'utilizzatore alla stazione di carico (ad esempio un bilanciatore o un sistema di gru, portata di almeno 40 kg); la massa massima per pezzo è di 40 kg.
- Non guardare direttamente l'arco, nemmeno attraverso riflessi; la tendina di protezione per saldatura, i pannelli di riempimento della recinzione perimetrale e le finestre di osservazione devono essere integri.
- Il funzionamento è ammesso solo con l'impianto di aspirazione dei fumi di saldatura in funzione ed efficace. In caso di guasto dell'impianto di aspirazione, la cella si arresta in modo controllato; può essere riavviata solo dopo l'eliminazione del guasto.
- Segnalare immediatamente guasti, danni e rumori insoliti; in caso di carenze rilevanti per la sicurezza, arrestare la macchina e proteggerla contro il riavvio.
- Nell'area dell'apertura di carico deve trattenersi solo l'operatore; le altre persone devono mantenere libera l'area operativa contrassegnata.

> **AVVERTENZA**
> Pezzi e attrezzature di serraggio caldi dopo la saldatura (diverse centinaia di °C nella zona del cordone di saldatura). Possono derivarne gravi ustioni alle mani e agli avambracci. Prelevare i pezzi solo dopo la scadenza del periodo di blocco per raffreddamento e solo indossando guanti di protezione dal calore, e non toccarli a pelle scoperta.

Il periodo di blocco per raffreddamento è memorizzato per ciascun programma di saldatura. Finché è in corso, il prelievo resta inibito e la spia rossa alla stazione di prelievo è accesa.

## 9.2 Comandi e indicatori

Interruttore generale (sul quadro elettrico): seziona l'impianto completo su tutti i poli; può essere bloccato in posizione OFF per manutenzione e riparazione.

Pulpito di comando accanto all'apertura di carico:

- Pannello HMI: selezione del programma, contapezzi, visualizzazione dello stato operativo e dei messaggi di guasto in chiaro, visualizzazione degli intervalli di manutenzione.
- Pulsante di avvio ciclo (verde): avvia il ciclo automatico quando il campo di protezione è libero e non è presente alcun guasto.
- Pulsante di riarmo (blu, luminoso): riarmo dopo l'intervento di una protezione, dopo lo sblocco del dispositivo di arresto di emergenza e dopo l'eliminazione di un guasto; lampeggia quando è richiesto il riarmo.
- Dispositivo di arresto di emergenza (rosso su sfondo giallo): arresta l'impianto completo in situazioni pericolose.
- Selettore delle modalità operative (selettore a chiave): posizioni Automatico e Regolazione; la chiave resta in possesso della persona autorizzata.
- Interruttore a chiave per la manutenzione remota (posizioni Disinserito e Abilitato): abilita una sessione di manutenzione remota da parte del fabbricante (vedere il capitolo 13.3); la chiave resta in possesso del responsabile presso l'utilizzatore.

Colonna luminosa sul tetto della cella: verde = funzionamento automatico in corso; giallo = impianto in attesa (fine ciclo, mancanza di materiale, riarmo richiesto); rosso = guasto o arresto di emergenza; inoltre, un avviso acustico di avviamento prima di ogni avvio automatico.

Pendant di programmazione (solo personale addetto alla regolazione): unità portatile del sistema di comando del robot con display, tasti di movimentazione manuale, dispositivo di abilitazione a tre posizioni e arresto di emergenza proprio.

Ulteriori indicatori: manometro del gruppo di trattamento aria (aria compressa), indicatore di pressione residua all'accesso di manutenzione, flussometro del gas di protezione sul generatore di corrente di saldatura, indicatore di pressione differenziale della cartuccia filtrante sull'unità di aspirazione; spia rossa alla stazione di prelievo (accesa durante il periodo di blocco per raffreddamento); sul pannello HMI, l'indicazione di abilitazione per la sostituzione e la pulizia della torcia (monitoraggio della temperatura sul collo della torcia) e i messaggi relativi al guasto dell'illuminazione del posto di lavoro e alla sovratemperatura o all'allarme incendio dell'unità di aspirazione.

## 9.3 Modalità operative

La macchina dispone delle modalità operative Automatico e Regolazione, che vengono selezionate con il selettore delle modalità operative:

Modalità automatica (selettore in posizione Automatico): funzionamento normale per la produzione in serie. Tutte le protezioni sono attive; la porta di manutenzione è bloccata; l'accesso avviene esclusivamente attraverso l'apertura di carico sorvegliata dalla barriera fotoelettrica. Il ciclo si svolge automaticamente dopo l'abilitazione tramite il pulsante di avvio ciclo.

Modalità di regolazione (selettore in posizione Regolazione, selettore a chiave): modalità operativa per teach-in, prova dei programmi e ricerca guasti da parte di personale addetto alla regolazione addestrato. I movimenti del robot e della tavola girevole sono possibili solo con il dispositivo di abilitazione a tre posizioni del pendant di programmazione azionato e a velocità ridotta in sicurezza (al massimo 250 mm/s al TCP). Con la porta di manutenzione aperta, il generatore di corrente di saldatura è disinserito in sicurezza (SF-01); il filo può quindi avanzare solo in modalità inching a velocità di infilaggio ridotta. La chiave resta in possesso della persona autorizzata; al termine dei lavori è obbligatorio riportare il selettore in posizione Automatico.

> **AVVERTENZA**
> Movimenti del robot e della tavola girevole mentre sono presenti persone all'interno della cella in modalità di regolazione. Possono derivarne schiacciamenti e urti con lesioni gravi. Entrare nella cella solo con il pendant di programmazione in mano, proteggere la porta di manutenzione contro la chiusura con il proprio lucchetto personale nel dispositivo di blocco e azionare il dispositivo di abilitazione solo quando nessun'altra persona si trova nell'area di movimento.

Manutenzione (non è una modalità operativa): gli interventi di manutenzione meccanici, elettrici e pneumatici vengono eseguiti con la macchina sezionata e protetta contro il riavvio (interruttore generale bloccato, aria compressa scaricata); vedere il capitolo 10.

Le ulteriori fasi del ciclo di vita, trasporto e installazione (capitoli 5 e 8), pulizia (capitolo 10.2) e ricerca guasti (capitolo 10.4), nonché messa fuori servizio e smontaggio (capitolo 11), sono descritte nei rispettivi capitoli indicati. Eseguire i lavori di pulizia sempre con la macchina ferma e sezionata.

## 9.4 Avviamento e riattrezzaggio

Avviamento giornaliero (rispettare la sequenza):
1. Controllo visivo: recinzione perimetrale con pannelli di riempimento e finestre di osservazione, tendina di protezione per saldatura, barriera fotoelettrica e porta di manutenzione integre; nessuna persona né corpo estraneo nella cella; area operativa libera; illuminazione del posto di lavoro funzionante (nessun messaggio di guasto sul pannello HMI); pedana regolata in base alla propria altezza corporea.
2. Aprire le alimentazioni dei fluidi: aprire la valvola di intercettazione dell'aria compressa (6 bar sul gruppo di trattamento aria), aprire l'alimentazione del gas di protezione (portata circa 15 l/min), controllare la scorta di filo.
3. Inserire l'interruttore generale; attendere che il sistema di comando completi la propria sequenza di avvio.
4. Controllo funzionale della barriera fotoelettrica con l'asta di prova (l'interruzione di ciascuna zona dei raggi deve generare un messaggio); una volta alla settimana, inoltre, controllo funzionale di un

dispositivo di arresto di emergenza (ogni volta un dispositivo diverso, vedere il capitolo 10.2).
5. Verificare che l'impianto di aspirazione sia pronto al funzionamento (nessun messaggio di guasto sull'HMI, indicatore di pressione differenziale nel campo verde); l'impianto di aspirazione si avvia comandato dal processo.
6. Selezionare il programma di saldatura sull'HMI, confermare i messaggi di guasto, abilitare l'impianto con l'avvio ciclo.

Riattrezzaggio e cambio prodotto (solo personale addetto alla regolazione): cambio programma sull'HMI; sostituzione delle attrezzature di serraggio specifiche per il pezzo solo con l'impianto fermo e il circuito di serraggio depressurizzato (aprire prima i dispositivi di serraggio, poi intercettare e scaricare l'aria compressa, vedere il capitolo 10.4); utilizzare solo attrezzature di serraggio approvate dal fabbricante secondo il capitolo 3.1; dopo ogni riattrezzaggio eseguire un controllo del primo pezzo e documentarne il benestare. Sostituire le parti soggette a usura della torcia (tubetto di contatto, ugello del gas) secondo la durata prescritta.

Teach-in di nuovi programmi (solo personale addetto alla regolazione): esclusivamente in modalità di regolazione con il dispositivo di abilitazione e a velocità ridotta; i nuovi programmi devono essere verificati prima in modalità di regolazione a velocità ridotta e poi in un ciclo automatico senza pezzo; il rilascio deve essere documentato.

## 9.5 Arresto

Arresto durante il funzionamento normale (fine turno):
1. Lasciare completare il ciclo in corso; non interrompere durante il processo di saldatura.
2. Prelevare il pezzo finito; portare l'impianto nella posizione di base tramite l'HMI.
3. Lasciare che l'impianto di aspirazione continui a funzionare (funzionamento residuo automatico di almeno 10 minuti, requisito di protezione antincendio della valutazione del rischio); successivamente controllare visivamente l'alloggiamento del filtro per rilevare riscaldamenti insoliti o odore di bruciato.
4. Chiudere l'alimentazione del gas di protezione; in caso di fermo prolungato chiudere la valvola di intercettazione dell'aria compressa.
5. Disinserire l'interruttore generale. In caso di fermi nel fine settimana o di fermi aziendali, bloccare inoltre l'interruttore generale.

Arresto in caso di emergenza: azionare il dispositivo di arresto di emergenza. Tutte le macchine parziali vengono arrestate in modo controllato (categoria di arresto 1); la colonna luminosa passa al rosso.

Riavvio dopo un arresto di emergenza:
1. Individuare ed eliminare la causa della situazione pericolosa; accertarsi che nessuna persona si trovi all'interno della cella.
2. Sbloccare il dispositivo di arresto di emergenza azionato (ruotando o tirando).
3. Eseguire il riarmo al pulpito di comando; quindi avviare il ciclo. Un pezzo il cui processo di saldatura è stato interrotto deve essere contrassegnato come pezzo da rilavorare e controllato.

Comportamento dopo una mancanza di alimentazione: al ripristino dell'alimentazione l'impianto resta fermo grazie al blocco al riavvio. Prima del riarmo occorre verificare lo stato dell'impianto (posizione del pezzo, posizione della torcia, pressione di serraggio); quindi eseguire il riarmo e riavviare come dopo un arresto di emergenza. Se la torcia è bloccata o ha subito una collisione, chiamare il personale addetto alla regolazione. Il soccorso di una persona intrappolata è descritto nel capitolo 2.6.

Comportamento in caso di mancanza di aria compressa: la valvola di mantenimento della pressione mantiene serrati i pezzi; il pressostato inibisce il movimento di rotazione della tavola girevole e la macchina si arresta in modo controllato. Arrestare la macchina, ripristinare l'alimentazione dell'aria compressa (6 bar sul gruppo di trattamento aria) e prelevare il pezzo solo dopo che la pressione di serraggio è stata nuovamente confermata. Quindi eseguire il riarmo e riavviare come dopo un arresto di emergenza.

> **AVVERTENZA**
> Incendio nell'alloggiamento del filtro dell'unità di aspirazione causato da scintille e particelle incandescenti, eventualmente con ritardo dopo la fine del turno. Possono derivarne gravi ustioni e intossicazioni da fumo. In caso di allarme incendio non aprire l'alloggiamento del filtro, abbandonare l'area e chiamare i vigili del fuoco.

Incendio nell'unità di aspirazione: se interviene il monitoraggio della temperatura della cartuccia filtrante o un rilevatore di fumo o di CO, il sistema di comando spegne il ventilatore di aspirazione, chiude le serrande di intercettazione motorizzate e arresta la cella in modo controllato. Abbandonare immediatamente l'area, chiamare i vigili del fuoco e informare il proprio superiore. Non aprire l'alloggiamento del filtro, perché l'aria in ingresso può far divampare in fiamma il materiale in combustione lenta; l'agente estinguente viene introdotto solo dai vigili del fuoco attraverso l'apertura richiudibile di immissione dell'agente estinguente dell'alloggiamento del filtro. Il riavvio è ammesso solo dopo l'eliminazione del guasto e il benestare del reparto manutenzione. L'unità di aspirazione non deve essere utilizzata con un sensore di temperatura difettoso o con una serranda di intercettazione inefficace.

# 10 Manutenzione

Il presente capitolo è rivolto al personale specializzato responsabile della manutenzione della cella di saldatura robotizzata RSZ-2600. Gli interventi di manutenzione devono essere eseguiti con la macchina ferma. Prima di interventi meccanici, elettrici e pneumatici, la macchina deve essere sezionata tramite l'interruttore generale, bloccabile in posizione OFF, e protetta contro il riavvio; l'alimentazione pneumatica deve essere depressurizzata. Prima di interventi sui dispositivi di serraggio, occorre innanzitutto aprire i dispositivi di serraggio, perché la valvola di mantenimento della pressione trattiene la pressione di serraggio nel cilindro; successivamente l'aria compressa deve essere intercettata e scaricata e occorre verificare che l'indicatore di pressione residua indichi 0 bar. Se un dispositivo di serraggio non può essere aperto, la pressione deve essere scaricata in modo controllato tramite il comando manuale di emergenza della valvola di mantenimento della pressione (per la procedura vedere il capitolo 10.4). I controlli funzionali dei dispositivi di protezione secondo il capitolo 10.2 vengono eseguiti con la macchina accesa, dall'esterno della cella. Osservare inoltre la documentazione dei fabbricanti dei componenti acquistati, in particolare le istruzioni per l'assemblaggio del fabbricante del robot nonché la documentazione del generatore di corrente di saldatura MAG, del trainafilo, della stazione di pulizia della torcia e dell'impianto di aspirazione dei fumi di saldatura.

> **PERICOLO**
> Tensione elettrica di 400 V nel quadro elettrico e nel generatore di corrente di saldatura. Il contatto con parti in tensione provoca la morte o lesioni gravi. Gli interventi sull'equipaggiamento elettrico possono essere eseguiti solo da persone esperte in elettrotecnica; prima di iniziare, disinserire e bloccare l'interruttore generale, attendere almeno 1 minuto per la scarica del generatore di corrente di saldatura (azionamenti del robot: tempo di attesa indicato dal fabbricante del robot) e verificare l'assenza di tensione.

## 10.1 Registro di manutenzione

Tutti gli interventi di ispezione, manutenzione e riparazione eseguiti devono essere documentati in modo tracciabile. Il registro di manutenzione costituisce l'evidenza della corretta manutenzione della cella di saldatura robotizzata RSZ-2600 e deve essere conservato per l'intera durata di vita della macchina. Per ogni intervento devono essere riportate nel registro di manutenzione almeno le seguenti informazioni: data, lavori eseguiti, parti di ricambio e materiali di consumo utilizzati, nome del personale specializzato che ha eseguito il lavoro ed eventuali irregolarità riscontrate. I controlli rilevanti per la sicurezza dei ripari e dei dispositivi di protezione, come la barriera fotoelettrica, la porta di manutenzione con bloccaggio del riparo e il circuito di arresto di emergenza, devono essere annotati separatamente. Con la macchina viene fornito un modulo per il registro di manutenzione (RSZ-2600-WNW-001) (vedere il capitolo 12); in alternativa può essere utilizzato un sistema aziendale equivalente (ad esempio un software di manutenzione). Il registro di manutenzione deve essere conservato almeno fino alla messa fuori servizio della macchina; la responsabilità spetta all'utilizzatore.

## 10.2 Piano di ispezione e manutenzione

Il piano di ispezione e manutenzione stabilisce quali attività devono essere eseguite sulla macchina e a quali intervalli. Per i componenti acquistati si applicano inoltre le prescrizioni di manutenzione della rispettiva documentazione del fabbricante.

Giornalmente (operatore): controllo visivo dei ripari e dei dispositivi di protezione; controllo funzionale della barriera fotoelettrica con l'asta di prova; controllo della capacità di aspirazione (indicatore di pressione differenziale), della portata del gas di protezione e della pressione dell'aria compressa; controllare che sugli ugelli della torcia non vi siano depositi di spruzzi; controllare che i tubi flessibili del gas di protezione, i cavi di saldatura e di massa e il morsetto di massa non siano danneggiati e siano saldamente in sede; controllare che l'illuminazione del posto di lavoro funzioni; pulire l'area di lavoro e rimuovere gli spruzzi dal pavimento alla stazione di carico.

Settimanalmente (operatore/personale addetto alla regolazione): controllo funzionale dell'arresto di emergenza (ogni volta su un dispositivo di arresto di emergenza diverso); controllare il tubetto di contatto e l'ugello del gas della torcia, sostituirli se usurati; pulire i rulli del trainafilo e la guida del filo; scaricare la condensa dal gruppo di trattamento aria; controllare che la tendina di protezione per saldatura, i pannelli di riempimento della recinzione perimetrale e le finestre di osservazione non siano danneggiati.

Mensilmente (personale addetto alla regolazione/manutenzione): pulire la stazione di pulizia della torcia e rabboccare il liquido spray; controllare la tenuta dei raccordi e dei tubi flessibili pneumatici; ispezionare la cartuccia filtrante di aspirazione, sostituirla se la pressione differenziale è nel campo rosso; controllo funzionale del bloccaggio del riparo, dello sblocco di fuga e del dispositivo di blocco della porta di manutenzione; controllare che i cavi del robot e il fascio cavi non presentino punti di sfregamento; svuotare il separatore di scintille preliminare dell'unità di aspirazione (trattare la polvere come per la sostituzione della cartuccia filtrante); controllare il livello del liquido di raffreddamento del gruppo di raffreddamento e, se necessario, rabboccare con il liquido di raffreddamento indicato dal fabbricante della torcia.

Ogni sei mesi (manutenzione): controllo funzionale documentato di tutte le funzioni di sicurezza (da SF-01 a SF-05) secondo il piano di prova allegato per le funzioni di sicurezza (RSZ-2600-PPS-001, vedere il capitolo 12); controllo dell'ancoraggio del basamento del robot e della tavola girevole (coppie di serraggio); controllo visivo dell'equipaggiamento elettrico; controllo visivo delle terminazioni degli schermi e del collegamento equipotenziale; misura dell'isolamento del circuito di saldatura da parte di una persona esperta in elettrotecnica; controllo funzionale del sensore di temperatura e delle serrande di intercettazione nonché dei rilevatori di fumo e di CO dell'unità di aspirazione.

Annualmente (fabbricante): manutenzione generale secondo il contratto di manutenzione, comprendente la manutenzione del robot secondo le indicazioni del fabbricante (lubrificazione dei riduttori, batterie del sistema di comando del robot), controllo della calibrazione del robot, verifica

dell'interblocco e del bloccaggio del riparo secondo EN ISO 14119, ricalcolo o verifica della distanza di sicurezza della barriera fotoelettrica secondo EN ISO 13855, verifica del generatore di corrente di saldatura secondo EN 60974-4.

> **AVVERTENZA**
> Polvere dei fumi di saldatura durante la sostituzione della cartuccia filtrante. L'inalazione può causare danni permanenti alle vie respiratorie. Indossare una semimaschera filtrante antipolvere FFP3 secondo EN 149, occhiali di protezione e guanti monouso; non sollevare polvere.

Sostituzione della cartuccia filtrante (manutenzione): attendere la fine del funzionamento residuo dell'aspirazione, quindi sezionare la macchina; con il sistema di sostituzione bag-in/bag-out dell'alloggiamento del filtro, estrarre la cartuccia satura nel sacco di sostituzione e chiudere subito il sacco a tenuta; pulire l'alloggiamento del filtro con un aspirapolvere industriale della classe di polvere H secondo EN 60335-2-69, non soffiarlo con aria e non spazzarlo; montare una nuova cartuccia della classe di fumi di saldatura W3 e verificare che la guarnizione sia correttamente in sede; dopo la riaccensione, controllare l'indicatore di pressione differenziale; smaltimento secondo il capitolo 11.3.

Pulizia della cella (personale addetto alla regolazione/manutenzione): solo con la macchina sezionata e protetta contro il riavvio; rimuovere meccanicamente gli spruzzi; raccogliere la polvere con un aspirapolvere industriale della classe di polvere H, non soffiarla via con aria compressa e non spazzare; non utilizzare detergenti infiammabili; pulire le finestre di osservazione e gli schermi frontali della barriera fotoelettrica con un panno morbido; dopo la pulizia, eseguire il controllo funzionale della barriera fotoelettrica.

Si applicano inoltre gli obblighi di verifica previsti dalla legge per l'utilizzatore ai sensi dell'ordinanza tedesca sulla sicurezza e la salute sul lavoro (BetrSichV) e del regolamento DGUV 3 (regolamento tedesco dell'assicurazione contro gli infortuni sugli impianti e sulle apparecchiature elettriche) (verifica periodica dell'equipaggiamento elettrico). I componenti danneggiati o usurati dei ripari e dei dispositivi di protezione devono essere riparati o sostituiti prima che la macchina venga rimessa in servizio.

## 10.3 Piano di lubrificazione

Il piano di lubrificazione stabilisce quali punti di lubrificazione della macchina devono essere lubrificati, a quali intervalli e con quali lubrificanti:

- Riduttori del robot (assi da 1 a 6): lubrificazione esclusivamente nell'ambito della manutenzione annuale da parte del fabbricante secondo le indicazioni del fabbricante del robot (grasso per riduttori come indicato nella documentazione del robot).
- Ralla e cuscinetto della tavola girevole: lubrificare ogni sei mesi con grasso multiuso KP2K-30 secondo DIN 51502 (2 ingrassatori sul telaio di base, circa 10 g ciascuno).
- Guide e articolazioni dei dispositivi di serraggio pneumatici dei pezzi: applicare mensilmente un sottile strato di olio per macchine privo di acidi; non utilizzare quantità eccessive (depositi di

spruzzi).

- Cerniere e interblocco della porta di manutenzione: lubrificare ogni sei mesi con grasso multiuso.
- Stazione di pulizia della torcia: rabboccare mensilmente il serbatoio del liquido spray (agente antispruzzo privo di silicone).

I componenti pneumatici sono progettati per aria priva di olio e non devono essere oliati. Utilizzare solo i lubrificanti indicati o lubrificanti equivalenti approvati dal fabbricante. I materiali di consumo e i lubrificanti usati devono essere smaltiti correttamente e nel rispetto dell'ambiente secondo il capitolo 11.3. Per tutti i lavori di lubrificazione la macchina deve essere sezionata; indossare guanti di protezione adeguati.

## 10.4 Ricerca guasti

Diagnosi: i messaggi di guasto vengono letti dall'esterno della cella, con la macchina accesa, sul pannello HMI, sulla colonna luminosa e sugli indicatori. Gli interventi all'interno della cella con la macchina accesa (ad esempio lo spostamento del robot in posizione libera o il controllo della traiettoria del programma) sono consentiti solo al personale addetto alla regolazione in modalità di regolazione, con il dispositivo di abilitazione e a velocità ridotta in sicurezza. L'accesso avviene esclusivamente attraverso la porta di manutenzione; ogni persona che entra assicura la porta con il proprio lucchetto personale nel dispositivo di blocco. Gli interventi meccanici, elettrici e pneumatici iniziano solo dopo il sezionamento: per interventi sui dispositivi di serraggio, rimuovere prima il pezzo e aprire i dispositivi di serraggio; disinserire e bloccare l'interruttore generale (LOTO); intercettare l'aria compressa con la valvola di intercettazione di manutenzione, attendere la fine dello sfiato, verificare che l'indicatore di pressione residua indichi 0 bar e bloccare la valvola con un lucchetto; attendere almeno 1 minuto per la scarica del generatore di corrente di saldatura; per gli azionamenti del robot si applica il tempo di attesa indicato dal fabbricante del robot.

> **AVVERTENZA**
> Avviamento imprevisto del robot e della tavola girevole e aria compressa accumulata nel circuito di serraggio durante la ricerca guasti. Possono derivarne schiacciamenti con lesioni gravi. Prima di entrare nella cella, arrestare la macchina e assicurare la porta di manutenzione con il proprio lucchetto personale. Prima di intervenire sui dispositivi di serraggio, aprire innanzitutto i dispositivi di serraggio, perché la valvola di mantenimento della pressione trattiene la pressione di serraggio nel cilindro. Quindi intercettare e scaricare l'aria compressa e verificare che l'indicatore di pressione residua indichi 0 bar. Se un dispositivo di serraggio non può essere aperto, scaricare la pressione in modo controllato tramite il comando manuale di emergenza della valvola di mantenimento della pressione.

| Guasto | Possibile causa | Rimedio |
|---|---|---|
| L'impianto non si avvia in modalità automatica | Circuito di sicurezza aperto (porta di manutenzione, barriera fotoelettrica), arresto di emergenza azionato | Chiudere la porta di manutenzione, liberare la barriera fotoelettrica, sbloccare il dispositivo di arresto di emergenza, eseguire il riarmo al pulpito di comando |
| La barriera fotoelettrica interviene senza motivo apparente | Sporcizia o disallineamento delle ottiche | Pulire gli schermi frontali del trasmettitore e del ricevitore, controllare l'allineamento (indicatore di allineamento), quindi eseguire il controllo funzionale |
| La tavola girevole non ruota | Pressione di serraggio inferiore al valore nominale, il sensore di presenza del pezzo non risponde, campo di protezione occupato | Controllare l'alimentazione dell'aria compressa (6,0 bar), controllare il serraggio del pezzo, liberare l'area di rotazione |
| Mancanza di aria compressa (la pressione di serraggio cala, messaggio di guasto sul pannello HMI) | Interruzione dell'alimentazione dell'aria compressa in loco, valvola di intercettazione chiusa, perdita nel circuito di serraggio | Arrestare la macchina; la valvola di mantenimento della pressione mantiene serrati i pezzi. Ripristinare l'alimentazione dell'aria compressa (6,0 bar), verificare la presenza di perdite, prelevare il pezzo solo dopo che la pressione di serraggio è stata confermata, quindi eseguire il riarmo al pulpito di comando |
| Il bloccaggio del riparo della porta di manutenzione non si sblocca | Il robot o la tavola girevole non hanno ancora raggiunto l'arresto sicuro, arco non ancora spento | Attendere il completamento dell'arresto (indicazione al pulpito di comando), quindi ripetere la richiesta |
| Cordone di saldatura difettoso (spruzzi, porosità) | Avanzamento del filo disturbato, gas di protezione insufficiente, ugello della torcia usurato | Controllare l'avanzamento del filo e la portata del gas, sostituire l'ugello/il tubetto di contatto, controllare i parametri di saldatura |
| Aspirazione insufficiente / messaggio di guasto | Cartuccia filtrante satura, cappa di captazione spostata | Sostituire la cartuccia filtrante (classe di fumi di saldatura W3, procedura secondo il capitolo 10.2, smaltimento come rifiuto pericoloso secondo il capitolo 11.3), correggere la posizione della cappa |
| Il robot si arresta con un messaggio di collisione | Intervento del giunto anticollisione sulla torcia o del rilevamento delle collisioni del robot (monitoraggio della coppia/della corrente) | Eliminare la causa nell'area di lavoro, controllare che la torcia e il giunto anticollisione non siano danneggiati, controllare la traiettoria del programma, confermare il |

| Guasto | Possibile causa | Rimedio |
|---|---|---|
| | | messaggio sul pendant di programmazione |
| Il prelievo resta inibito, la spia rossa alla stazione di prelievo è accesa | È in corso il periodo di blocco per raffreddamento del programma di saldatura | Attendere la scadenza del periodo di blocco per raffreddamento; non eludere il periodo di blocco |
| Messaggio di guasto del raffreddamento della torcia oppure nessuna abilitazione per la sostituzione della torcia | Livello del liquido di raffreddamento troppo basso, gruppo di raffreddamento difettoso, collo della torcia ancora troppo caldo | Controllare il livello del liquido di raffreddamento e rabboccare, controllare il gruppo di raffreddamento e il fascio cavi; sostituire la torcia solo dopo l'indicazione di abilitazione sul pannello HMI |
| Sovratemperatura o allarme incendio dell'unità di aspirazione | Particelle incandescenti nel filtro; è intervenuto il sensore di temperatura, il rilevatore di fumo o il rilevatore di CO | Procedere secondo il capitolo 9.5 (Incendio nell'unità di aspirazione); non aprire l'alloggiamento del filtro |
| Messaggio: guasto dell'illuminazione del posto di lavoro | Apparecchio di illuminazione difettoso | Interrompere il lavoro nell'area interessata, far riparare l'apparecchio di illuminazione da una persona esperta in elettrotecnica |

Se un guasto non può essere eliminato con queste misure, occorre contattare il fabbricante (per i dati di contatto vedere il capitolo 12.1). Non sono consentiti interventi non autorizzati sulle funzioni di sicurezza.

# 11 Smontaggio e smaltimento

Il presente capitolo descrive i principi per la messa fuori servizio definitiva, lo smontaggio e lo smaltimento ecocompatibile della cella di saldatura robotizzata RSZ-2600. Lo smontaggio è una fase a sé stante del ciclo di vita della macchina e può essere eseguito solo da personale qualificato e addestrato. Osservare inoltre le informazioni contenute nei documenti tecnici associati, in particolare il disegno di disposizione generale e il disegno d'insieme nonché gli schemi elettrici e pneumatici.

## 11.1 Indicazioni di sicurezza per lo smontaggio

> **AVVERTENZA**
> Energia accumulata (energia elettrica, aria compressa, masse in movimento) nonché sostanze pericolose e residui del processo di saldatura. Possono derivarne la morte o lesioni gravi. Prima dello smontaggio, sezionare la macchina, attendere la scadenza del tempo di scarica, sfiatare l'impianto pneumatico e bloccare in posizione i gruppi mobili.

Prima di iniziare i lavori di smontaggio, la macchina deve essere arrestata in sicurezza e scollegata dall'alimentazione di energia su tutti i poli: disinserire l'interruttore generale e bloccarlo con un lucchetto in posizione OFF; far sezionare il cavo di alimentazione da una persona esperta in elettrotecnica, proteggerlo contro il reinserimento, verificare l'assenza di tensione, eseguire la messa a terra e in cortocircuito e coprire le parti attive adiacenti (le cinque regole di sicurezza secondo EN 50110-1). Attendere almeno 1 minuto prima di aprire il generatore di corrente di saldatura e il quadro elettrico (tempo di scarica misurato del generatore di corrente di saldatura: 1,9 s fino a ≤ 60 V; il tempo di attesa include un margine di sicurezza); per gli azionamenti del robot si applica il tempo di attesa indicato dal fabbricante del robot.

L'impianto pneumatico deve essere depressurizzato: aprire i dispositivi di serraggio dei pezzi prima di sezionare la macchina, perché la valvola di mantenimento della pressione trattiene la pressione di serraggio nel cilindro; quindi chiudere la valvola di intercettazione di manutenzione, sfiatare l'impianto tramite la sua posizione di scarico e verificare sull'indicatore di pressione residua che la pressione sia stata scaricata. Se un dispositivo di serraggio non può essere aperto, scaricare in modo controllato la pressione trattenuta tramite il comando manuale di emergenza della valvola di mantenimento della pressione.

Prima di allentare i fissaggi, i gruppi mobili con possibile energia potenziale accumulata devono essere assicurati contro movimenti involontari: portare il robot in posizione di trasporto e bloccarlo con il dispositivo di bloccaggio per il trasporto conservato; bloccare la tavola girevole con il perno di bloccaggio dell'asse di rotazione.

Per la movimentazione e la rimozione dei gruppi pesanti utilizzare apparecchi di sollevamento e mezzi di trasporto adeguati nonché dispositivi di protezione individuale. Masse e punti di sollevamento dei gruppi: vedere i capitoli 5.2 e 5.3.

## 11.2 Sequenza di smontaggio

Lo smontaggio avviene in ordine inverso rispetto all'assemblaggio (capitolo 8.2):

1. Scollegare le alimentazioni: gas di protezione, aria compressa e attacco dell'aspirazione; svuotare e contrassegnare le linee.
2. Far scollegare e contrassegnare i collegamenti elettrici da una persona esperta in elettrotecnica; scollegare il cavo di alimentazione.
3. Smontare la barriera fotoelettrica, la porta di manutenzione e i segmenti della recinzione perimetrale.
4. Rimuovere il generatore di corrente di saldatura con il gruppo di raffreddamento, l'unità trainafilo, la stazione di pulizia della torcia e l'unità di aspirazione.
5. Bloccare il robot in posizione di trasporto, sciogliere l'ancoraggio, sollevare il robot con il suo basamento.
6. Bloccare la tavola girevole, sciogliere l'ancoraggio, sollevare la tavola girevole; infine rimuovere il quadro elettrico e il pulpito di comando.

Le coppie di serraggio e di allentamento dei collegamenti sono riportate nel disegno di disposizione generale e nei documenti di assemblaggio. Per lo stoccaggio intermedio o il trasporto successivo si applicano i capitoli 5 e 6.

## 11.3 Separazione e smaltimento dei fluidi di esercizio

Prima della separazione dei materiali, tutti i materiali di esercizio e ausiliari devono essere scaricati, raccolti e separati a regola d'arte. Occorre tenere conto in particolare di: grassi lubrificanti della ralla della tavola girevole e dei riduttori del robot; agente antispruzzo della stazione di pulizia della torcia; liquido di raffreddamento del gruppo di raffreddamento e del fascio cavi della torcia di saldatura raffreddata ad acqua (raccoglierlo e smaltirlo secondo la scheda di dati di sicurezza, non scaricarlo nella rete fognaria); residui di filo di saldatura; cartuccia filtrante dell'unità di aspirazione dei fumi di saldatura nonché polveri dei fumi di saldatura depositate nell'alloggiamento, nel separatore di scintille preliminare e nelle tubazioni.

> **AVVERTENZA**
> Polvere dei fumi di saldatura nella cartuccia filtrante e nei depositi di polvere dell'unità di aspirazione. L'inalazione può causare danni permanenti alle vie respiratorie. Durante la manipolazione della cartuccia filtrante indossare una semimaschera filtrante antipolvere FFP3 secondo EN 149 e guanti monouso, e non sollevare polvere. Smaltire la cartuccia filtrante e i depositi di polvere in un imballaggio a tenuta di polvere come rifiuto pericoloso (codice 15 02 02* dell'elenco europeo dei rifiuti, in Germania AVV 15 02 02*: materiali filtranti contaminati da sostanze pericolose, oppure secondo la classificazione dell'impresa di smaltimento).

I fluidi di esercizio, i residui filtranti e i componenti contaminati da sostanze pericolose non devono finire nei rifiuti domestici né nell'ambiente. Raccogliere questi materiali separatamente e smaltirli tramite un impianto di smaltimento autorizzato. Si applicano le schede di dati di sicurezza delle

sostanze utilizzate e le prescrizioni dell'impresa di smaltimento autorizzata competente a livello regionale.

## 11.4 Separazione dei materiali e riciclaggio

Dopo la rimozione dei fluidi di esercizio, i gruppi devono essere smontati e i materiali separati per tipo:

- Acciaio e ghisa (recinzione perimetrale con pannelli di riempimento, telai, tavola girevole, basamento): recupero come rottame metallico
- Metalli non ferrosi (cavi in rame, cavi di saldatura, tubetti di contatto): raccolta separata
- Apparecchiature elettriche ed elettroniche (sistemi di comando, azionamenti, HMI, sensori, generatore di corrente di saldatura): raccolta separata e smaltimento come rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche tramite centri di raccolta e di recupero autorizzati
- Pile e accumulatori (batterie tampone del sistema di comando del robot): sistema di ritiro delle batterie
- Materie plastiche (coperture, tubi flessibili, tendina): recupero di materia o di energia
- Materiale di imballaggio e materiale isolante: canali di recupero locali

Durante lo smontaggio e lo smaltimento osservare le disposizioni di legge e regolamentari vigenti nel luogo di installazione. In caso di dubbio, i materiali e i fluidi di esercizio devono essere smaltiti tramite un'impresa di smaltimento autorizzata; lo smaltimento deve essere documentato.

# 12 Disegni e altre informazioni

Con la macchina vengono forniti i seguenti documenti:

- Piano di installazione (RSZ-2600-LAY-001)
- Schemi elettrici dell'equipaggiamento elettrico (RSZ-2600-EPL-001)
- Schema pneumatico (RSZ-2600-PPL-001)
- Elenco dei ricambi (RSZ-2600-ET-001)
- Piano di prova delle funzioni di sicurezza da SF-01 a SF-05 (RSZ-2600-PPS-001)
- Modulo per il registro di manutenzione (RSZ-2600-WNW-001)
- Dichiarazione di conformità UE

Alla consegna, l'utilizzatore riceve il verbale di collaudo della prima messa in servizio, con le versioni e i checksum di riferimento del software rilevante per la sicurezza (programma del PLC di sicurezza, configurazione di sicurezza del sistema di comando del robot, parametrizzazione della barriera fotoelettrica; vedere il capitolo 13.2).

## 12.1 Disegni e ricambi

Il piano di installazione (RSZ-2600-LAY-001) viene fornito con la macchina. Su richiesta, il fabbricante mette a disposizione il disegno di disposizione generale e i disegni d'assieme (serie di disegni RSZ-2600-ZG-001 e segg.) per la manutenzione e per l'ordinazione delle parti di ricambio.

Parti di ricambio e parti soggette a usura: possono essere utilizzate solo parti di ricambio originali o parti equivalenti approvate dal fabbricante. Principali parti soggette a usura: tubetti di contatto e ugello del gas della torcia di saldatura, rulli del trainafilo, guaina guidafilo, tendina di protezione per saldatura, cartuccia filtrante di aspirazione, spazzole del pannello di base e kit di guarnizioni per i dispositivi di serraggio pneumatici. Informazioni per l'ordinazione: elenco dei ricambi allegato RSZ-2600-ET-001; negli ordini indicare sempre il tipo e il numero di serie della macchina.

Contatto per parti di ricambio e richieste tecniche: Muster Maschinenbau GmbH, Beispielstraße 1, 12345 Musterstadt, Germania, e-mail service@muster-maschinenbau.example.

## 12.2 Documentazione elettrica

La documentazione elettrica secondo EN 60204-1 viene fornita con la macchina: schemi elettrici (schema elettrico RSZ-2600-EPL-001), elenchi dei morsetti e dei cavi, disegno della disposizione del quadro elettrico, distinta base dell'equipaggiamento elettrico, documentazione dei programmi del PLC e del PLC di sicurezza con elenco dei segnali, nonché i rapporti di prova della prova del conduttore di protezione e della misura dell'isolamento. Una copia degli schemi elettrici è conservata nel quadro elettrico. Le modifiche all'impianto elettrico possono essere eseguite solo da persone esperte in elettrotecnica e solo con l'approvazione del fabbricante; in caso di modifiche, i disegni devono essere aggiornati di conseguenza.

## 12.3 Evidenza della valutazione del rischio

La valutazione del rischio secondo EN ISO 12100, con tutti i 42 pericoli, la relativa stima e le misure di protezione adottate, fa parte del fascicolo tecnico del fabbricante. Viene presentata alle autorità di vigilanza del mercato su richiesta motivata. I pericoli residui rilevanti per il funzionamento e le avvertenze che ne derivano sono riportati nel capitolo «Sicurezza».

# 13 Cibersicurezza

Il presente capitolo è destinato all'utilizzatore e agli specialisti responsabili delle reti e della manutenzione. Descrive come la cella di saldatura robotizzata RSZ-2600 viene integrata nella rete dell'utilizzatore, come si verifica la versione del software e come funzionano la manutenzione remota e gli aggiornamenti. Se un intervento sul sistema di comando riguarda una funzione di sicurezza, si applicano inoltre le indicazioni del capitolo 2 (Sicurezza).

## 13.1 Integrazione nella rete dell'utilizzatore

Collegare la cella alla rete dell'utilizzatore solo tramite il gateway fornito. Non collegare altri dispositivi o reti alla rete della cella all'interno del quadro elettrico.

- Collocare il gateway in un segmento di rete dedicato alle apparecchiature di produzione, non nella rete dell'ufficio.
- Consentire solo i collegamenti di cui la cella ha bisogno: OPC UA dal MES verso la cella e la connessione VPN verso il server di manutenzione remota del fabbricante.
- Non predisporre alcuna connessione Internet diretta per il sistema di comando.
- Modificare le regole del firewall solo previa consultazione del fabbricante.

## 13.2 Versione del software ed evidenza degli interventi

La versione e il checksum del software rilevante per la sicurezza sono visualizzati sul pannello HMI alla voce «Info» e possono essere consultati senza effettuare l'accesso. Il software rilevante per la sicurezza comprende il programma del PLC di sicurezza, la configurazione di sicurezza del sistema di comando del robot e la parametrizzazione della barriera fotoelettrica; le versioni e i checksum di riferimento sono registrati nel verbale di collaudo. Confrontarli con il verbale di collaudo dopo ogni intervento, aggiornamento e sostituzione di dispositivi. Il registro degli eventi elenca accessi, modifiche dei parametri, caricamenti di software e sessioni di manutenzione remota con marca temporale e utente. Se i valori non corrispondono, non abilitare la modalità automatica e informare il fabbricante.

## 13.3 Manutenzione remota

Alla consegna la manutenzione remota è disattivata. Una sessione può essere abilitata solo con l'interruttore a chiave per la manutenzione remota al pulpito di comando e termina automaticamente dopo quattro ore; mentre è attiva, il pannello HMI visualizza «Manutenzione remota attiva». In loco deve essere disponibile una persona responsabile. In caso di sospetto di accesso non autorizzato, terminare immediatamente la sessione con l'interruttore a chiave per la manutenzione remota e informare il fabbricante tramite l'indirizzo di contatto per le segnalazioni di sicurezza.

## 13.4 Aggiornamenti

Durante il periodo di assistenza, fino a marzo 2039, il fabbricante mette a disposizione nel portale clienti aggiornamenti di sicurezza per il software di comando, HMI e gateway, con note di rilascio e checksum. Il fabbricante informa via e-mail i contatti registrati sui nuovi aggiornamenti; gli avvisi di sicurezza sono inoltre pubblicati all'indirizzo https://www.muster-maschinenbau.example/security/advisories. Per installare un aggiornamento:

- Scaricare l'aggiornamento dal portale clienti e confrontare il checksum con le note di rilascio.
- Arrestare la cella, selezionare la modalità di regolazione, mantenere chiusa la porta di manutenzione e installare l'aggiornamento tramite USB sul pannello HMI oppure in una sessione di manutenzione remota abilitata in loco.
- Successivamente confrontare la versione e il checksum alla voce «Info» con le note di rilascio e registrarli come nuovo riferimento nel verbale di collaudo.
- Prima di abilitare la modalità automatica, eseguire e documentare la prova funzionale di tutte le funzioni di sicurezza da SF-01 a SF-05 secondo il piano di prova allegato RSZ-2600-PPS-001 (vedere i capitoli 10.2 e 12).

## 13.5 Conservazione dei registri

Il sistema di comando protegge il registro degli eventi contro la cancellazione e la modifica e conserva i caricamenti di software con i dati associati fino a cinque anni dopo il caricamento. Il registro può essere esportato in forma leggibile sul pannello HMI. Assicurarsi che la data e l'ora del sistema di comando siano corrette, altrimenti le marche temporali non sono utilizzabili. In caso di cessione della cella, consegnare i registri al nuovo utilizzatore e metterli a disposizione di un'autorità su richiesta motivata.

## 13.6 Informazioni sulla cibersicurezza

Questa sezione contiene le indicazioni del fabbricante sulla cibersicurezza della macchina.

La macchina dispone delle seguenti interfacce digitali:

**Tabella 6: Interfacce digitali della macchina**

| Interfaccia | Protocollo | Collegamento | Aggiornamento |
|---|---|---|---|
| Rete della cella verso robot, tavola girevole e generatore di corrente di saldatura (Rete / bus di campo / integrazione di linea) | PROFINET IO con PROFIsafe | Solo in loco sulla macchina | In loco da parte del personale di assistenza |
| Collegamento al MES dell'utilizzatore (Rete / bus di campo / integrazione di linea) | OPC UA (Sign & Encrypt) su Ethernet | Rete dell'impianto | In loco da parte del personale di assistenza |
| Manutenzione remota tramite gateway VPN (Accesso remoto / manutenzione remota) | VPN IPsec tramite la connessione Internet dell'utilizzatore | Collegamento tramite Internet | Da remoto |
| Pannello HMI al pulpito di comando (Pannello operatore (HMI) con gestione di utenti e parametri) | Comando touch con ruoli e account utente | Solo in loco sulla macchina | In loco da parte del personale di assistenza |
| Porta USB sul pannello HMI (USB / supporti rimovibili) | USB 2.0 per backup e importazione di programmi | Solo in loco sulla macchina | Tramite supporto dati rimovibile |
| Accesso di programmazione al PLC di sicurezza e al sistema di comando del robot (Accesso di engineering / programmazione) | Porta di engineering (Ethernet) nel quadro elettrico | Solo in loco sulla macchina | In loco da parte del personale di assistenza |

**Nome e recapiti del fabbricante**

Muster Maschinenbau GmbH

Beispielstraße 1, 12345 Musterstadt, Germania

service@muster-maschinenbau.example

https://www.muster-maschinenbau.example

**Punto di contatto unico per le vulnerabilità e politica di divulgazione**

Segnalazione di vulnerabilità: security@muster-maschinenbau.example

Politica di divulgazione coordinata delle vulnerabilità: https://www.muster-maschinenbau.example/security/disclosure

### Identificazione univoca del prodotto

Designazione del prodotto: Cella di saldatura robotizzata RSZ-2600

Tipo: RSZ-2600

Ulteriori dati di identificazione: Numero di serie sulla targa dati applicata sulla parete laterale destra del quadro elettrico; versione del software sul pannello HMI alla voce «Info»

### Destinazione d'uso, ambiente di sicurezza e proprietà di sicurezza

Destinazione d'uso: Saldatura MAG robotizzata di assiemi in acciaio fino a 40 kg nella produzione in serie, con installazione fissa in un capannone di produzione.

Ambiente di sicurezza previsto dal fabbricante: Funzionamento in una rete di produzione separata dalla rete dell'ufficio e da Internet; collegamento al MES solo tramite il gateway fornito; manutenzione remota solo tramite il gateway VPN dopo l'abilitazione al pulpito di comando; quadro elettrico e porte di programmazione chiusi a chiave.

Funzionalità essenziali: Comando di robot, tavola girevole, processo di saldatura e aspirazione dei fumi; ricezione degli ordini e trasmissione dei dati di produzione tramite OPC UA; backup tramite USB; manutenzione remota da parte del fabbricante.

Proprietà di sicurezza: Account utente personali con ruoli; connessione OPC UA cifrata e firmata; VPN con autenticazione a più fattori; registro degli eventi relativo ad accessi, modifiche dei parametri e sessioni di manutenzione remota; versione e checksum del software rilevante per la sicurezza sul pannello HMI; nessun accesso remoto al sistema di comando di sicurezza.

### Circostanze che possono comportare rischi significativi di cibersicurezza

Collegamento della rete della cella direttamente alla rete dell'ufficio o a Internet; manutenzione remota lasciata abilitata in modo permanente; password condivise; file provenienti da fonti sconosciute tramite USB; aggiornamenti di sicurezza non installati; prosecuzione del funzionamento dopo la fine del periodo di assistenza.

### Assistenza tecnica di sicurezza e data di fine del periodo di assistenza

Tipo di assistenza tecnica di sicurezza: Aggiornamenti di sicurezza per il software di comando, HMI e gateway tramite il portale clienti; avvisi di sicurezza via e-mail; supporto da parte dell'assistenza tecnica del fabbricante per l'integrazione della cella nella rete dell'utilizzatore.

Fine del periodo di assistenza: 03/2039

**Istruzioni dettagliate**

a) Messa in servizio e uso in sicurezza: Al primo accesso modificare la password iniziale (il sistema di comando lo impone) e creare account personali per tutti gli operatori; integrare il gateway secondo lo schema di rete del fabbricante e consentire soltanto OPC UA verso il MES e la connessione VPN verso il fabbricante; salvare la configurazione collaudata e registrarne il checksum nel verbale di collaudo.

b) Effetti delle modifiche sulla sicurezza dei dati: Ulteriori collegamenti di rete, regole del firewall modificate, modifiche al programma di sicurezza o il collegamento di altre macchine possono compromettere la cibersicurezza e le funzioni di sicurezza. Effettuare tali modifiche solo previa consultazione del fabbricante e verificare successivamente le funzioni di sicurezza.

c) Installazione degli aggiornamenti rilevanti per la sicurezza: Scaricare gli aggiornamenti di sicurezza dal portale clienti, confrontare il checksum e installarli tramite USB sul pannello HMI a cella ferma, con la modalità di regolazione selezionata e la porta di manutenzione chiusa, oppure durante una sessione di manutenzione remota abilitata; verificare quindi versione e checksum sul pannello HMI.

d) Messa fuori servizio in sicurezza e rimozione dei dati dell'utilizzatore: Prima della messa fuori servizio, salvare i programmi di saldatura e i registri, ripristinare la cella tramite «Impostazioni di fabbrica» (questa operazione cancella account utente, certificati, programmi e registri) e chiedere al fabbricante di bloccare l'accesso per la manutenzione remota.

# Indice degli allegati

La macchina è corredata dei seguenti documenti aggiuntivi (allegato alle presenti istruzioni per l'uso):

- Dichiarazione di conformità

Questo documento è stato redatto con il supporto dell'IA. La verifica e la responsabilità del contenuto spettano al fabbricante.
#ce-copilot:ki-unterstuetzt; ai-disclosure=ai-assisted; generator=CE-Copilot; digitalsourcetype=compositeWithTrainedAlgorithmicMedia