Nuove Tecnologie per l'Assemblaggio delle lamiere

Rivettatura AUTOPERFORANTE

Il ritorno all'unione meccanica delle lamiere, con un processo
PULITO, SILENZIOSO, ECONOMICO ed ECOLOGICO
per l'unione dei materiali più diversi, anche non metallici
sia in lamiere, in estrusi, fusioni, o anche isolanti,
preverniciati, difficilmente o per nulla saldabili,
con la CERTEZZA di resistenza e ripetibilità
applicabile a componenti finiti senza
comportare operazioni di ripresa

Pinze pensili
con cassette intercambiabili

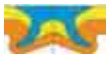
Macchine fisse
con sbracci fini a 800 mm ed oltre

Servo-Pinze robotizzate
a bassi consumi energetici con recupero dell'energia

ALESSIO

www.alessiorivettatura.it
E-mail: ataless@tin.it
Tel. 348 998 16 53
Fax 0142 85602

Consultate sul nostro sito web il volume "LA RIVETTATURA AUTOPERFORANTE"
con 286 pagg. e 1.200 illustrazioni di applicazioni



Proprietà letteraria riservata

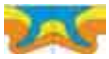
© 2011 by Attilio ALESSIO
Via Rattazzi 14 – 15025 Morano sul Po (AL) - I

Foto e immagini di questo testo
sono proprietà esclusiva
di www.henrob.co.uk

I N D I C E

La Rivettatura autoperforante HENROB

Cap. I	Il Gruppo HENROB	Pag. 1
Cap. II	Il Processo	Pag. 5
Cap. III	I Rivetti autoperforanti	Pag. 17
Cap. IV	I Perni autoperforanti	Pag. 27
Cap. V	Unità Standard di rivettatura	Pag. 39
Cap. VI	Macchine Pensili	Pag. 43
Cap. VII	Macchine Fisse	Pag. 47
Cap. VIII	Pinze-Robot	Pag. 51
Cap. IX	Pinze Ultraleggere	Pag. 63
Cap. X	Pinza a “E”	Pag. 71
Cap. XI	Sospensioni per macchine pensili	Pag. 75
Cap. XII	Applicazioni – AUTOMOTIVE	Pag. 83
Cap. XIII	Applicazioni – VEICOLI INDUSTRIALI	Pag. 95
Cap. XIV	Applicazioni – Industria ELETTRICA	Pag. 103
Cap. XV	Applicazioni – Componenti PIANI	Pag. 107
Cap. XVI	Applicazioni – Industria in GENERALE	Pag. 119
Cap. XVII	Trattamenti superficiali dei rivetti	Pag. 143
Cap. XVIII	Articoli dalla stampa tecnica	Pag. 155



Henrob®
Innovative Joining Solutions

La Henrob è impegnata a far raggiungere
alla rivettatura autoperforante
NUOVI LIVELLI e ad **AMPLIARNE I CONFINI**.

La sua filosofia è "**INNOVARE**", non "**IMITARE**"
e si concretizza con la cultura imprenditoriale dei suoi tecnici
dotati di una naturale predisposizione alla creatività.

La **Henrob** ha la più grande équipe al mondo
dedicata esclusivamente
alla rivettatura autoperforante.

Henrob Limited,
Deeside Industrial Park, Fkintshure, CH5 2NX, UK.
Tel: +44 1244 837220 Fax: +44 1244 837222
www.henrob.co.uk sales@henrob.co.uk

Henrob®

In Italia contattare

Tel: 348 998 1653
E-mail: ataless@tin.it
www.alessiorivettatura.it

30 anni di esperienza dedicati ESCLUSIVAMENTE alla Rivettatura Autoperforante
200 dipendenti - 8 stabilimenti – 10.000 macchine al lavoro in tutto il mondo
Macchine, rivetti, trattamenti termici e superficiali tutti all'interno per una qualità totale.
Leader mondiale per specializzazione, innovazione, numero di applicazioni.

Henrob Limited

Henrob Corporation

Henrob (UK) Pty Ltd

Henrob GmbH

12 Aber Park
Flint, CH6 5EX
UNITED KINGDOM

Tel: +44(0)1352 762555
Fax: +44(0)1352 762502
Howard Litherland
@: sales@henrob.co.uk

23079 Commerce Drive
Farmington Hills
MI 48335, U.S.A.

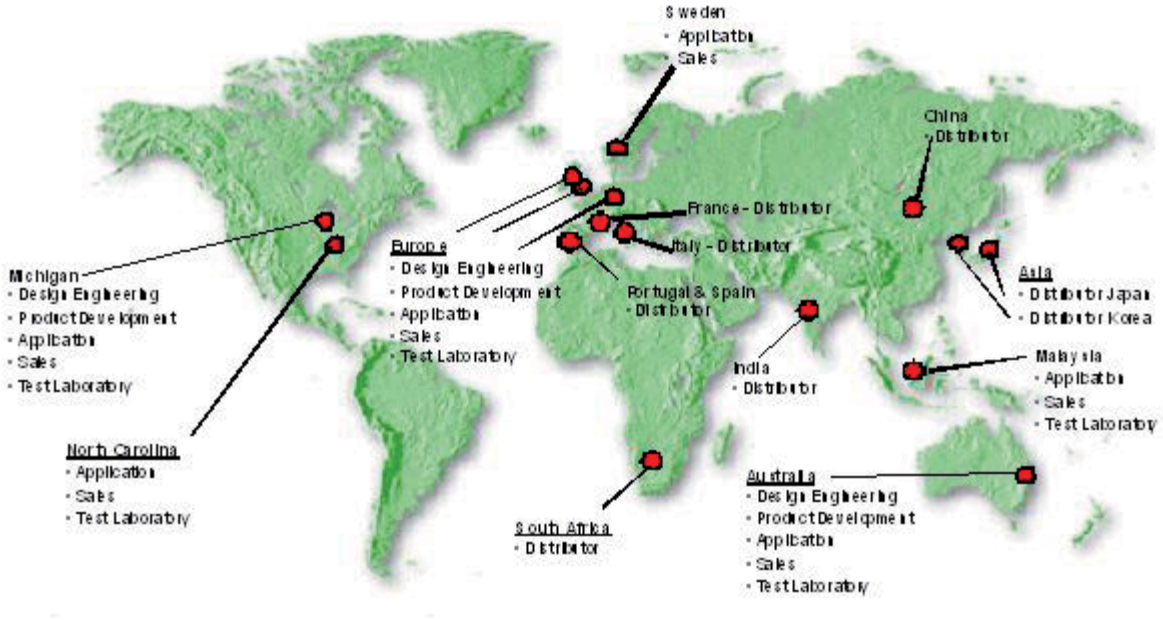
Tel: +1 248 615 0404
Fax: +1 248 615 0884
Mike LaPensee
@: lapensml@henrob.com

400 Newman Road
Geebung 4034, Brisbane
Queensland, AUSTRALIA

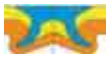
Tel: +61 7 3865 2898
Fax: +61 7 3865 2867
Stuart Blacket
@: SEB@henrob.com.au

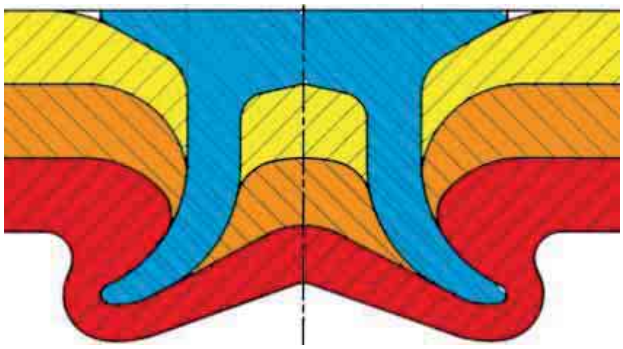
Oststraße 72
32051 Herford
GERMANY

Tel: +49 5221 763080
Fax: +49 5221 763011
Michael Bettin
@: info@henrob.de



Presenza di HENROB nel mondo dell'AUTO:
AUDI
BENTLEY
BMW
DAIMLER-CHRYSLER
FORD
GM
HONDA
HYUNDAI
JAGUAR
LAND ROVER
MAZDA
NISSAN
PEUGEOT
RENAULT
SANYO
TOYOTA
VALMET
VOLVO

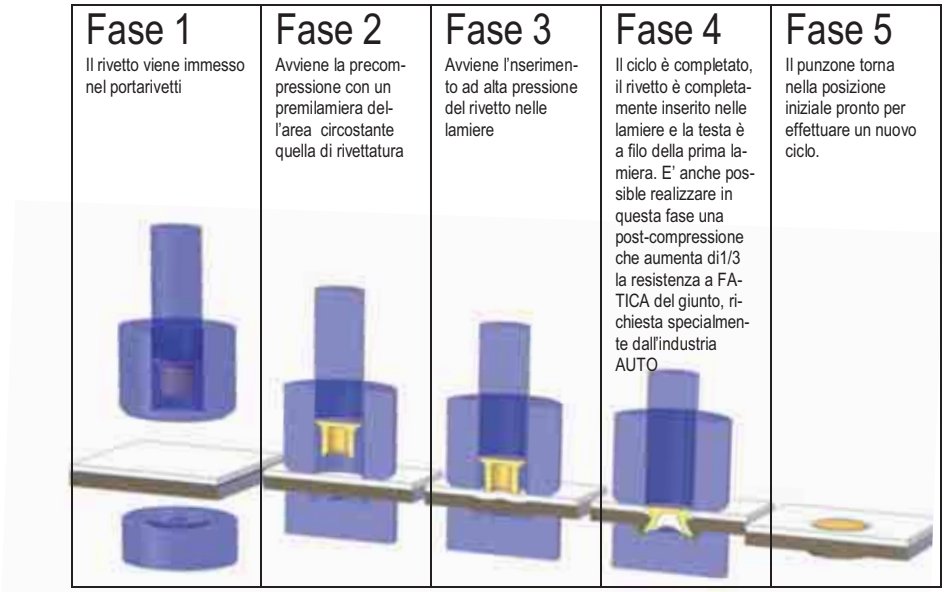




Il Processo di Rivettatura AUTOPERFORANTE

Rivettatura AUTOPERFORANTE

Sequenza del processo



Alcuni vantaggi rispetto alla saldatura a punti

1	**MAGGIOR RESISTENZA a FATICA** MIGLIORA la resistenza A FATICA a trazione, a taglio e a sbottonamento, con risultati eccezionali rispetto alla puntatura
2	**TENUTA ASSOLUTA** Garantisce ZERO DIFETTI sulla tenuta
3	**RIPETIBILITA`** La rivettatura autoperforante dà la certezza di RIPETIBILITÀ del giunto
4	**SICUREZZA** La RESISTENZA del giunto è assicurata, garantita dalla sezione stessa dei rivetti e dal loro controllo al 100%
5	**DUREZZA** I trattamenti termici, tutti certificati, assicurano 7 possibili livelli di durezza del rivetto, che è realizzato in acciaio bonificato
6	**PROTEZIONE** La protezione SUPERFICIALE dei rivetti è quella scelta dal cliente (zincatura, alluminatura, brunitura, cromatura, verniciatura, ecc.) con le tonalità di colorazione della lamiera in cui il rivetto viene immesso
7	**ADESIONE** La protezone viene applicata MECCANICAMENTE e offre un'adesione molto maggiore di quella dei processi galvanici
8	**RITORNO all'UNIONE MECCANICA** E' un PROCESSO MECCANICO A FREDDO ad alta pressione invece che elettrotermico
9	**SEMPLICITA`** E' un processo SEMPLICE che non necessita di continue regolazioni come la puntatura
10	**ECONOMIA** E' economico perché elimina gli SPRECHI di ENERGIA della puntatura che è un processo per "*eccesso*". Infatti, una volta determinata la corrente "*necessaria e sufficiente*" la si aumenta "*per prudenza*" di una percentuale sensibile. Tale percentuale subisce poi incrementi progressivi (fino alla prima ravvivatura degli elettrodi) per mantenere costante la **DENSITÀ** di corrente, in quanto gli elettrodi, saldando, aumentano di Φ, influendo in ragione del quadrato sull'area della punta deli elettrodi.
11	**DEPENALIZZAZIONE** Evita di assorbire dalla rete PICCHI ISTANTANEI di corrente che sono così elevati da influire sul cos fi di un intero reparto, tanto che l'Enel li penalizza in vari modi, fino a imporre gruppi di rifasamento o addirittura cabine di trasformazione dedicate.
12	**PROTEZIONE** La rivettatura autoperforante mantiene integra la protezione superficiale della lamiera nella zona del giunto, a differenza della saldatura a punti che la asporta durante il processo.

13	**No SCINTILLE** Le scintille altro non sono che spreco: sono spruzzi di materiale fuso non utilizzato per realizzare il punto saldato e avvengono per impostazioni non corrette di corrente o pressione, non ortogonalità o non concentricità delle punte degli elettrodi.
14	**No VAPORI o FUMI di OLI** I vapori sono generati dal calore della puntatura che fa' evaporare i lubrificanti o le sostanze protettive contro la ruggine.
15	**No ESTRAZIONI di FUMI** Non sono necessari sistemi di ESTRAZIONE dei FUMI come nella puntatura, che comunque non impediscono l'inquinamento delle aree vicine ai posti di saldatura
16	**No ACQUA di RAFFREDDAMENTO** Nella puntatura l'acqua dev'essere decalcarizzata e controllata in pressione e temperatura, diversamente il calcare si deposita nel punti più caldi e nelle zone più difficilmente raffreddabili e più delicate (come gli elettrodi e il secondario del trasformatore)
17	**TECNOLOGIA PULITA** Si torna a una tecnologia PULITA che è "*operator-friendly*"
18	**E' MENO FATICOSA** Rispetto alla puntatura comporta meno fatica da parte dell'operatore, senza frequenti operazioni di pulitura, spazzolatura e ravvivatura
19	**E' più IGIENICA** Rispetto alla puntatura è più igienica, in quanto l'operatore non deve indossare indumenti che lo proteggano dalle scintille e dai fumi (grembiuli, occhiali, maschere).
20	**Non è PERICOLOSA per la SALUTE** Ricordiamo che l'acciaio zincato, molto frequente nelle applicazioni industriali, presenta i problemi della sublimazione dello zinco, i cui vapori, se respirati, sono dannosi per la salute
21	**Richiede MENO ATTENZIONI** Richiede meno attenzioni da parte degli operatori che, nella puntatura,devono stare attenti: - di non far toccare la lamiera coi porta-elettrodi (per evitare sparature da basso contatto) - che gli elettrodi siano troppo usurati (per ravvivarli, sostituirli o aumentare i valori della corrente) - che la distanza dalla profondità dal foro dell'elettrodo alla sua punta non sia inferiore al valore minimo ammissibile - che la portata dell'acqua di raffreddamento (soggetta a variazioni di pressione) non sia inferiore al minimo - che non ci siano perdite d'acqua
21	**Minor QUALIFICA degli operatori** Rispetto alla puntatura non richiede particolari qualifiche degli operatori perché le regolazioni sono pressoché inesistenti.
22	**EFFICACE con QUALSIASI MATERIALE** L'unione realizzata dalla rivettatura autoperforante è efficace con qualsiasi tipo di materiale, purché l'ultimo sia un metallo con un allungamento del 12%
23	**INDIPENDENTE dalla CONDUCIBILITA` dei Materiali** La conducibilità elettrica e termica dei MATERIALI da unire (cioè come il materiale reagisce a un passaggio di corrente) è del tutto indifferente per la rivettatura. Può unire gomma, isolanti, fusioni, adesivi
24	**LIBERATORIA** Perché libera i progettisti dalla difficoltà di scegliere combinazioni di materiali FISICAMENTE molto diversi fra loro (ad es. unire fra loro acciaio, alluminio, magnesio, fusioni, estrusi, isolanti, adesivi, guarnizioni, ecc.)
25	**COMPRENSIBILE** E' una tecnologia COMPRENSIBILE in modo immediato, perché richiama concetti e principi meccanici ben noti in un reparto di lavorazione lamiere.
26	**La sua QUALITA` è VISIBILE** E' un processo in cui la qualità del giunto è resa visibile dal PROFILO della BUGNA che è il risultato del processo. Non sono necessarie periodiche prove distruttive, macrografie o analisi chimiche come nella puntatura
27	**Giunto STAGNO** Il giunto è STAGNO: si costruiscono barche in Al, vasconi di raccolta acque, pannelli solari. Il giunto è stagno perché, malgrado il rivetto perfori la prima lamiera, la pressione con cui compatta la zona è così elevata che realizza una vera e propria coniatura dell'area del giunto che lo rende stagno, oltre a renderlo un punto di forza e di assorbimento di energia dinámica.
30	**Buon Aspetto ESTETICO** Anche esteticamente i rivetti danno l'impressione di una MAGGIOR ROBUSTEZZA dell'insieme assemblato
31	**PREVERNICIATO** Questa tecnologia può essere perfettamente utilizzata anche per unire componenti in preverniciato, con rivetti della stessa tonalità di colore della vernice.

32	**Controllo al 100%** Le lavorazioni dei rivetti (meccaniche, termiche, di protezione superficiale, di sigillo e d'imballaggio automatico) vengono TUTTE effettuate da Henrob all'interno del proprio stabilimento per garantire il controllo totale al 100% della qualità
33	**Metallo d'apporto** A differenza della puntatura (che è un processo elettrotermico AUTOGENO) la rivettatura è un processo a freddo con metallo d'apporto (il rivetto) che viene predefinito in funzione della serie di combinazioni di spessori e di materiali da unire
34	**Può assemblare un PRODOTTO FINITO** A differenza della puntatura si possono rivettare componente FINITI aggiungendo anche un valore estetico oltre a quello di resistenza.
35	**No effetti elettromagnetici** Nella puntatura, il circuito secondario è percorso da correnti da 5.000 a 50.000 A ed esistono effetti elettromagnetici rilevanti, tanto che gli operatori non possono portare orologi digitali e tantomeno pacemaker . Per la legge di Lenz, il campo magnetico genera una forza verso l'esterno della macchina che è molto evidente quando si guarda l'orientamento della maggior parte delle scintille: vanno proprio nella direzione dell'operatore. La rivettatura autoperforante è invece un processo a freddo altamente ecologico sotto tutti i punti di vista.
36	**Perdite d'acqua** In una puntatrice, le perdite d'acqua non sono infrequenti e non c'è niente di peggio di perdite che avere acqua in una macchina elettrica. Una rivettatrice è invece una macchina che usa l'idraulica di alta sicurezza in uso nell'industria AUTO e nei ROBOT idraulici, con tenute garantite per decine di milioni di azionamenti prima di un controllo manutentivo programmato.
37	**Utilizza DUE soli tipi di ENERGIA invece di QUATTRO.** Nella puntatura sono da tenere sotto controllo 4 tipi di energie: - quella **pneumatica** che esercita la forza - quella **idraulica** che effettua il raffreddamento delle parti percorse da corrente - quella **elettronica** (sofisticatissima) che controlla i tempi di saldatura, i valori della corrente e i suoi incrementi necessari per mantenere constante la densità di corrente all'aumentare dell'area della punta degli elettrodi - quella **elettrica** (per i comandi e il coordinamento dei segnali di sequenza) Questi 4 tipi di energie richiedono personale di manutenzione con conoscenze superiori al normale. Nella rivettatura sono invece da tenere sotto controllo solo 2 tipi di energie: - quella **idraulica** che esercita la forza - quella **elettrica** (per i comandi e il coordinamento dei segnali di sequenza) che richiedono personale di manutenzione con conoscenze ordinarie
38	**Consente di diminuire la QUANTITA` di PUNTI di giunzione.** La zona interessata dall'applicazione del rivetto è molto più ampia di quella del punto, ha un momento d'inerzia che è il doppio e ha una resistenza strutturale maggiore. A parità di resistenza della struttura, in genere la quantità di rivetti che s'inseriscono è inferiore del 10-20% rispetto alla quantità di punti saldati.
39	**Non influisce sul peso della Struttura Rivettata** Un rivetto pesa ~1 grammo e in un autoveicolo (che ha circa 3000 punti) il peso dei rivetti sarebbe meno di 3 kg
40	**Assorbe più energia dinamica** Nelle sollecitazioni dinamiche, specie in quelle a fatica, la rivettatura assorbe molta più energia dinamica della puntatura perché il punto è una giunzione rigida mentre il rivetto ha una sua elasticità
41	**Elimina la precarietà e il nonsenso tecnico della LIMA nella puntatura** Nelle aziende che puntano viene ancora usata con molta disinvoltura la lima per disincrostare o ravvivare un elettrodo usurato dimenticando che la costanza dell'area A della punta dell'elettrodo è essenziale per una buona puntatura. La densità di corrente **d** è il parametro più importante per una buona puntatura e dipende direttamente dall'area **A**: **d = I / A** **p = F / A** dove I=intensità di corrente e F=Forza di saldatura d=densità di corrente p=pressione sugli elettrodi. La rivettatura evita l'approssimatività della lima e assicura al 100% la SEZIONE del giunto saldato, la sua RESISTENZA MECCANICA e la sua RIPETIBILITÀ.
42	**Maggior rendimento lavorativo** Da clienti che sono al tempo stesso grandi puntatori e grandi rivettatori abbiamo avuto conferma di un fatto che sarebbe sfuggito alle nostre conoscenze e cioè che uno stesso pezzo rivettato con un n° di rivetti uguale a quello dei punti, nell'arco di un anno può essere prodotto con un rendimento maggiore del 25-30% rispetto alla puntatura. Cioè, scegliendo come processo la rivettatura, a parità di ore di lavoro, si esegue mediamente il 30% di pezzi in più. Questo miglior rendimento di processo contribuisce in modo sensibile all'ammortamento delle macchine di rivettatura e del costo dei rivetti.

CONFRONTO tra Giunti PUNTATI, CLINCIATI e RIVETTATI con Rivetti autoperforanti HENROB

PROCESSO	Giunti Saldati a PUNTI			Giunti CLINCIATI			Giunti con Rivetti Autoperforanti Henrob		
PROPRIETÀ` e CARATTERISTICHE del GIUNTO	Acciaio nudo	Acciaio rivestito (Zn o Al)	Allumi-nio	Acciaio nudo	Acciaio rivestito (Zn o Al)	Allumi-nio	Acciaio nudo	Acciaio rivestito (Zn o Al)	Allumi-nio
Resistenza a **Taglio** del giunto	5	5	5	3	3	3	6	6	7
Resistenza allo **Sbottonamento**	3	3	3	2	2	2	4	4	4
Rigidità del giunto	6	6	6	3	3	4	5	5	5
Assorbimento di **Energia**	3	3	3	2	2	2	6	6	5
Durata a **Fatica** del giunto	3	3	2	4	4	4	6	6	6
Resistenza alla **Corrosione**	7	8	8	7	7	9	9	9	8
Affidabilità della tenuta	6	4	2	7	7	7	8	8	8
Ripetibilità del giunto	4	2	1	7	7	7	7	7	7
Aspetto visivo del giunto	5	4	2	4	4	3	7	7	4
Distorsione dell'area del giunto	6	5	3	4	4	1	7	7	7
TOTALE	**48**	**43**	**35**	**43**	**43**	**42**	**65**	**65**	**61**

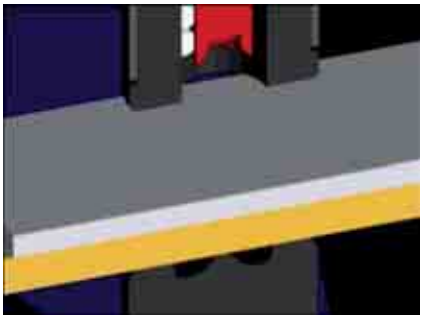
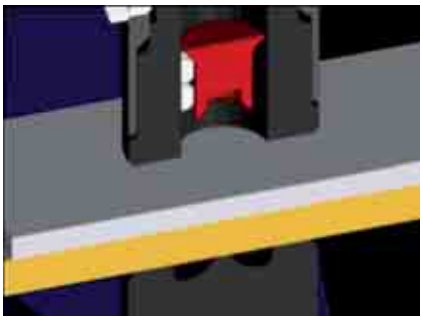
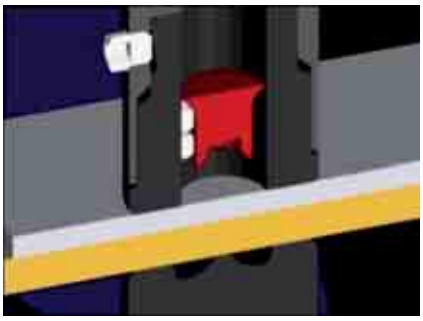
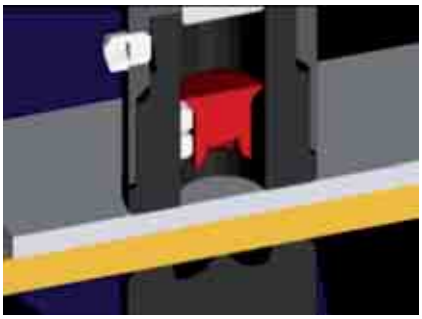
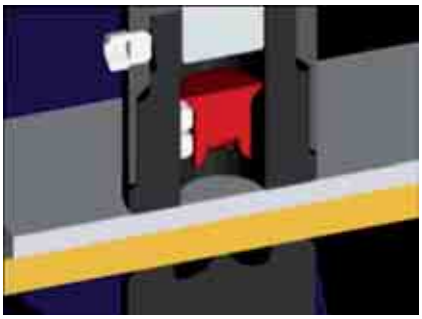
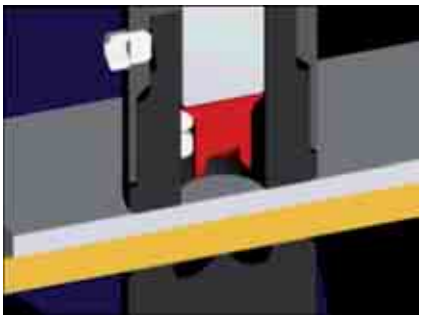
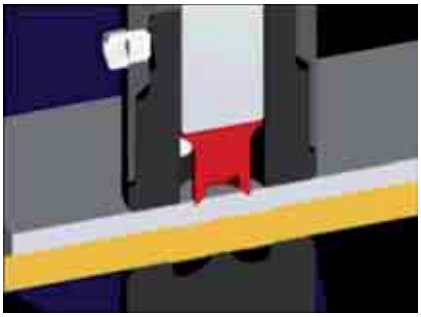
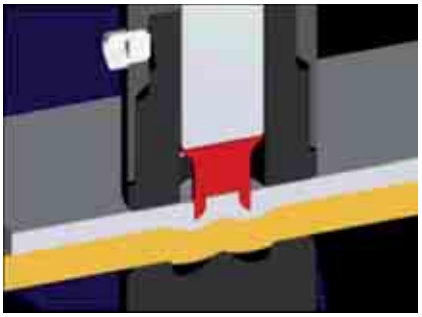
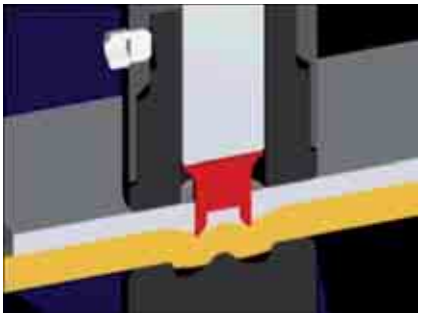
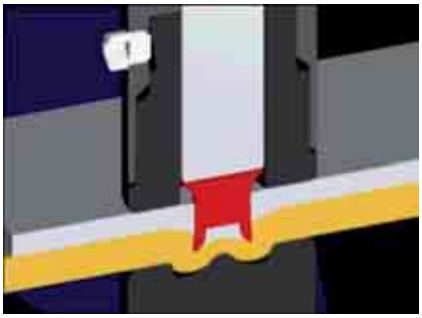
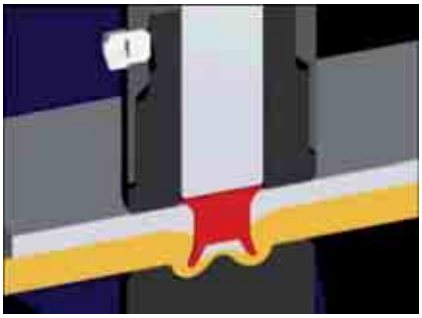
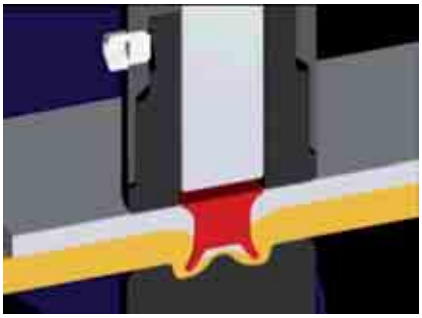
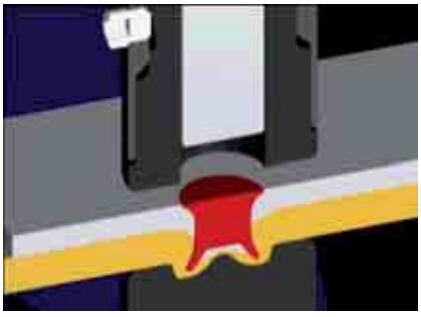
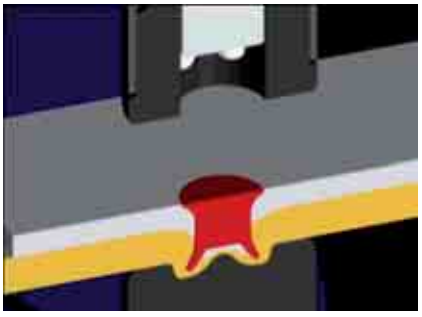
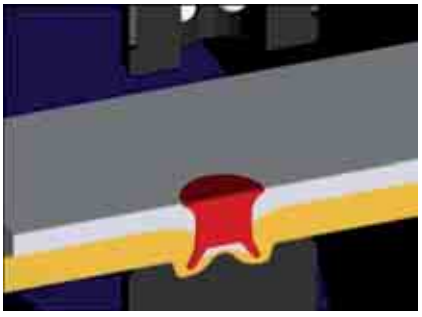
Confronto della Puntatura con Clinciatura e **Rivettatura**

PROCESSO	Giunto Saldato a PUNTI			Giunto CLINCIATO			Giunto con Rivetti Autoperforanti Henrob		
PROPRIETÀ` e CARATTERISTICHE del GIUNTO	Acciaio nudo	Acciaio rivestito (Zn o Al)	Allumi-nio	Acciaio nudo	Acciaio rivestito (Zn o Al)	Allumi-nio	Acciaio nudo	Acciaio rivestito (Zn o Al)	Allumi-nio
Valori medi	**45,5**		**35**	**43**		**42**	**65**		**61**

Conclusione:

Per lamiere in ACCIAIO la Rivettatura **vale il** **43%** in più della Puntatura e il **49%** in più della Clinciatura

Per lamiere in Alluminio la Rivettatura **vale il** **74%** in più della Puntatura e il **54%** in più della Clinciatura

Prova distruttiva allo SBOTTONAMENTO

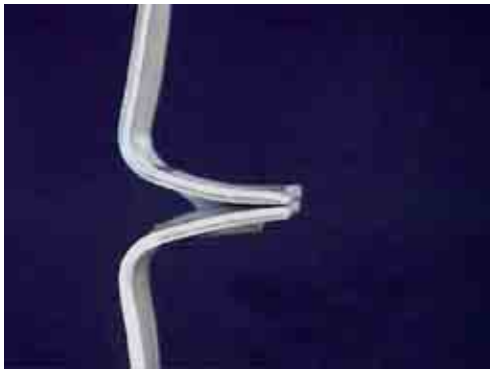
La Saldatura a Punti crea un GIUNTO RIGIDO.
La rivettatura crea invece un GIUNTO ELASTICO
che ASSORBE molta più ENERGIA DINAMICA durante gli urti e gli impatti,
senza compromettere la cedevolezza della struttura dei componente assemblati.

Si rompe la lamiera ma mai il rivetto autoperforante

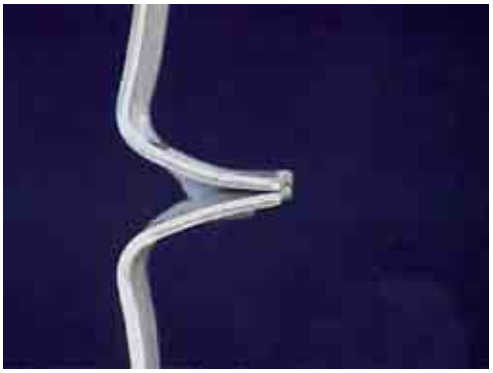
1

2

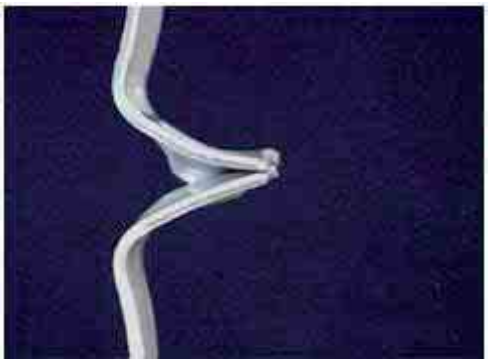
3



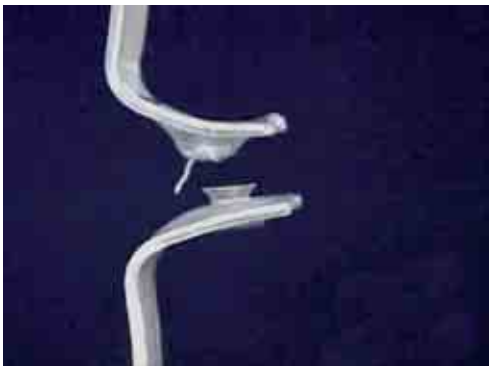
4



5



6

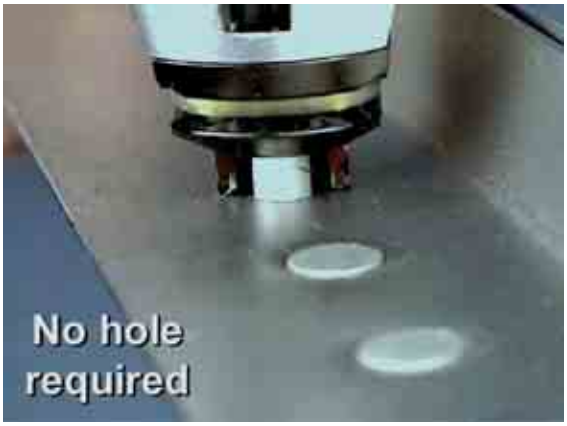


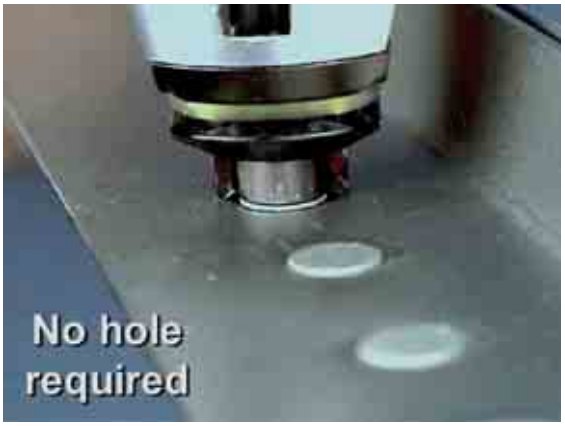
Prova distruttiva a TAGLIO -

Si rompe la lamiera ma mai il rivetto autoperforante.

Sequenza di Rivettatura

La testa del rivetto può essere perfettamente a filo della lamiera superiore

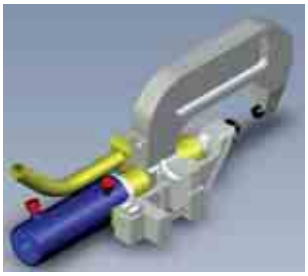




L'applicazione della forza di rivettatura può essere effettuata:

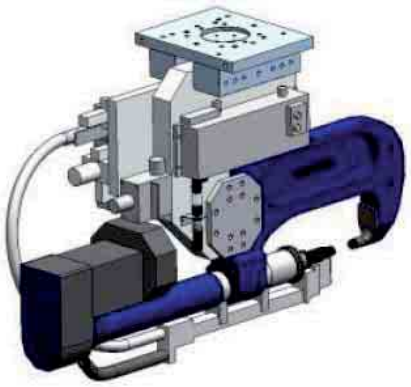
1) Con pinze **IDRAULICHE**
(manuali o robotizzate)
azionate da una CENTRALINA
con pressioni di circa 200 bar
La pressione è regolabile.

Pinze manuali



Pinze-robot indrauliche

2) Con **SERVO-PINZE ELETTRICHE**
robotizzate
che hanno il vantaggio
di poter scegliere automaticamente
ad ogni spostamento
un valore diverso di FORZA e di CORSA.
Con la **forza variabile** le pinze
si calibrano perfettamente alle varie combinazioni
di spessori e materiali.
Con la **corsa variabile** le pinze
si calibrano perfettamente alla conformazione
del componente, effettuando le corse minime
effettivamente necessarie ad ogni spostamento,
riducendo così al minimo i tempi morti ripetitivi.

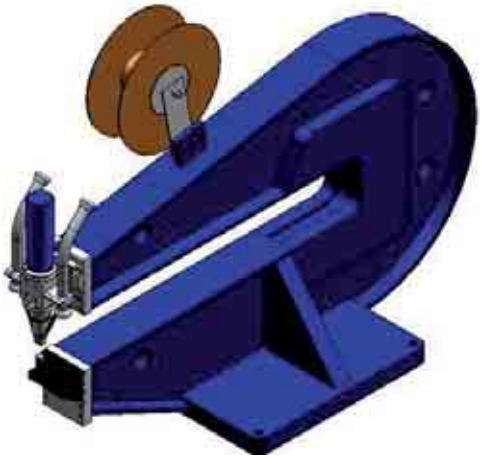


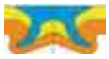
Servo-pinze elettriche per robot

3) Con pinze manuali a **BATTERIE**, utilizzate per prototipi,
per riparazioni o per lavori occasionali in cui non si può
agire con macchine dotate di centraline idrauliche
perché gli ambienti sono ancora privi di corrente elettrica

Pinze a batteria per prototipi

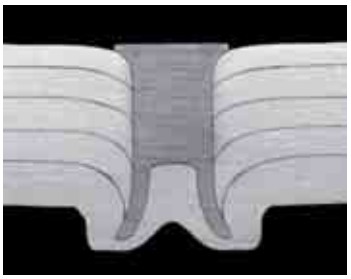
Grandi pinze idrauliche fisse a terra
con sbraccio di oltre 1500 mm
per applicazioni manuali o isole robotizzate





I rivetti AUTOPERFORANTI

I Rivetti e i Perni AUTOPERORANTI Henrob

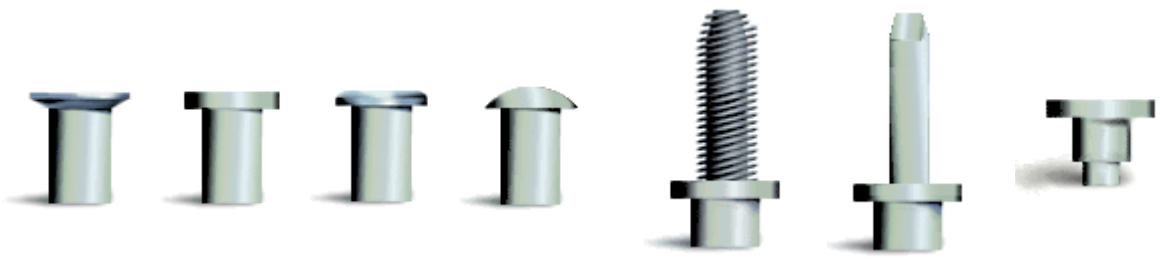


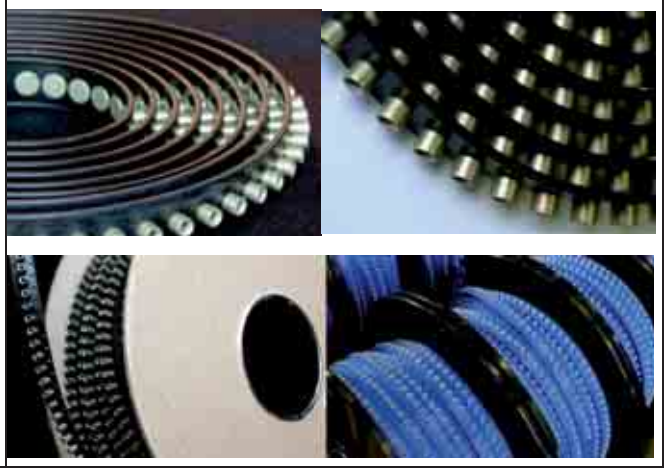
La Henrob fabbrica **IN PROPRIO** oltre 1.500.000.000 di rivetti all'anno.
I suoi impianti lavorano ininterrottamente e direttamente da bobine di filo.
I trattamenti termici e superficiali e i relativi controlli avvengono in linea.

I rivetti possono venire forniti con:

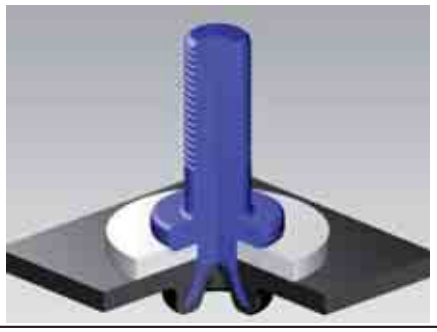
7 possibili livelli di **DUREZZA**
7 tipi di **MATERIALI**
39 diverse **GEOMETRIE**
Decine di **LUNGHEZZE**
11 tipi di **TESTE**
10 trattamenti **SUPERFICIALI**

Il controllo dei rivetti avviene automaticamente al 100%.
La certificazione, l'imballo, l'etichettatura e la lettura ottica per l'identificazione e la tracciabilità del tipo e del lotto di rivetti avvengono pure automaticamente e in linea.



Rivetti **SCIOLTI**	Rivetti su **NASTRO**
I rivetti SCIOLTI vengono SIGILLATI AUTOMATICAMENTE a FINE LINEA in buste di plastica di varie capacità. Una etichetta a lettura ottica riporta i dati di fabbricazione e di tracciabilità, nonché, **ben leggibile al primo sguardo**, la sigla univoca di identificazione dei rivetti stessi.	Oltre ai rigorosi criteri per la loro tracciabilità l'identificazione è facilitata da nastri di diverso colore quando i rivetti sono: - dello **STESSO TIPO** - con lo **STESSO Φ DI GAMBO** ma con DIVERSE lunghezze o diversa forma della sezione terminale
	

Non solo RIVETTI autoperforanti ma anche **PERNI** autoperforanti FILETTATI o LISCI



STOCK

Henrob ha uno stock permanente di oltre 100.000.000 di rivetti e di perni.
Effettua con propri automezzi consegne JUST-IN-TIME direttamente alle linee di produzione AUTO.
Spesso gestisce un proprio magazzino all'interno degli stabilimenti stessi per la garanzia totale della continuità della produzione.

FABBRICAZIONE dei RIVETTI e dei PERNI

Henrob è l'unica azienda al mondo che fabbrica **completamente** al suo interno interno i rivetti e i perni autoperforanti potendo così garantire una qualità e un controllo al 100%, c con qualsiasi livello di qualità richiesto dall'Industria AUTO. Ciò dà un'idea della profonda conoscenza e della totale autonomia di Henrob nelle lavorazioni meccaniche, in quelle per deformazione, nei trattamenti termici e superficiali e nei sofisticati metodi di controllo al 100% di ogni singolo rivetto, nonché nei sistemi di imballo automatico per evitare qualsiasi tipo di errore umano di classificazione e identificazione.

CICLO di FABBRICAZIONE

Forgiatura rivetti

Trattamento termico

Barilatura per la max adesione del successivo trattamento superficiale

Raddrizzatrici del filo

Filo di altissima qualità

Controllo al 100% dei rivetti

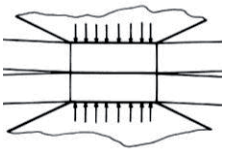
Conteggio, inpacchettamento ed etichettatura automatica dei rivetti

Esempi di Giunzioni

Perché i rivetti autoperforanti Henrob sono così resistenti ?

1) Perché il giunto è un inserto che **AUMENTA LA MASSA** resistente della zona di unione.
2) Perché è **BONIFICATO** e ha una **DUREZZA** molto maggiore delle lamiere che unisce. Questa durezza è necessaria per perforare la prima o le prime lamiere ed effettuare l'espansione nell'ultima.
3) Perché **AUMENTA di moltissimo il MOMENTO d'INERZIA** dell'area di giunzione.
4) Perché **IRROBUSTISCE** tutta la struttura in cui viene inserito, senza penalizzarla con un aumento sensibile del peso (un rivetto pesa circa 1g).
5) Perché la pressione specifica tra le lamiere che sono in contatto con la superficie laterale del rivetto è talmente elevata da realizzare una vera e propria **CONIATURA**. Tra l'altro è proprio questa coniatura che rende il giunto perfettamente stagno e insensibile alle vibrazioni grazie alle forze applicate che sono da **10 A 15 VOLTE** quelle della puntatura
6) Perché per lamiere sollecitate molto a FATICA è possibile eseguire (una volta inserito il rivetto) un'operazione di **POST-COMPRESSIONE** con un premilamiera che agisce nell'area intorno al giunto.
   Questa operazione viene a volte richiesta specificamente dall'industria Auto per zone particolarmemnte sollecitate e **AUMENTA di 1/3 la RESISTENZA a FATICA** del giunto rivettato.

Confronto di processo con la puntatura

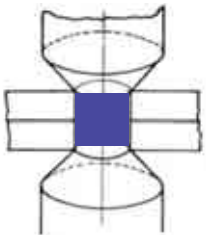


CILINDRO TEORICO

Nella puntatura il cilindro teorico di saldatura è quello determinato dalle punte degli elettrodi.

SEZIONE del Cilindro Teorico

La sezione del cilindro teorico di saldatura è un rettangolo che ha come altezza la somma degli spessori delle lamiere da unire e come base la punta degli elettrodi.

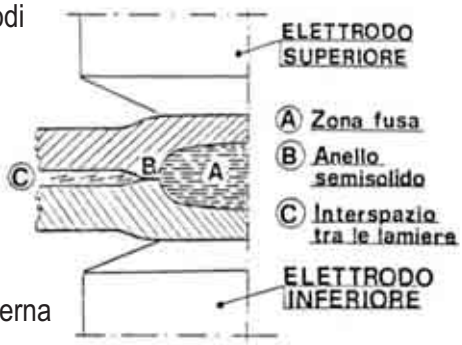


PUNTA degli ELETRODI

La punta degli elettrodi determina la densità di corrente "d" e la pressione "p" che sono i due parametri più importanti del processo.

SCAMBIO TERMICO

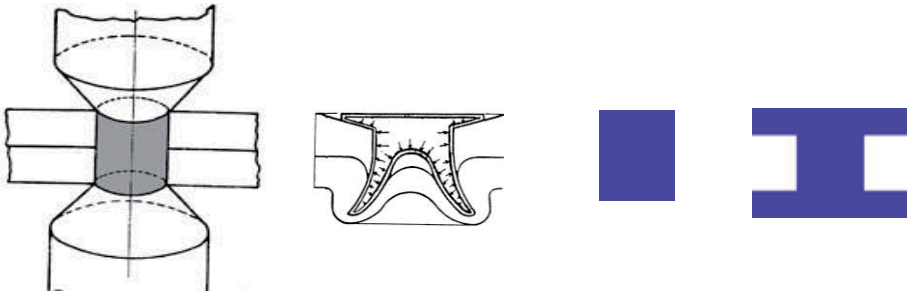
Il processo ha luogo grazie allo scambio termico operato dagli elettrodi nella zona percorsa da corrente.
Se non esistesse questo scambio termico gli elettrodi sprofonderebbero nella massa fusa, semifusa o allo stato pastoso che viene generata da densità di corrente dell'ordine di 400-1200 A/mm^2.
Gli elettrodi (in lega di rame e raffreddati internamente ad acqua) durante il passaggio di corrente "estraggono" istantaneamente una quantità di calore tale che passa allo stato di fusione solo la parte interna del cilindro di saldatura, che assume una forma **ellissoidale** che viene chiamata nucleo saldato.



Cilindro ADIABATICO

Immaginiamo ora che il processo di riscaldamento per effetto Joule del cilndro teorico di saldatura avvenga in modo adiabatico, cioè senza scambio di calore né con gli elettrodi né con la lamiera circostante.
Consideriamo di avere 2 lamiere da 3 mm e un diametro delle punte degli elettrodi di 5 mm.
L'area A della punta degli elettrodi vale: $A = \pi\, d^2/4 = 3{,}14156 \times 5^2/4 = 19{,}635$ mm^2
La sezione S del cilindro teorico di saldatura è un rettangolo che vale A x H dove H è la somma degli spessori delle lamiere:
$S = A \times H = 19{,}635 \times 6 = 117{,}81$ mm^2
Se fosse tutto il cilindro teorico di saldatura a resistere, il momento d'inerzia della sua sezione sarebbe:
$J = dH^3/12 = 90$ mm^4

Accostamento grafico tra punto saldato e rivetto a parità di spessori



In figura il **diametro** del cilindro teorico di saldatura è uguale a quello del **gambo** del rivetto.Ma, in più, il rivetto ha la testa che ha un diametro maggiore del 60% di quello del gambo e altrettanto avviene nella parte inferiore per l'espansione del gambo operata dalla matrice, che forma un gancio che è all'incirca dello stesso diametro della testa e a volte anche maggiore.

Confronto delle aree di resistenza

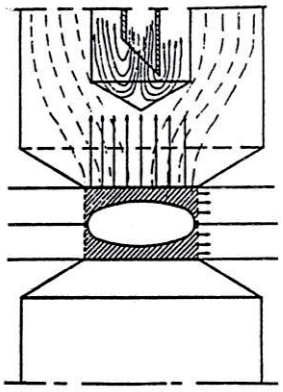
Questo confronto evidenzia che, anche se le due aree di resistenza fossero uguali, il momento d'inerzia di una sezione rivettata è molto maggiore di una puntata perché un'area lontana dal baricentro agisce in funzione del cubo della sua distanza.

Cioè, **a parità di area**,
il "doppio T" della struttura del rivetto
ha un momengto d'inerzia **3 volte** tanto
la sezione rettangolare del cilindro teorico di saldatura

$J_{rivetto}$ = 285 mm^4 J_{punto} = 90 mm^4

Ellissoide

Oltre a quanto evidenziato questo calcolo, per la puntatura, è errato per eccesso.
Infatti il momento d'inerzia di un punto saldato non è relativo al cilindro teorico di saldatura, ma all'ellissoide che viene fuso e che unisce le due lamiere.
Il diametro dell'ellissoide "d_1"è sempre leggermente
inferiore a quello della punta dell'elettrodo.
Assumiamo che, in questo caso, sia d_1=4,5mm.
Lo spessore "b" dell'ellissoide è in genere 1/3 in meno della somma degli spessori e assumiamo che, in questo caso, sia b=4mm.



Momento d'inerzia dell'ellissoide

Il momento d'inerzia J_e dell'ellissoide del punto saldato
(rispetto all'asse orizzontale x-x) vale: $J_e = \pi\, d_1/2\ b/2^3/4$ = 45,20 mm^4
Il momento d'inerzia di un giunto rivettato con Φ del gambo = al Φ del punto saldato **è 6 volte maggiore**.

Esempio pratico per lamiere con spessori più in uso: 1+1 mm e 1,5+1,5 mm

Calcoliamo ora i valori dei momenti d'inerzia non solo rispetto all'asse x-x ma anche rispetto a quello y-y e determiniamo il momento d'inerzia POLARE che è la somma dei due.
In questo modo si ha un'IDEA COMPLESSIVA della resistenza della zona del giunto.

Zona intorno al giunto

Per un calcolo più realistico dobbiamo prendere in considerazione non solo la sezione del punto o del rivetto ma anche la zona circostante in quanto l'inserzione del rivetto influisce positivamente sulla resistenza di tale area.

Rigidità e Elasticità

Il punto di saldatura, localizzato dalle punte degli elettrodi e dal passaggio di corrente, è un giunto rigido.
Il giunto rivettato, invece, è un giunto più "flessibile", cioè assorbe più energia dinamica indotta dalle sollecitazioni a cui è sottoposto.
La sua influenza sulla zona circostante è molto maggiore del punto perché coinvolge una maggior superficie, sia con la testa del rivetto, sia col gambo e sia col gancio formato dall'espansione del gambo nell'ultima lamiera.
Aggiungiamo che tale superficie viene compattata e "coniata" con pressione elevatissima, tanto che è proprio questa coniatura che rende il giunto perfettamente stagno.
Lo sfrido derivante dalla tranciatura delle prime lamiere viene trattenuto all'interno del rivetto e contribuisce a realizzare la massima densità del giunto.
In un impatto di un'auto, il giunto rivettato assorbe molta più energia del punto, senza compromettere la cedevolezza della struttura, la cui deformabilità è utile ai fini della sicuezza.

CALCOLO FINALE e CONCLUSIONI

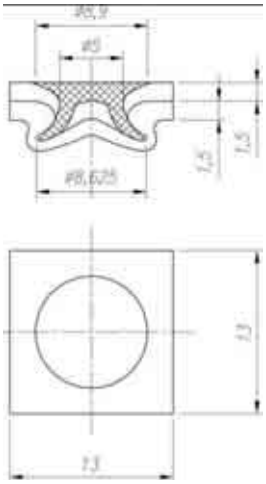
Nel calcolo che segue si considerano due diametri di punti e rivetti: Φ 3 e Φ 5 mm.
I punti hanno lo stesso diametro dei gambi dei rivetti.
Le lamiere considerate hanno spessori rispettivamente di 1+1 e 1,5+1,5 mm
Per il Φ 3 mm viene considerata una zona d'influenza di 10x10 mm,
mentre per il Φ 5 mm la zona d'influenza è di 13x13 mm.

ESEMPIO 1: punto e rivetto Φ 5 mm

Giunto largo **13 mm**
Spessori **1,5+1,5 mm**
Gambo rivetto **5 mm**
Momento d'inerzia J di un giunto saldato e di un giunto rivettato

Confronto	Giunto rivettato	Giunto puntato	Δ%
J_{x-x}	123,91 mm⁴	29,25 mm⁴	+423,62%
J_{y-y}	753,00 mm⁴	549,25 mm⁴	+ 37,10%
J_p	876,91 mm⁴	578,50 mm⁴	+ 51,58%

Giunto con rivetto Φ 5 mm



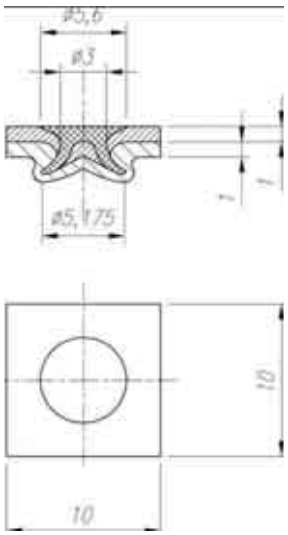
ESEMPIO 2: Punto e Rivetto Φ 3 mm

Giunto largo **10 mm**
Spessori **1+1 mm**
Gambo rivetto **3 mm**

Momento d'inerzia J di un giunto saldato e di un giunto rivettato

Confronto	Giunto rivettato	Giunto puntato	Δ%
J_{x-x}	26,05 mm⁴	6,67 mm⁴	+390,55%
J_{y-y}	201,96 mm⁴	166,67 mm⁴	+ 21,17%
J_p	228,01 mm⁴	173,34 mm⁴	+31,54%

Giunto con rivetto Φ 3 mm



CONCLUSIONE

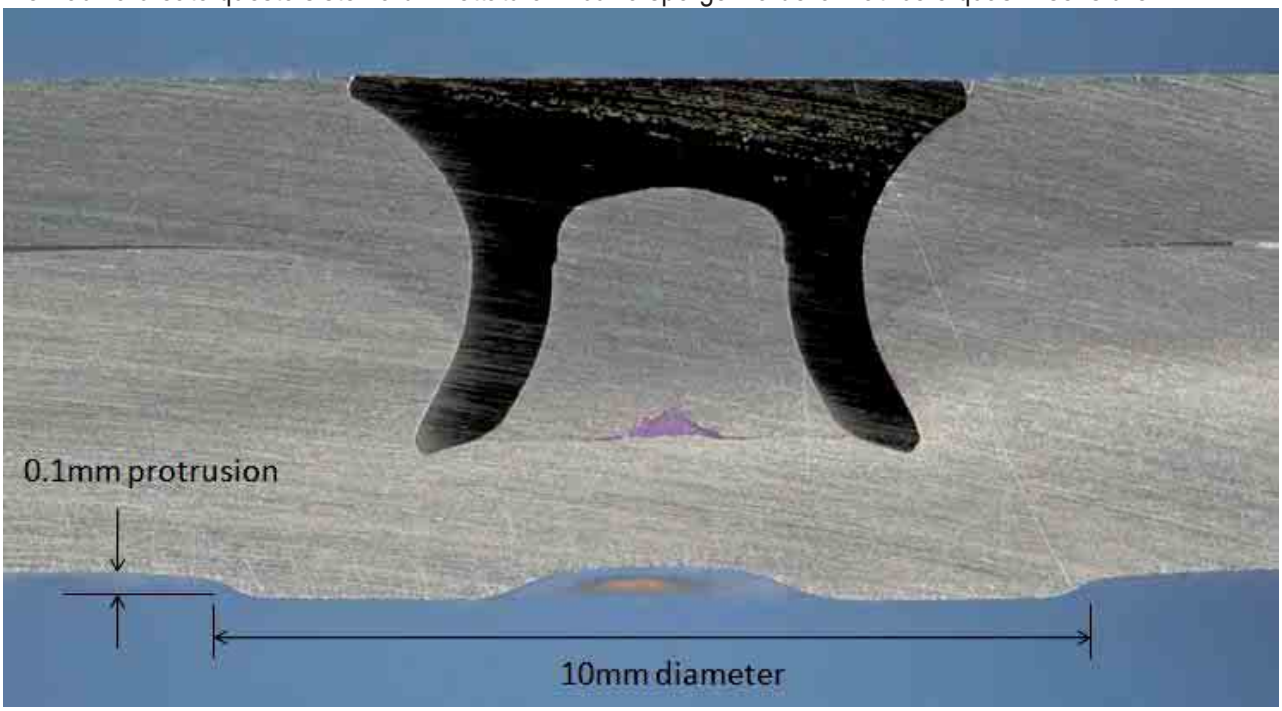
Mediamente il momento d'inerzia polare di un GIUNTO RIVETTATO è maggiore dal 30 al 50% di quello di un GIUNTO PUNTATO.

I rivetti utilizzati come **PERNI** di **CENTRAGGIO** e di **FINE CORSA**

I rivetti, invece di unire due o più lamiere, possono essere inseriti su una sola lamiera e fungere da perni di centraggio o di fine-corsa.
In questo caso (ad es.) un rivetto con un gambo da 3 mm e con un diametro della testa da 5.75 mm è applicato su un componente di Al che ha 2 spessori a scopi di centraggio.
Nel settore dei mobili metallici una soluzione del genere vene utilizzata nei cassetti per arrestarli alla loro fine corsa ed evitarne la fuoriuscita dalle guide.
Il rivetto viene fornito con la protezione più opportuna per il componente e con la stessa tonalità di colore.

Applicazioni particolari con rivetto a filo da ENTRAMBI I LATI

L'industria AUTO richiede a volte che il rivetto sia a filo da entrambi i lati. E' il caso delle porte, dei cofani, dei bagagliai e di tutte quelle parti dotate di guarnizioni perimetrali a tenuta d'acqua. La sporgenza della bugna del rivetto dal lato matrice non creerebbe le condizioni ideali di tenuta. Per queste applicazioni particolari Henrob ha creato questo sistema di rivettatura in cui la sporgenza della matrice è quasi insensibile.



CONFRONTO tra Giunti PUNTATI, CLINCIATI e RIVETTATI con Rivetti autoperforanti HENROB

PROCESSO	Giunti Saldati a PUNTI			Giunti CLINCIATI			Giunti con Rivetti Autoperforanti Henrob		
PROPRIETA` e CARATTERISTICHE del GIUNTO	Acciaio nudo	Acciaio rivestito (Zn o Al)	Allumi-nio	Acciaio nudo	Acciaio rivestito (Zn o Al)	Allumi-nio	Acciaio nudo	Acciaio rivestito (Zn o Al)	Allumi-nio
Resistenza a Taglio del giunto	5	5	5	3	3	3	6	6	7
Resistenza allo Sbottonamento	3	3	3	2	2	2	4	4	4
Rigidità del giunto	6	6	6	3	3	4	5	5	5
Assorbimento di Energia	3	3	3	2	2	2	6	6	5
Durata a Fatica del giunto	3	3	2	4	4	4	6	6	6
Resistenza alla Corrosione	7	8	8	7	7	9	9	9	8
Affidabilità della tenuta	6	4	2	7	7	7	8	8	8
Ripetibilità del giunto	4	2	1	7	7	7	7	7	7
Aspetto visivo del giunto	5	4	2	4	4	3	7	7	4
Distorsione dell'area del giunto	6	5	3	4	4	1	7	7	7
TOTALE	**48**	**43**	**35**	**43**	**43**	**42**	**65**	**65**	**61**

Confronto della Puntatura con Clinciatura e **Rivettatura**

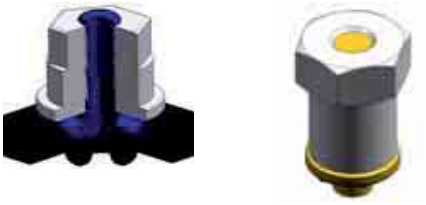
PROCESSO	Giunto Saldato a PUNTI			Giunto CLINCIATO			Giunto con Rivetti Autoperforanti Henrob		
PROPRIETA` e CARATTERISTICHE del GIUNTO	Acciaio nudo	Acciaio rivestito (Zn o Al)	Allumi-nio	Acciaio nudo	Acciaio rivestito (Zn o Al)	Allumi-nio	Acciaio nudo	Acciaio rivestito (Zn o Al)	Allumi-nio
Valori medi	**45,5**		**35**	**43**		**42**	**65**		**61**

Conclusione:

Per lamiere in ACCIAIO la Rivettatura **vale il** **43%** in più della Puntatura e il **49%** in più della Clinciatura

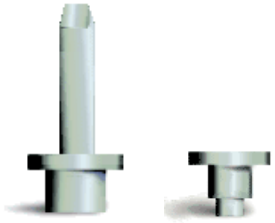
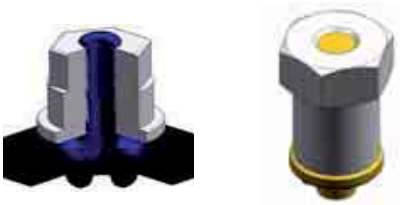
Per lamiere in Alluminio la Rivettatura **vale il** **74%** in più della Puntatura e il **54%** in più della Clinciatura

PERNI AUTOPERFORANTI



I Perni AUTOPERFORANTI

sono la NATURALE evoluzione dei RIVETTI autoperforanti

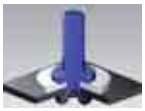
		
Con gambo filettato	Con gambo liscio	Con dado incorporato

I PERNI autoperforanti

I perni autoperforanti sono la naturale evoluzione dei rivetti autoperforanti e utilizzano completamente l'esperienza accumulata in 30 anni da Henrob in questa tecnologia.
Mentre un rivetto autoperforante nasce per unire più lamiere, in più combinazioni di spessori e materiali anche molto diversi fra loro, un perno autoperforante nasce in genere per costituire un punto di attacco su una sola lamiera a scopi di:

- fissaggio di altri componenti
- messa a terra della struttura
- arresto o stop di un movimento
- come riferimento.

Per questo puó avere un gambo filettato o liscio e puó essere dotato o meno di dado.
Poiché per autofissarsi sulla lamiera utilizza lo stesso concetto di autoperforazione del rivetto, oltre alle funzioni di cui sopra puó aggiungere quella di unire più lamiere.



CONFIGURAZIONE dei PERNI

La configurazione di un perno differisce da quella di un rivetto per la **testa** che diventa una **FLANGIA** dotata di un **perno.**
Il perno puó essere filettato o meno.
Il punzone che inserisce il perno è cavo ed esercita sulla flangia (invece che sulla testa) la forza di rivettatura.
Solo nel caso del perno+dado (alimentato come un corpo unico) il punzone è pieno ed esercita la forza direttamente sulla superficie del dado che offre un'area molto più ampia di quella della flangia.
A differenza dei rivetti (in cui la testa è in genere a filo lamiera) nei perni sia la flangia che il gambo fuoriescono dal filo lamiera.
Per inserire i perni autoperforanti Henrob ha dovuto sviluppare nuovi applicatori e nuovi sistemi operativi che sono descritti nel seguito.
Per raggiungere le migliori resistenze a fatica è possibile un ciclo di pre o post-compressione.

Sistemi per l'INSERIMENTO dei PERNI nell'applicatore

Nelle applicazioni **AUTOMATICHE** i perni vengono sparati pneumaticamente da un vibratore nel naso della pinza (fig.1) o della testa di una macchina speciale. Un sensore controlla sia la presenza del perno sia la sua corretta posizione prima del ciclo automatico di inserimento.
Per le applicazioni **MANUALI** a bassa produzione (fig. 3) Henrob ha previsto applicatori in cui i perni vengono immessi manualmente e singolarmente dall'operatore ad ogni ciclo. A questo scopo l'applicatore è dotato di una protuberanza (fig. 2) in cui l'operatore immette i perni lateralmente in tutta sicurezza e da dove i perni cadono poi per gravità nella zona punzone.

Fig. 1

Fig 2

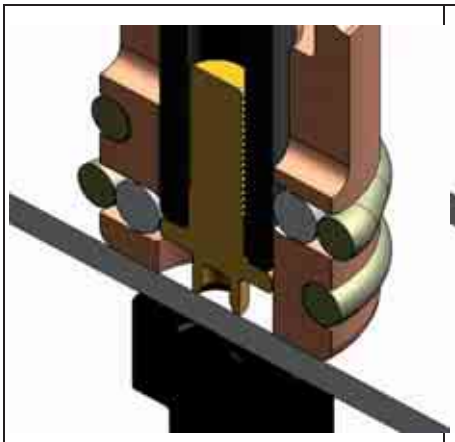
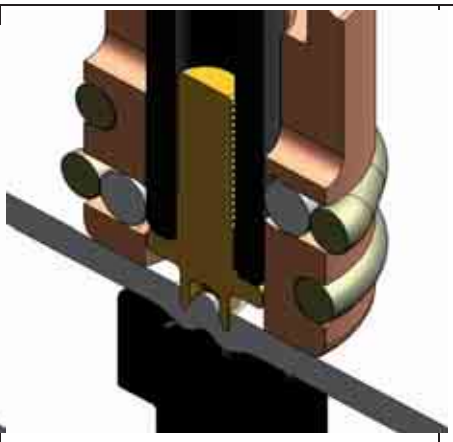
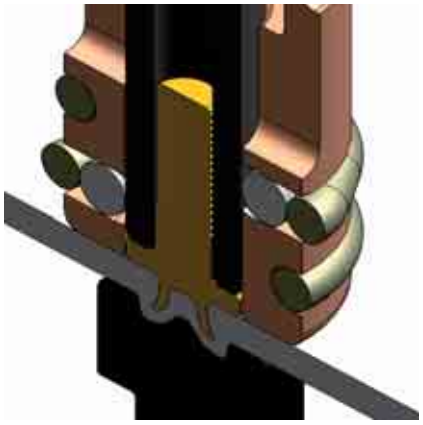
Fig. 3

CARATTERI INNOVATIVI dei PERNI autoperforanti

I perni possono avere il gambo **FILETTATO** o **LISCIO**
Sono forniti **SCIOLTI** oppure con dado già avvitato, in un **CORPO UNICO** che costituisce un set pronto per l'applicazione
Fin dal 2008 sono stati adottati **dall'industria AUTO** (Jaguar, Aston Martin)
Sono ora sul mercato in due misure (**M5** e **M6**) con lunghezze da **10 a 25 mm**.
Possono essere usati su lamiere **SINGOLE** o **MULTIPLE**
Possono essere applicati su acciaio, alluminio, altri metalli o su materiali anche non conducibili o non resistivi
Con **una stessa MATRICE** si possono applicare i perni su lamiere di Al con **spessori da 1 ad oltre 3 mm** senza variare i parametri del processo
Su uno spessore singolo di Al da 1 a 3 mm i perni autoperforanti da **M6** resistono a **coppie > 20 Nm**
I perni autoperforanti garantiscono un'elevata **CONTINUITÀ ELETTRICA** (un perno da M6 applicato su una lamiera singola di Al NG5754 da 2,5 mm ha una resistenza elettrica inferiore a **100 μΩ**)
Viene garantita l'**ASSOLUTA PERPENDICOLARITÀ** dei perni alla lamiera (senza inclinazioni o distorsioni e senza che sia necessario che l'operatore mantenga il perno in posizione)
E' possibile **RIDURRE** il numero di **TIPI di perni** presenti in un lamierato perché (ad es.) un perno **autoperforante** da **M6** resiste come un perno **saldato** da **M8**
I perni autoperforanti offrono totale **RIPETIBILITÀ del giunto** in quanto è il perno stesso che la garantisce.
I perni sono controllati al 100%, più volte, in diverse stazioni e con metodi diversi..
Perni inseriti su spessori diversi possono usare, in una gamma predefinita, una **STESSA MATRICE**
Sono **INSENSIBILI a PICCOLE VARIAZIONI** delle caratteristiche e delle dimensioni dei materiali
Vengono **inseriti rapidamente**, con un tempo ciclo totale massimo da 2 a 4 sec
La bugna che si forma dal lato matrice ha un **Φ di 9 mm** e una **profondità** di **1,5 mm** cosa che consente un ottimo accostamento della maggior parte dei pannelli
I perni autoperforanti resistono a **coppie molto più elevate dei perni saldati**.
Vengono inseriti a freddo, con un processo privo di scintille o fumi, **non danneggiano** la protezione di **Zn, Al o Sn** e possono quindi essere applicati su pannelli cerati senza pregiudizio della resistenza e senza costosi processi di pulitura
E infine il processo autoperforante è:
PULITO, SILENZIOSO, MECCANICO, ECONOMICO e in linea con l'ECOLOGIA del lavoro.

Esempio di scocca di autovettura assemblata con rivetti e perni autoperforanti presso uno dei più prestigiosi costruttori di auto in Al sportive e di lusso. Qui da oltre 10 anni viene impiegata la rivettatura autoperforante Henrob e l'azienda è passata nel tempo da oltre 6000 punti saldati a meno di 2600 rivetti. Recentemente ha introdotto i PERNI AUTOPERFORANTI in sostituzione di quelli saldati. Le vetture avevano qualche centinaio di perni saldati a scarica capacitiva ma questo processo danneggiava la superficie protettiva in Al, Zn o Sn. I perni autoperforanti (naturale evoluzione dei rivetti), oltre a offrire una resistenza molto maggiore di quelli saldati, lasciano integra la superficie su sui vengono inseriti e riportano l'assemblaggio dei perni a un processo meccanico, con qualità e ripetibilità totali secondo gli standard più elevati dei Sistemi Produttivi

Sequenza dell'inserimento dei perni

		
La sezione mostra un perno autoperforante da M6 un istante prima del suo inserimento nella lamiera: - il perno è già inserito nella corretta posizione - il premilamiera sta già esercitando la pressione sulla lamiera su cui verrà inserito il perno **(ciclo di pre-compressione)** - il punzone cavo è già in contatto con la corona circolare della testa del perno.	Inizia la penetrazione della parte autoperforante del perno nella lamiera. NOTA: se invece del solo perno è previsto l'inserimento del set perno+dado alimentato come corpo unico, il punzone non è più cavo ma è pieno ed esercita la forza di rivettatura direttamente mente sulla faccia del dado che ha un'area molto più ampia di quella della flangia	La sezione mostra il perno inserito nella lamiera dove ha creato la bugna. La forma della bugna è determinata dal profilo della matrice

Differenze funzionali e dimensionali tra rivetti e perni autoperforanti

1) Il rivetto autoperforante viene usato in genere per unire più lamiere. Il perno è invece più usato per inserirsi in una sola lamiera anche se (come da figura a lato) puó unire più lamiere.
2) I rivetti in genere hanno un gambo da 3 a 5 mm.
   I perni in genere hanno un gambo da 5 e 6 mm
3) I rivetti hanno lo scopo di unire lamiere, i perni quello di costituire degli elementi di fissaggio con la lamiera di base.
4) Ai rivetti viene spesso richiesto che la testa non sporga dalla prima lamiera.
   Nei perni invece la testa è dotata di un gambo che puó essere lungo anche 25 mm per scopi di messa a terra, fissaggio o riferimento

VANTAGGI dei perni autoperforante rispetto alla Saldatura a Scarica Capacitiva

a) Grandissimo miglioramento della RESISTENZA a trazione, a taglio e allo sbottonamento
b) ZERO DIFETTI nella tenuta
c) Certezza della RIPETIBILITÀ del giunto
d) CERTEZZA della resistenza, garantita dalla SEZIONE STESSA del perno
   (i perni vengono controllati singolarmente, al 100% e con metodi diversi e in stazioni separate)
e) TRATTAMENTO TERMICO CERTIFICATO: il perno è bonificato e sono possibili 7 livelli di durezza
f) Il perno è dotato della PROTEZIONE SUPERFICIALE del tipo voluto dal cliente
g) E' un PROCESSO MECCANICO ad alta pressione invece che elettrotermico come la saldatura
h) E' ad alto RENDIMENTO a differenza della saldatura dove, come tutti i processi termici, molta energia si disperde in calore
i) La protezione superficiale del componente su cui si fissa il perno RESTA INTATTA,
l) Si ritorna a una **tecnologia pulita, silenziosa ed ecologica**
m) Il giunto è STAGNO
n) I perni autoperforanti possono venire usati anche con **LAMIERE PREVERNICIATE**

Alimentazione automatica dei perni

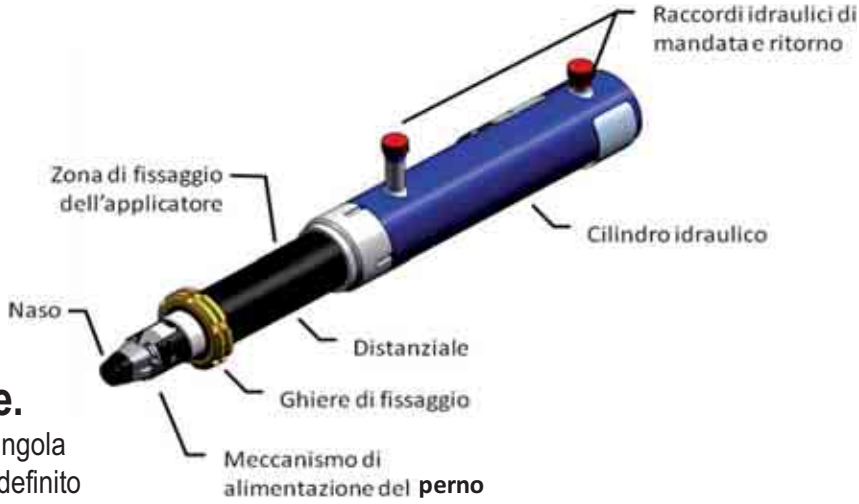
Nei sistemi automatici (pinze-robot e macchine multiple) i perni vengono sparati pneumaticamente da un vibratore nel naso dell'applicatore.
Un sensore controlla la presenza del perno e la sua corretta posizione prima del ciclo automatico di inserimento.

DIFFERENZE di METODO rispetto ai perni saldati.

A differenza dei perni saldati a scarica capacitiva (per i quali è necessario l'accesso da uno solo lato della lamiera) le pinze che applicano i perni autoperforanti devono avere accesso alla lamiera da **entrambi i lati**.

APPLICATORI.

Gli applicatori dei perni autoperforanti sono cilindri idraulici ad alta pressione e a doppio effetto
dotati di un sistema di singolarizzazione che presenta al punzone un solo perno per volta nella posizione voluta.



Ciclo di Pre-compressione.

I perni vengono in genere inseriti in una singola lamiera con un ciclo di compressione predefinito della lamiera stessa

Forze in gioco.

I perni autoperforanti, a seconda del diametro del perno e dello spessore della lamiera in cui vengono inseriti, comportano forze da 2.000 a 5.000 kg.
Su macchine fisse con alimentazione MANUALE dei perni, gli applicatori vengono azionati idraulicamente con una centralina che fornisce pressioni dell'ordine di 200 bar.
Su pinze-robot la forza viene applicata in genere con servomotori elettrici che consentono ad ogni ciclo di scegliere FORZA e CORSA dell'applicatore per ottimizzare la velocità della sequenza di lavoro

Trattamenti superficiali

Per i perni autoperforanti, Henrob offre una vasta gamma di rivestimenti protettivi superficiali ma raccomanda la nichelatura-zincatura elettrolitica come trattamento preferenziale per l'ottima resistenza alla corrosione e una facile avvitatura dei dadi.

Applicazioni nell'AUTO

I perni autoperforanti sono applicabili a moltissimi prodotti. L'industria AUTO li usa come perni di messa a terra, come punti di ancoraggio, come riferimenti o come fissaggio delle staffette dei tubi idraulici per i freni. Nelle porte, i perni autoperforanti sono anche impiegati come spine per gli alzacristalli.

- Le auto ASTON MARTIN AMV8 e DB9 impiegano oltre 2.000.000 di perni autoperforanti all'anno
- Alla Jaguar XK8 DOE i perni Henrob sono stati introdotti in produzione dopo varie prove con cui sono stati inseriti 50.000 perni con una pinza-robot stressata con orientamenti estremi

Altri gruppi Auto europei e emericani applicano ormai i perni autoperforanti Henrob su diversi sottogruppi del veicolo e della scocca

Test di TRAZIONE

Test di Trazione

I test hanno dimostrato che per strappare un perno da M6 da una lamiera di Al da 3mm è necessario applicare perpendicolarmente alla lamiera una forza di >3kN

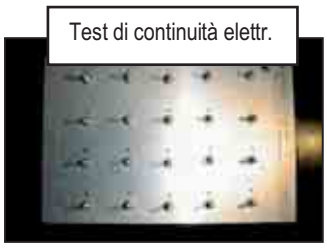
Test di TORSIONE

La sperimentazione ha dimostrato che un perno da M6 su una lamiera di Al da 3mm può resistere a una coppia >18Nm

Test di torsione

Test di CONTINUITÀ ELETTRICA

Questo test è consistito nell'applicare a una distanza costante di 50mm 24 perni autoperforanti in una lamiera con dimensioni di 210 x 300 mm con lo scopo di testare la continuità elettrica tra i perni e la lamiera.
Facendo passare corrente si è poi misurata la resistenza elettrica.
I perni da M5 zinco-nichelati elettroliticamente evidenziavano una **resistenza media di 86μΩ rispetto ai 54μΩ della sola lamiera**.


Test di continuità elettr.

Test alla nebbia salina

Sono stati effettuati i test a nebbia salina continua secondo le norme **ASTM BS117 (DIN50021, SAEUSCAR1)** verificando periodicamente i campioni alla corrosione. Non appena il 5% dell'area del perno veniva intaccata, il test veniva sospeso registrando i dati di durata.

Trattamento superficiale	Cod. Henrob	Nº ore prima dell'aggressione del 5% della ruggine
Almac	Y00	24
Almac + passivazione al cromo	Y04	240
Zinco-Nichelatura elettrolitica	W03	600

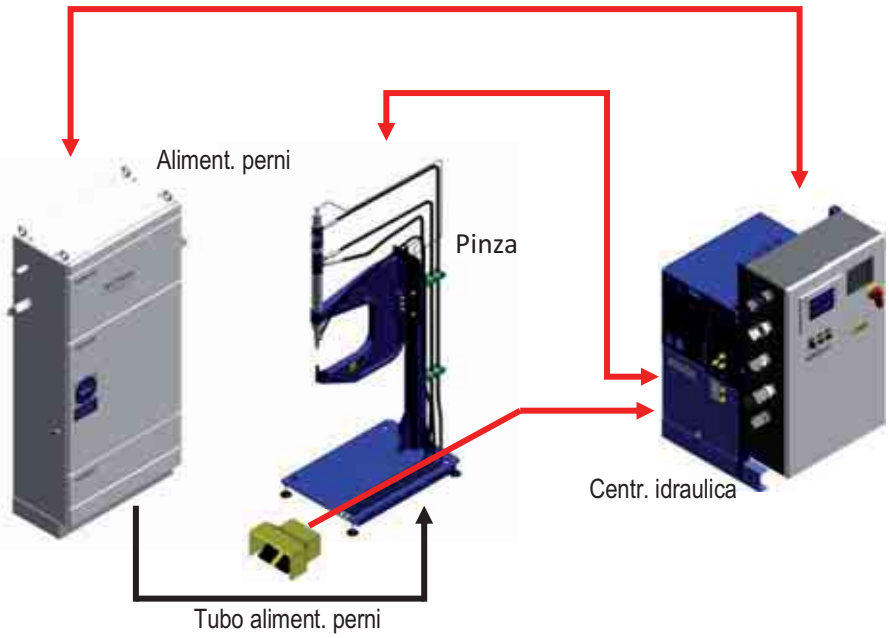
Scelta della MATRICE

La scelta della matrice deve sempre essere fatta con cura, considerando:
- il materiale della lamiera in cui il perno deve essere inserito
- la forza necessaria per una giunzione ideale
- la forma e la profondità della matrice.

Una matrice non appropriata o un materiale diverso da quello previsto puó dar luogo a giunzioni imperfette, a incrinature, a rotture o a una facile penetrazione della corrosione.

Perno inserito con parametri scorretti

Applicazione manuale dei PERNI su Macchine Fisse



La configurazione tipica di un'applicazione di PERNI con una macchine fissa è la seguente:
- **Centralina idraulica** con controllo dei vari parametri ed azionamenti
- **Macchina** idraulica a doppio effetto, dotata di applicatore dei perni
- **Alimentatore dei perni**, con vibratore, singolarizzatore e sparatore
- **Tubo di sparatura dei perni**
-

CENTRALINA IDRAULICA

La centralina idraulica è il gruppo che controlla gli azionamenti della macchina.
Riceve gli input dall'operatore tramite il pedale o lo stop d'emergenza e invia i segnali alle elettrovalvole che comandano l'applicatore dei perni.
Alimenta l'applicatore con le varie pressioni che presiedono:
- alla pre-compressione della zona in cui verrà immesso il perno
- all'inserimento del perno stesso
- al ritorno in posizione iniziale dell'applicatore.

Il controllo segnala all'operatore qualsiasi difetto o errore e puó essere programmato per informarlo della necessità delle manutenzioni preventive.

MACCHINA

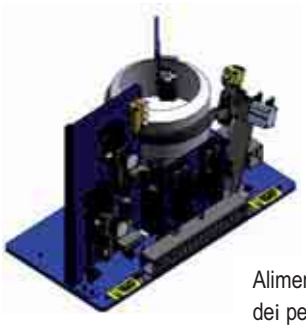
La macchina viene scelta con lo sbraccio opportuno per il componente da lavorare ed è composta da:

- Struttura a “C” adatta per resistere a forze di 5.000 kg
- Applicatore a doppio effetto con ciclo di pre-compressione
- Incastellatura di supporto completa di tubazioni e attacchi idraulici ed elettrici
- Base per il posizionamento baricentrico della pinza
- 4 Livellatori a vite con antivibranti
- Pedale di azionamento
- Puntatore a luce polarizzata

L’operatore movimenta il pezzo sotto la macchina pinza e preme il pedale mentre una luce polarizzata orientabile con un flessibile gli indica il punto in cui verrà applicato il perno.

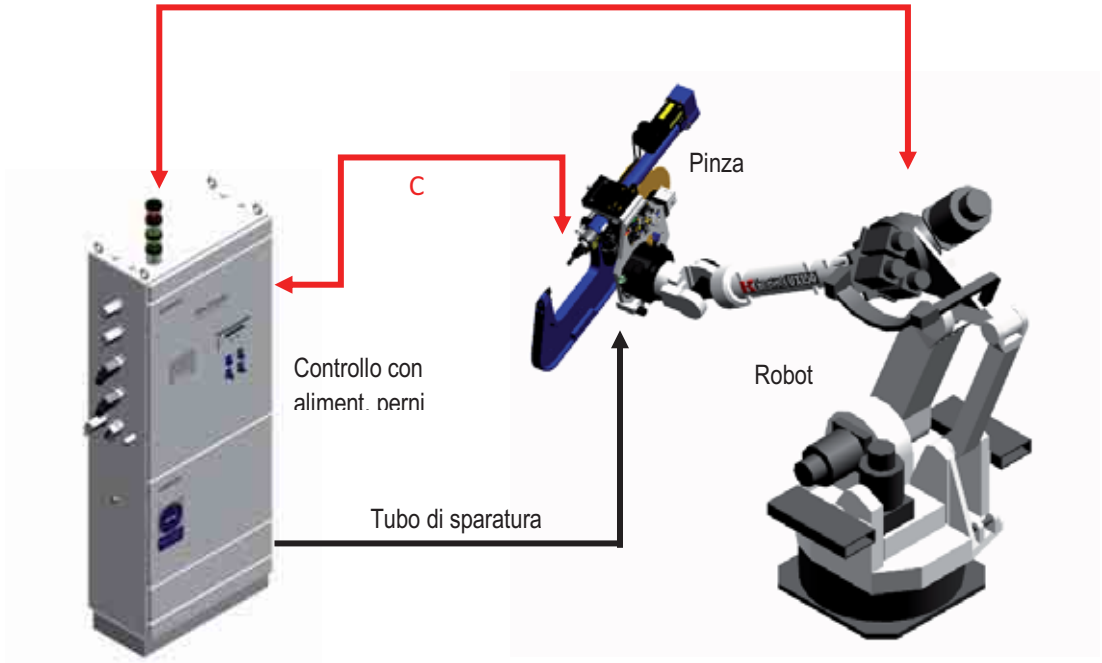
ALIMENTATORE PERNI

L’armadio per l’alimentazione dei perni è dotato di un vibratore e del suo controllo. Quando la centralina idraulica invia il segnale di sparatura dei perni, l’alimentatore conferma che l’operazione è avvenuta oppure invia un segnale per indicare che (ad es.) la vasca del vibratore è vuota.
I componenti principali di questo gruppo sono il vibratore, la sua vasca e il cassetto in cui viene singolazizzato ogni perno prima della sparatura nel tubo.
La vasca puó contenere circa 500 perni.
Per produzioni elevate che richiedono perni in quantità maggiori, viene applicata una tramoggia sopra la vasca stessa con versamento automatico dei perni al raggiungimento di un minimo prefissato.
In questo modo viene ridotta al minimo la frequenza dell’intervento manuale dell’operatore.
I perni, dopo la singolizzazione e la loro immissione nel cassetto, vengono sparati tramite un tubo nell’applicatore della pinza.



Alimentatore dei perni

Applicazione AUTOMATICA di PERNI con PINZE-ROBOT



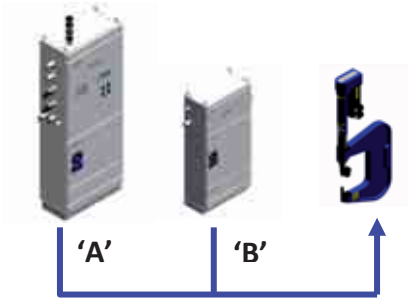
Controllo del processo

L'armadio di controllo sincronizza l'alimentazione dei perni con il controllo della servo-pinza.
Questo tipo di armadio viene usato solo in presenza di una servopinza elettrica ed elimina la necessità di un controllo separato per il servosistema elettrico, riducendo spazi e costi.
E' collegato al controllo della cella del robot mediante un link con cui il robot invia un segnale all'armadio quando ha raggiunto la posizione per l'inserimento del perno.
Quando il ciclo è terminato l'armadio invia un segnale al robot dando via libera al suo spostamento.

Tubo di sparatura dei perni

Il posizionamento del tubo di sparatura è cruciale per il successo delle prestazioni del sistema robotizzato, specie quando la pinza deve seguire una traiettoria molto articolata nei movimenti.
L'attorcigliamento del tubo può essere causa d'impedimento al flusso dei perni alla pinza.
Deve essere strettamente osservato il raggio minimo delle curve del tubo e badare all'usura e alla sollecitazione a fatica indotta al tubo stesso per minimizzare i movimenti del robot al fine di evitare tempi morti.
Alcuni clienti, per supportare il tubo spara-perni preferiscono installare un sistema a giraffa invece di far aderire il tubo al corpo del robot stesso.

Alimentazione DOPPIA.



E' possibile alimentare **1 stessa pinza** con **2 tipi di perni**.
Occorre aggiungere un alimentatore supplementare per ogni tipo di perno.
I perni vengono inviati in un gruppo a "Y" che fa passare il tragitto dei perni da 2 vie a 1 sola via e che funge da scambio, inviando al tubo il perno voluto.

PERNI AUTOPERORANTI - Dettagli

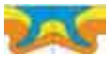
I perni possono essere filettati o lisci, con o senza dado.
Se sono filettati, i filetti più comuni sono M5 e M6.
Quelli da M6 hanno una resistenza molto maggiore dei perni da M8 saldati a scarica capacitiva.
I perni filettati possono essere alimentati automaticamente già col dado avvitato.

I perni autoperforanti vengono prima orientati in un vibratore, singolarizzati e poi sparati in un tubo flessibile semitrasparente che li porta nella zona di applicazione.

Vista di una pinza con l'applicatore dei perni. Un sensore dà il consenso al ciclo non appena il perno è in posizione corretta

Sono possibili prolunghe della matrice anche molto pronunciate, per penetrare nelle zone critiche

Dettaglio ingrandito della zona di applicazione dei perni, in cui si nota che la distanza fra di loro puó essere anche molto ridotta

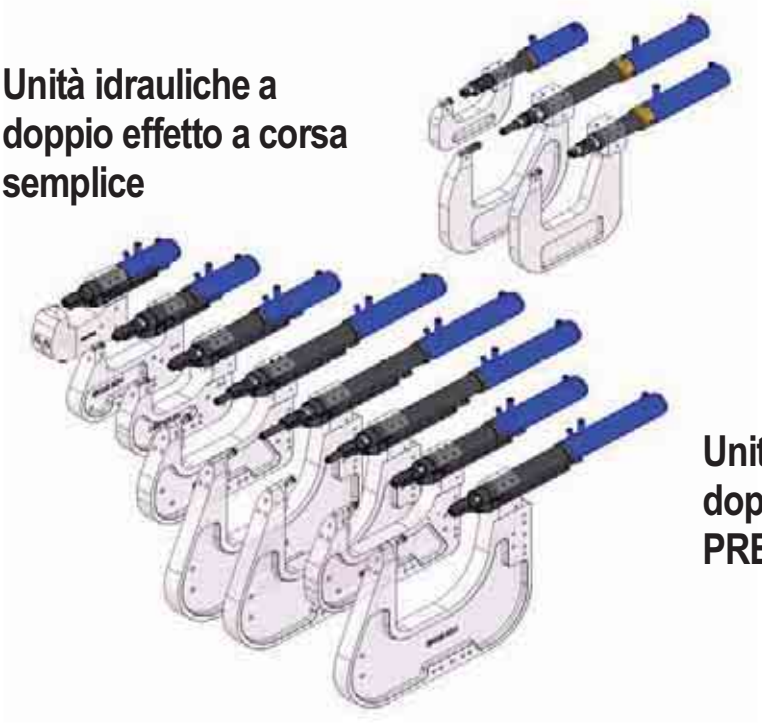


Unità standard di rivettatura

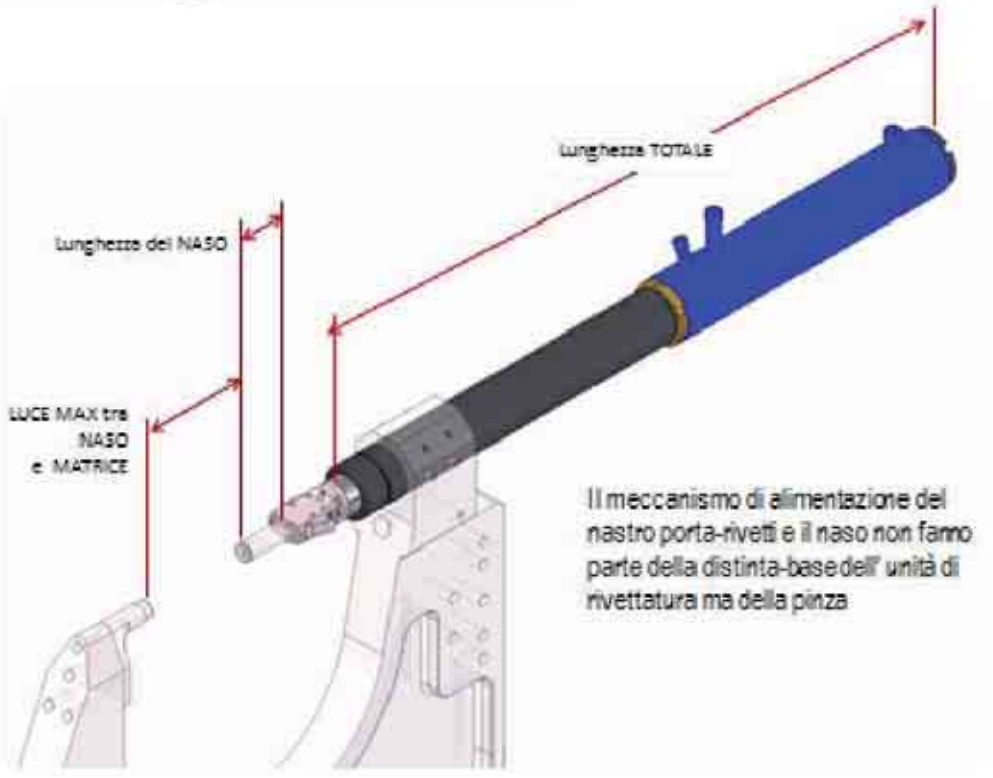
per la composizione di pinze MANUALI, pinze-ROBOT, macchine FISSE e SPECIALI

Gamma delle unità standard di rivettatura HENROB

Unità idrauliche a doppio effetto a corsa semplice



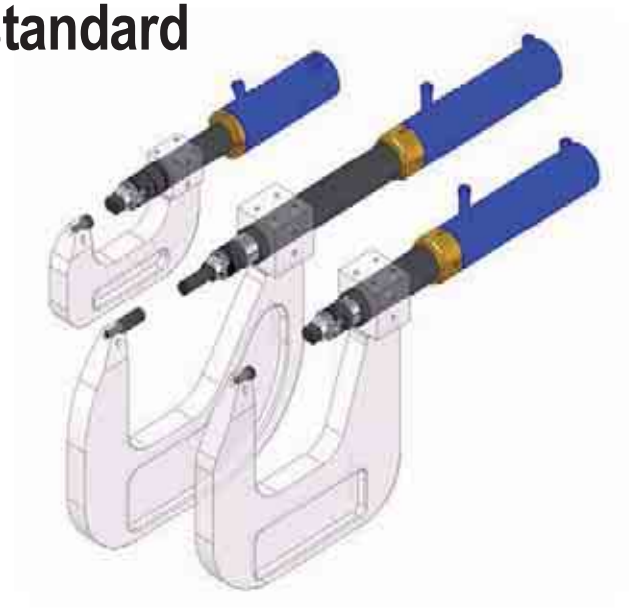
Unità idrauliche a doppio effetto con PRE-CORSA



Caratteristiche COMUNI	Dettagli Tecnici
Alimentazione	Idraulica ad alta pressione con centralina separata
Applicazioni	Manuali, Automatiche, Robotizzate
Rivetti	Alimentati a nastro (con dita di spinta o con rocchetto sensorizzato) oppure sciolti, sparati ad aria
Forza esercitata	4.200 kg o 6.0000 kg (per unità con pre-corsa)

Dimensioni e Pesi delle unità standard

SENZA PRECORSA



I tipi di unità standard Henrob SENZA PRECORSA sono 3. Nella figura a lato le unità sono inserite in strutture a "C" che consentono l'utilizzo della max. corsa utile che può essere di 45-85-125 mm.

Tipo	Lunghezza TOTALE	LUCE MAX tra NASO e MATRICE	Lunghezza del NASO	Peso
RD045032	350 mm	45 mm	15 mm	5,00 kg
RL085072	590 mm	85 mm	55 mm	8,50 kg
RL125032	125 mm	125 mm	15 mm	7,50 kg

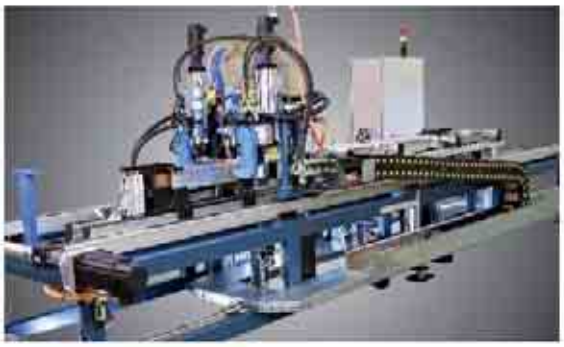
Dimensioni e Pesi delle unità standard

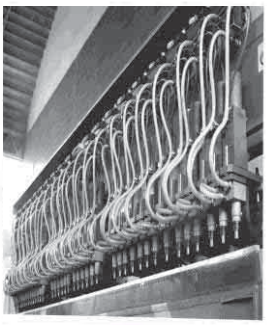
CON PRECORSA

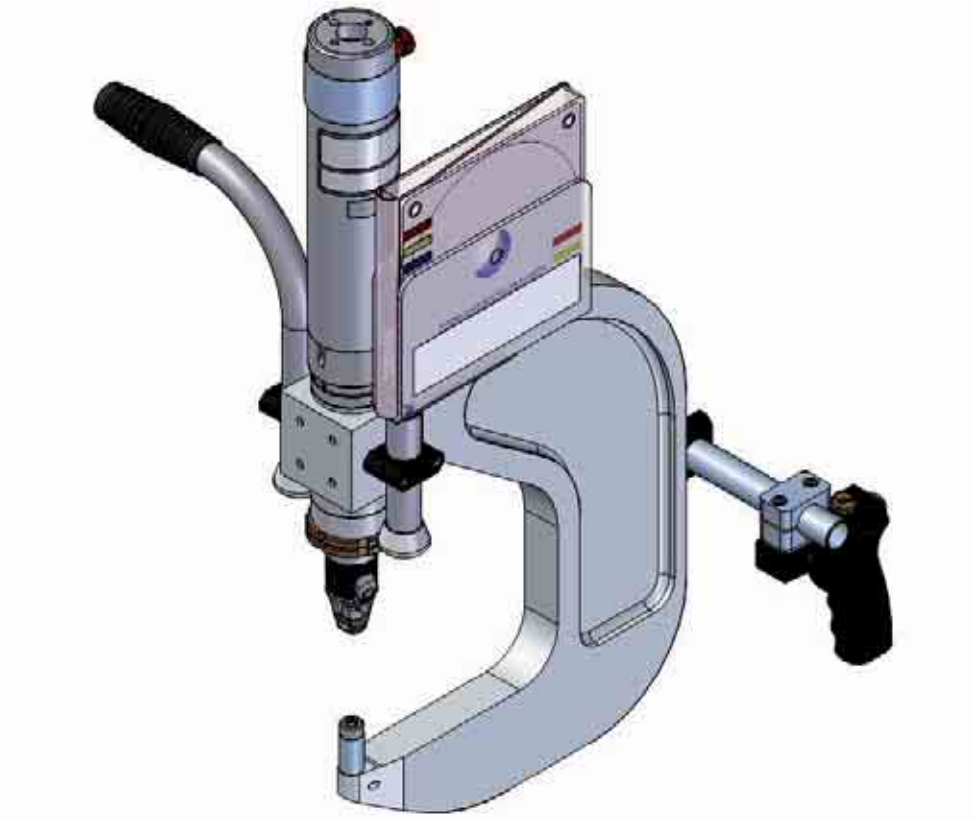
I tipi di unità standard Henrob SENZA PRECORSA sono 8:
- con lunghezze totali da 320 a 685 mm
- con luce max tra naso e matrice da 22 a 170 mm
- con lunghezza del naso da 22 a 170 mm
- tutti con diámetro esterno di 65 mm

Tipo	Lunghezza TOTALE	LUCE max tra NASO e MATRICE	Lunghezza del NASO	Peso
RP 022 022	320 mm	22 mm	5 mm	6,00 kg
RP 045 032	420 mm	45 mm	15 mm	7,00 kg
RP 085 032	510 mm	85 mm	15 mm	8,50 kg
RP 095 072	690 mm	95 mm	55 mm	11,00 kg
RP 100 100	780 mm	100 mm	85 mm	12,00 kg
RP 125 072	775 mm	125 mm	55 mm	12,50 kg
RP 135 032	600 mm	135 mm	15 mm	10,00 kg
RP 170 032	685 mm	170 mm	15 mm	11,50 kg

Composizione di macchine multiple con unità standard

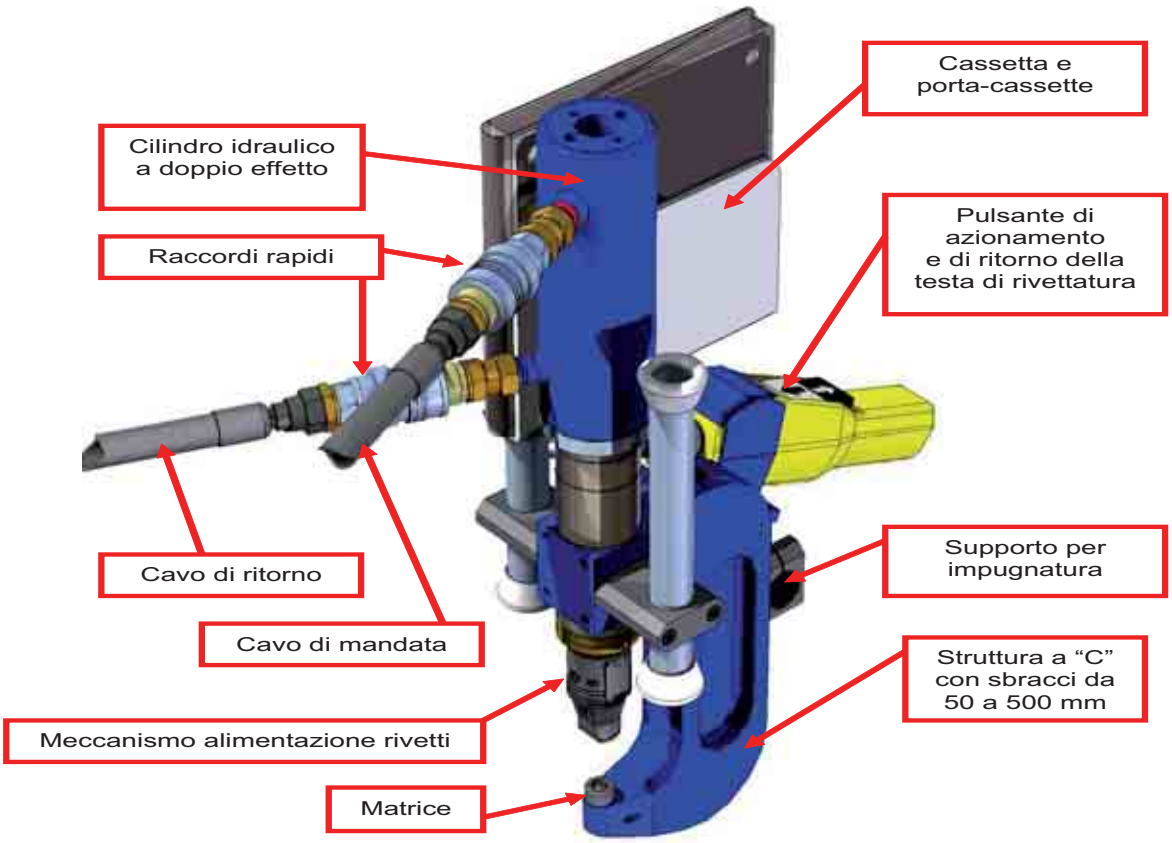


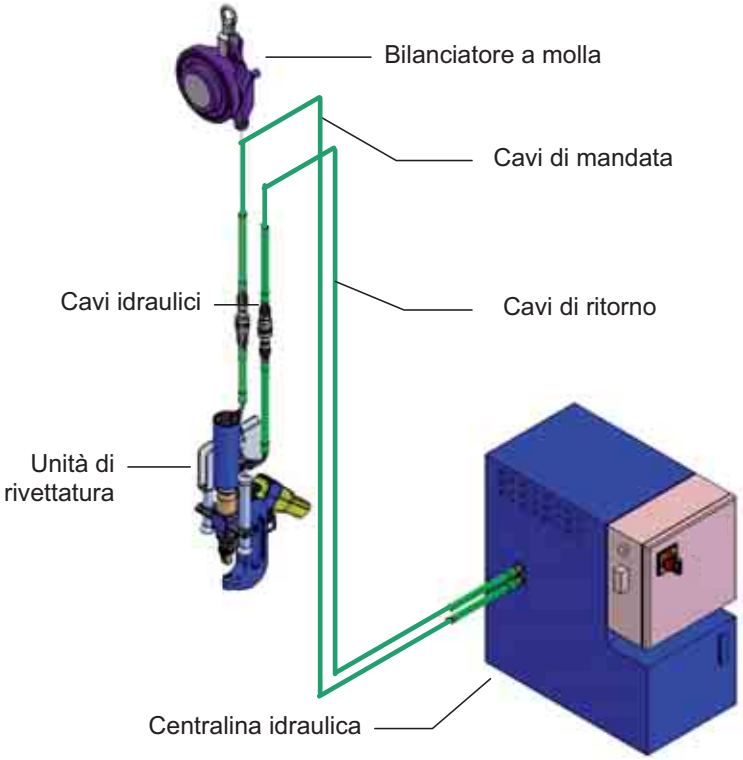




Rivettatrici manuali PENSILI

Nelle rivettatrici pensili manuali, l'alimentazione dei rivetti (su nastro) avviene con cassette intercambiabili. Ogni cassetta contiene circa 300 rivetti, a seconda del diametro e della lunghezza dei rivetti stessi.





PINZE standard per applicazioni **PENSILI.**

Sono piú di 200 le configurazioni standard delle strutture a C per applicatori di rivetti e perni autoperforanti. Questa grande standardizzazione consente di scegliere la soluzione IDEALE per ogni applicazione. Si sceglie una pinza PENSILE invece di una FISSA per spostarsi lungo o intorno al componente da rivettare quando non sarebbe pratico spostare il componente di fronte a una pinza fissa. E' quindi importante che la pinza sia più leggera possibile, che abbia minimi ingombri e impedimenti alla movimentazione. Per le pinze pensili vengono in genere scelte strutture che hanno i seguenti ingombi e pesi.

P=Profondità utile
A=Ampiezza utile
W= Peso

P	50 mm	75 mm	75 mm	125 mm	125 mm
A	150 mm	150 mm	190 mm	150 mm	190 mm
W	4,1 kg	6,3 kg	6,8 kg	9,5 kg	10,3 kg

P	200 mm	200 mm	300 mm	200 mm	300 mm
A	220 mm	270 mm	270 mm	190 mm	270 mm
W	19 kg	18,4 kg	27 kg	15,8 kg	24,7 kg

Gli accessori di sospensione e di orientamento delle pinze (supporti, gruppi di rotazione ecc.) sono illustrati nella sezione SOSPENSIONI per PINZE PENSILI.

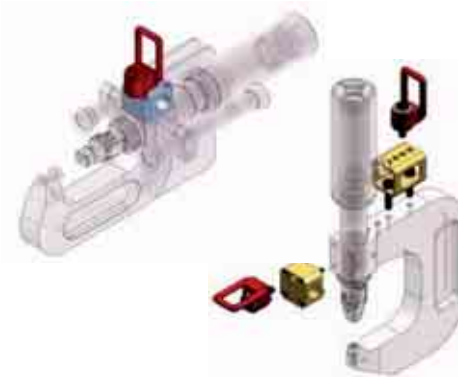
Impugnature, maniglie e accessori per PINZE PENSILI

MAGAZZINI a CASSETTA

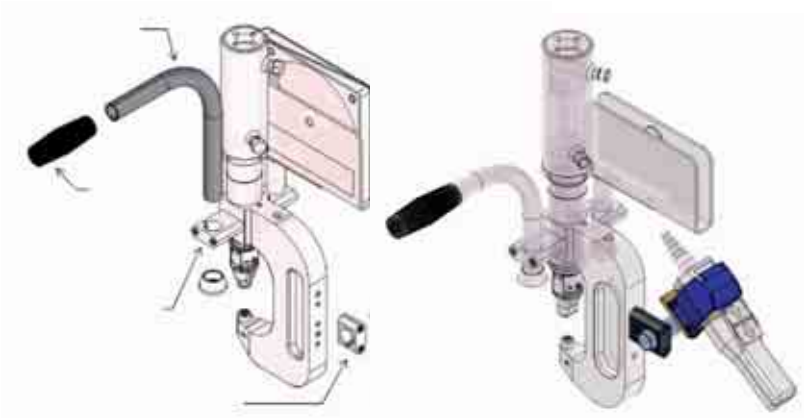
Nelle pinze pensili il magazzino a bordo pinza a cassette intercambiabile consente una miglior mobilità della pinza, sia per il MINOR PESO rispetto all'alimentazione a bobina (più indicato per le postazioni fisse), sia per l'ASSENZA del cavo di alimentazione dei rivetti stessi.

Il magazzino a cassetta contietiene 300-500 rivetti a seconda del diametro,inseriti in un nastro di plastica che si avvolge nella nella cassetta stessa

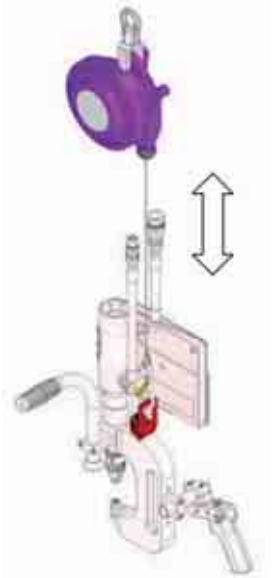
GANCI di SOSPENSIONE

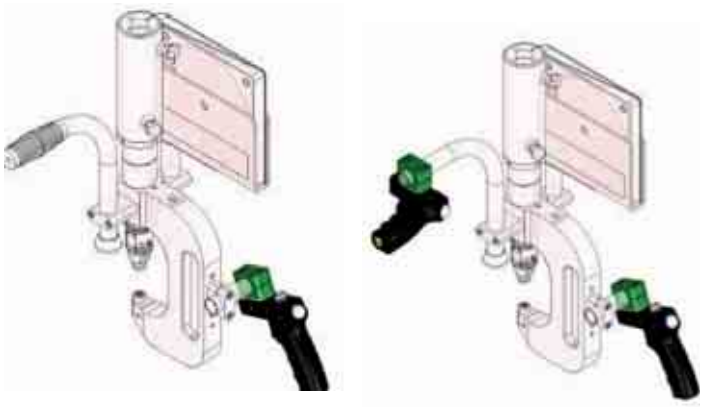


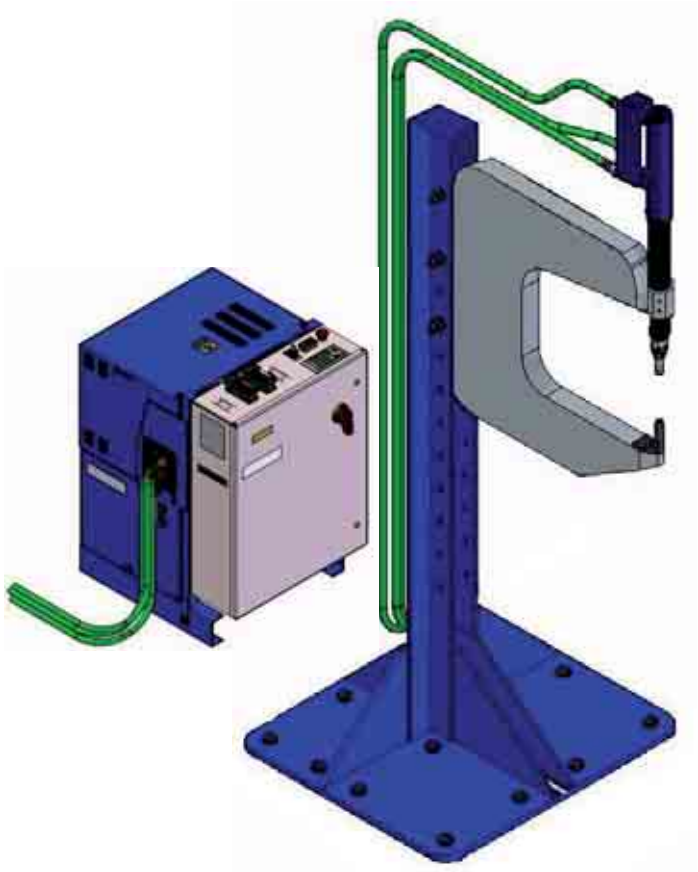
IMPUGNATURE



BILANCIATORI

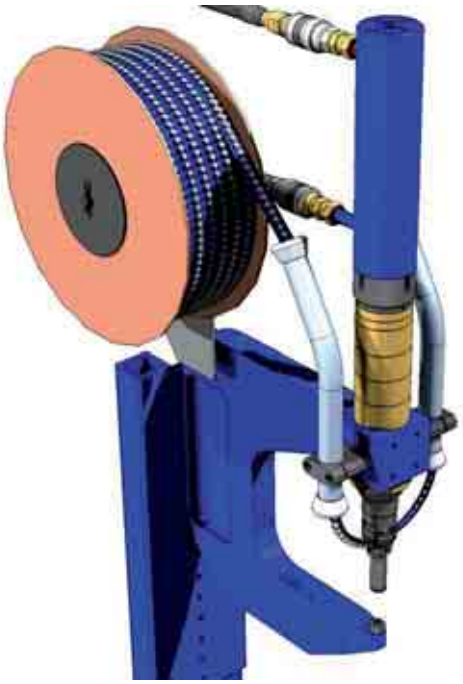






Rivettatrici FISSE MANUALI

Esempi di MACCHINE FISSE



Nelle macchine fisse l'alimentazione dei rivetti (su nastro) avviene da bobine che contengono mediamente 5.000 rivetti.

Massima standardizzazione delle strutture a “C” con sbracci da 50 mm a 1.500 mm

Sono piú di 200
le possibili configurazioni
delle strutture a “C
per macchine fisse.
Questa estesa standardizzazione
consente di realizzare
la conformazione IDEALE
per ogni applicazione.

Macchine di sbraccio PICCOLO e MEDIO

Sbracci da 50 a 500mm

Grandi Rivettatrici FISSE

Sbraccio 600 mm

Sbraccio 1000 mm

Sbraccio 1500 mm ed oltre

ACCESSORI per Macchine FISSE

Fig 1

Fig. 2

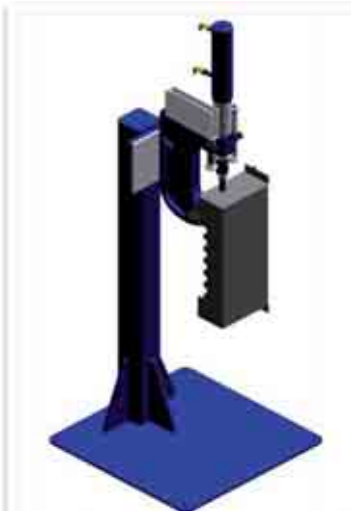


Fig. 3

Sono disponibili varie strutture standard a colonna di support e fissaggio pinza:
Fig. 1 – Struttura bassa per pinza con piano di lavoro a circa 900 mm
Fig. 2 – Struttura piú alta con alimentazione dei rivetti a bobina
Fig. 3 – Struttura più alta con alimentazione dei rivetti mediante magazzino intercambiabile a bordo pinza

Fig. 4 – Vista di una pinza con alimentazione rivetti da bobina. La bobina puó contenere alcune migliaia di rivetti a seconda della necessità

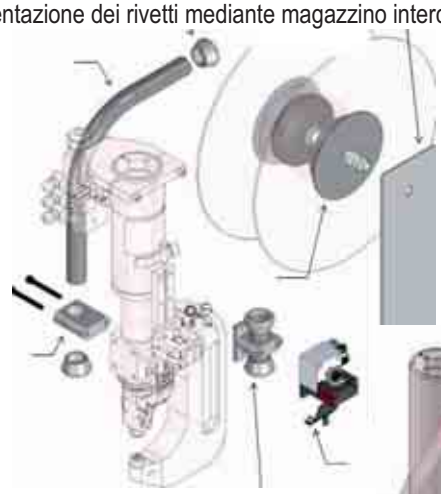


Fig. 5 - Schema dell'alimentazione dei rivetti a bobina

Fig. 6 – Vista di una pinza con alimentazione rivetti da magazzino a cassetta intercambiabile che puó contenere 300-500 rivetti.

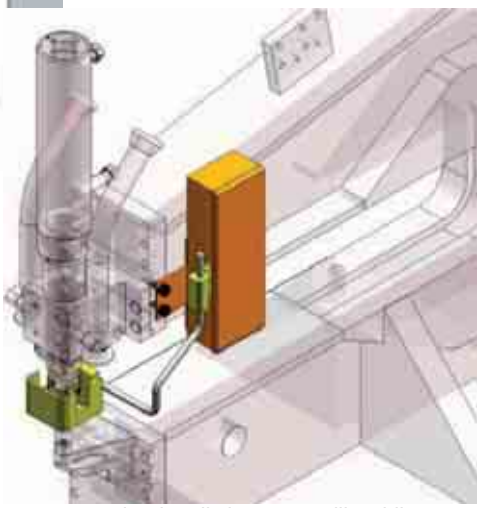
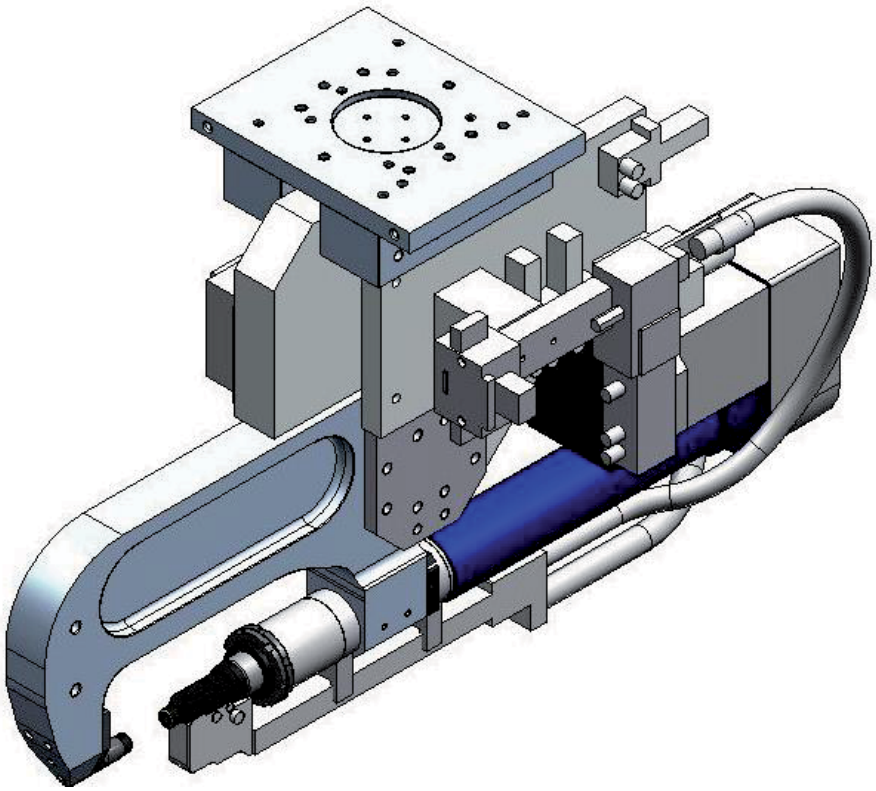


Fig. 7 – Vista del dispositivo pneumo-elettrico di sicurezza utilizzabile per componenti piani. Il blocchetto giallo scende pneumaticamente a bassa pressione fino a 8 mm dalla superficie del piano e, se la sua discesa non viene interrotta da ostacoli, aziona un sensore che dà il via libera alla sequenza automatica del ciclo di rivettatura



Pinze-Robot

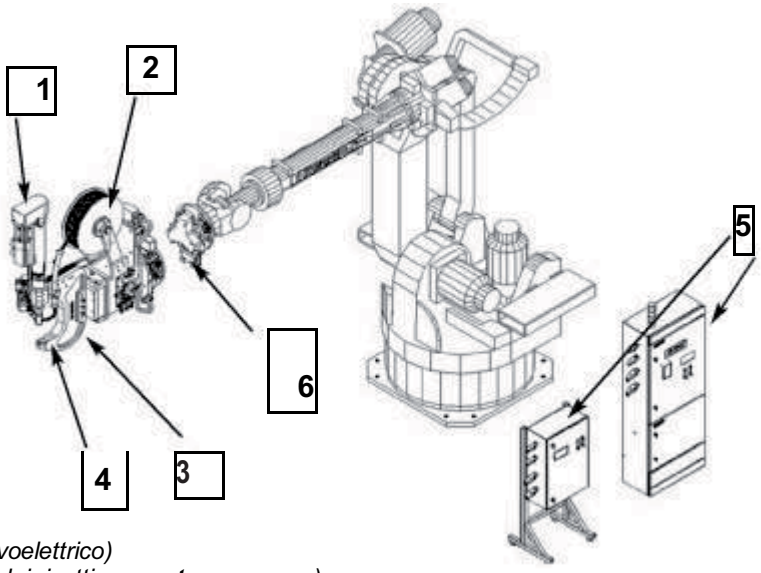
Evoluzioni delle applicazioni robotizzate nell'industria AUTO

La rivettatura autoperforante richiede forze da 10 a 12 volte quelle della puntatura. Questa necessità del processo ha rallentato per anni l'evoluzione che invece avveniva con molta più facilità per la puntatura.
L'evoluzione delle pinze-robot di rivettatura autoperforante è passata negli anni attraverso:

- **l'idraulica** (che ha consentito di applicare forze così elevate con cilindri di diametro minimo)
- **i servo-sistemi elettrici**, che fino a qualche anno fa erano utilizzati solo dalla puntatura e che avevano il vantaggio di consentire di scegliere CORSA e FORZA IDEALI ad ogni operazione di giunzione
- **vari sistemi di alimentazione dei rivetti**
  - prima sparati direttamente dai vibratori alle pinze con tubi lunghi anche 20m
  - poi alimentati su nastro con cassette o bobine a bordo pinza (con l'ingombro visibile al punto 2)
  - poi con un magazzino intermedio con sparatura diretta nel mini-magazzini pinza (ved. pag. 4)
- **le pinze ULTRALEGGERE a GEOMETRIA VARIABILE** che hanno più che dimezzato il peso delle strutture in acciaio delle pinze e hanno consentito di mantenere COASSIALI matrice e punzone durante la rivettatura, indipendentemente dagli sbracci delle pinze stesse (che superano a volte i 1500 mm per pavimenti di auto)

A fondo pagina è visibile la metamorfosi delle grando pinze-robot di rivettatura.

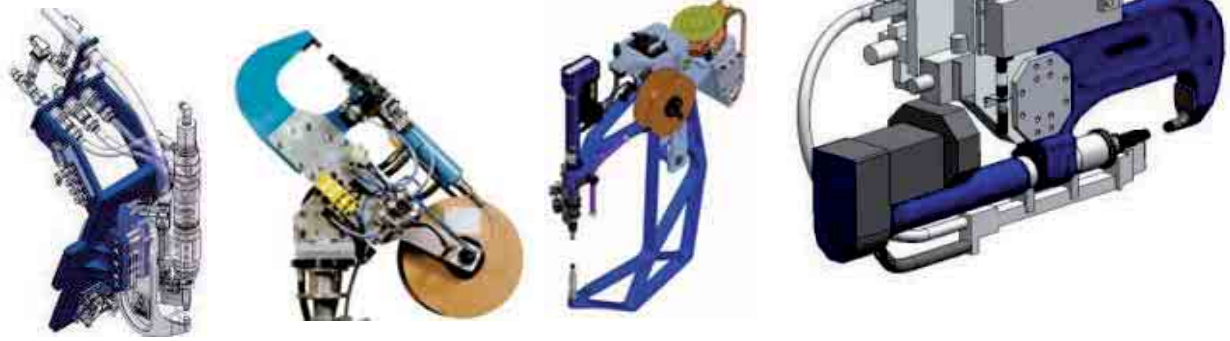
Servo-pinza elettrica di vecchio tipo con cavi e componenti di grande ingombro

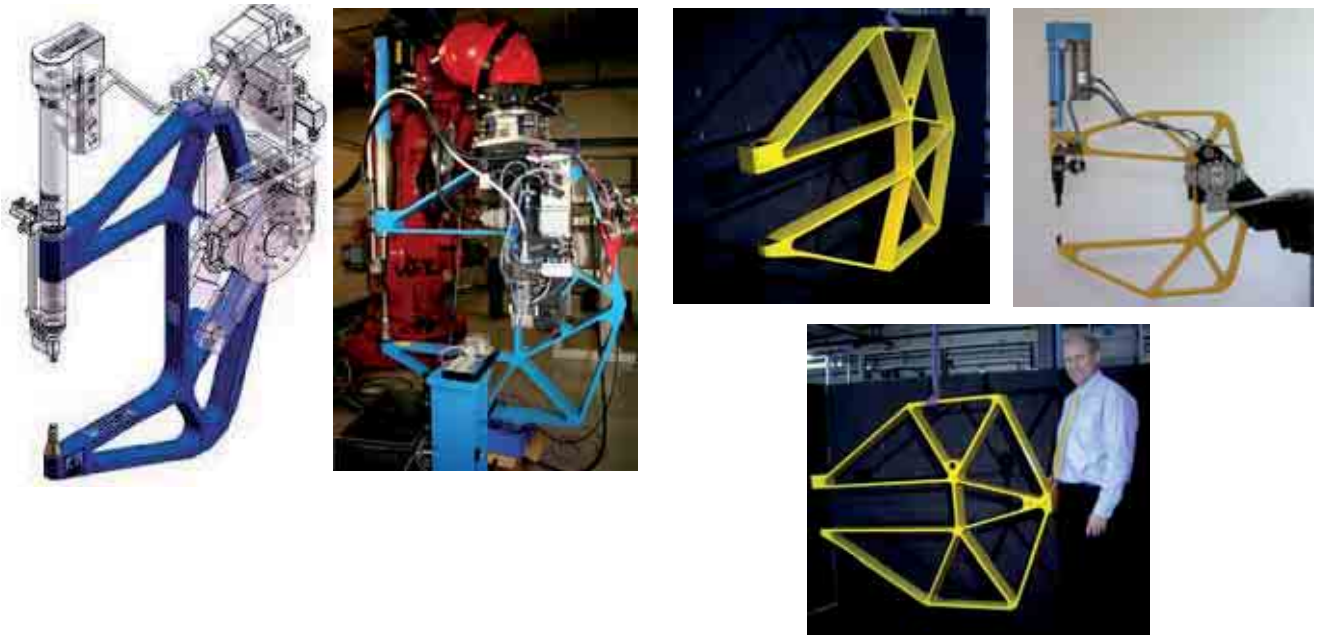


1. *Applicatore dei rivetti (servoelettrico)*
2. *Sistema di alimentazione dei rivetti **su nastro** con aspo)*
3. *Struttura a "C" della pinza che resiste a forze fino a 5000 kg e che è predisposta per il cambio pinza-automatico. Le pinze ultra-leggere oggi disponibili per I grandi sbracci dimezzano il peso delle pinze e garantiscono coassialità punzone/matrice*
4. *Matrice per la formazione del giunto*
5. *Armadio di controllo (la figura mostra le due versioni per rivetti su nastro o sciolti)*

6 Cambio-pinza automatico

VARI TIPI DI PINZE -ROBOT

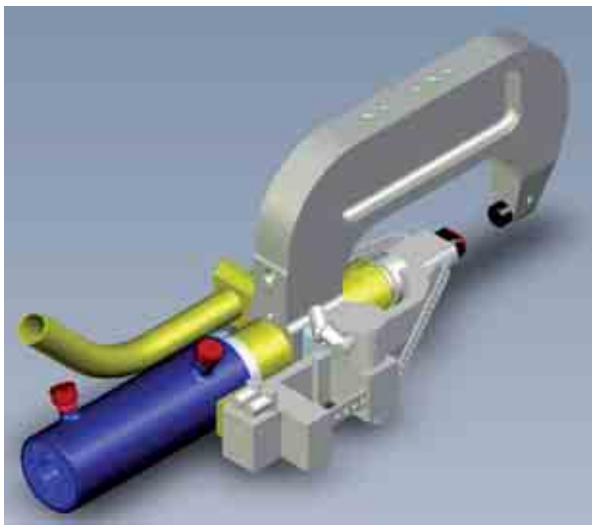




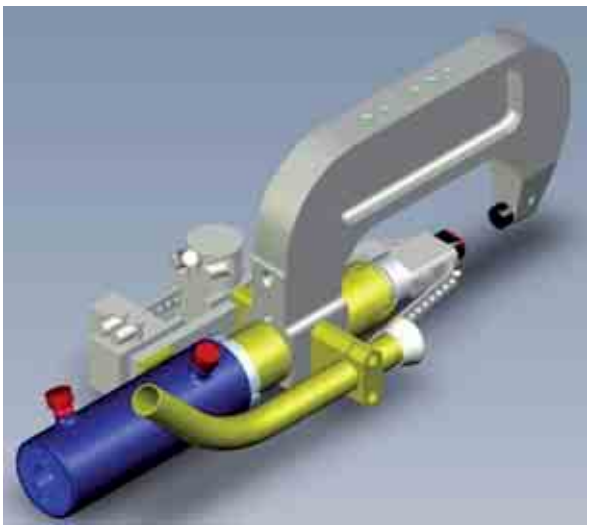
Vari tipi di CAMBI-PINZE ROBOT

Henrob accoppia i propri sistemi di rivettatura autoperforante a qualsiasi tipo e marca di robot, con i propri cambi-pinza o adattando quelli del robot.

Moderne Pinze-Robot IDRAULICHE

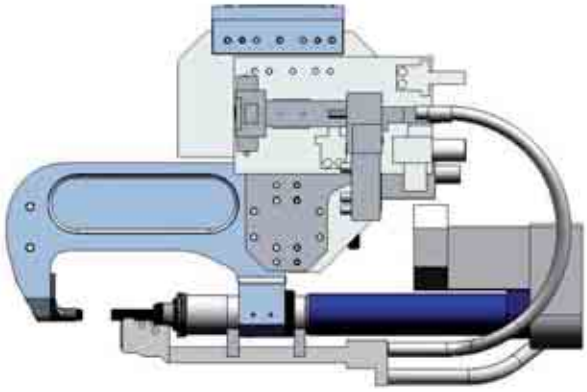


Pinza-robot idraulica di mano sinistra

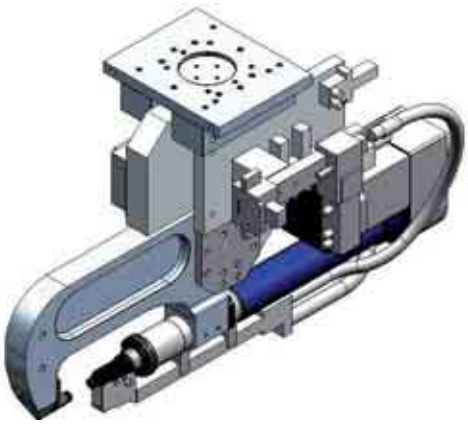


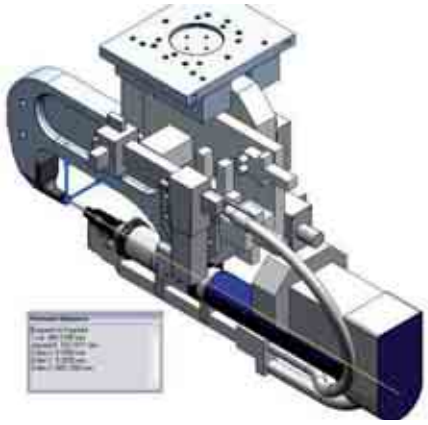
Pinza-robot idraulica di mano destra

Moderne Pinze-Robot SERVOELETTRICHE

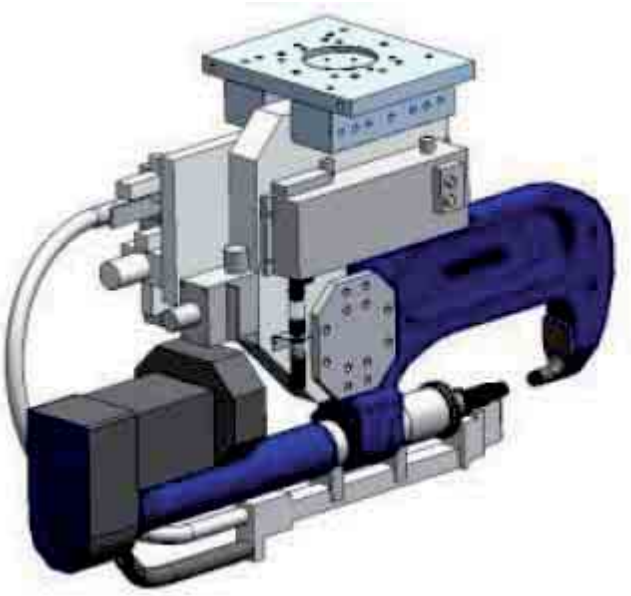


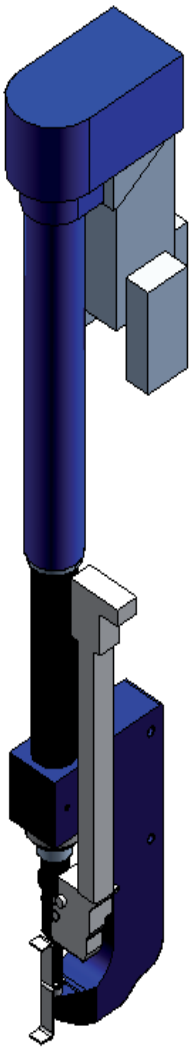
Servopinze elettriche col supporto di fissaggio al robot





Servo-pinze a SISTEMA INERZIALE, per il minimo consumo di ENERGIA





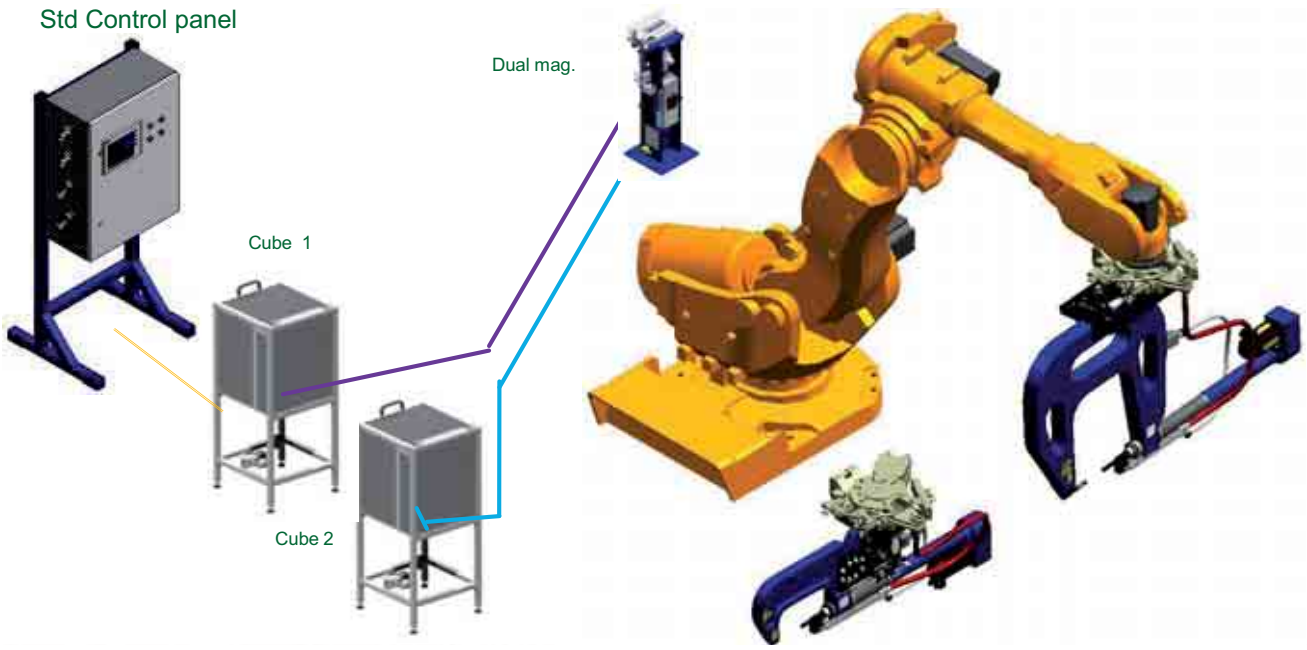
LA TENDENZA PIÙ ATTUALE NELL'INDUSTRIA AUTO

A differenza di altri costruttori che usano servo-pinze basate su sistemi che controllano la coppia motrice, la HENROB usa servo-sistemi **INERZIALI**.

Questi sistemi sono dotati di un gruppo capacitivo che accumula energia durante le prime sequenze di rivettatura e la restituisce durante quelle successive.
Cioè se si applica prima una serie di rivetti su una data combinazione di spessori, quando si inseriscono successivamente altri rivetti, il servo-attuatore restituisce l'energia prima accumulata al fine di ottenere il miglior rendimento energetico.

Per questo motivo, in un ciclo automatico, i servo-sistemi Henrob consumano all'incirca la stessa quantità di energia al variare delle diverse combinazioni delle lamiere: ciò le differenzia dalle pinze idrauliche o da quelle servo-elettriche basate sulla coppia motrice dove quando si aumenta lo spessore di giunzione aumenta sempre la quantità di energia richiesta per la maggiore forza necessaria alla rivettatura.

Il Sistema HENROB consente di alimentare **contemporaneamente più tipi di rivetti a una stessa pinza**



CUBE (Cubo) E' un gruppo all'esterno della cella che comprende: - vibratore - orientatore - singolarizzatore dei rivetti sciolti. Li orienta prima della loro sparatura che avverrà col Blow Feed System.
BLOW FEED SYSTEM (Sistema di Sparatura) Sistema di sparatura ad aria compressa dei rivetti dal CUBO mediante un tubo in PVC: - o direttamente alla testa di rivettatura della pinza - o al magazzino a terra (come nel caso illustrato in figura)
SPARATURA SINGOLA o MULTIPLA La sparatura dei rivetti dal CUBO alla testa di rivettatura della pinza avviene con 1 rivetto per volta. Quella dal cubo al magazzino a terra avviene con sequenze di 5 rivetti per volta
RIVETTI DIVERSI e CUBI Per ogni tipo di rivetto è necessario un cubo
RIVETTI di DIVERSE lunghezze a una stessa PINZA Henrob può sparare ***a una stessa pinza fino a diversi rivetti***

La tendenza più attuale nell'industria auto è di:

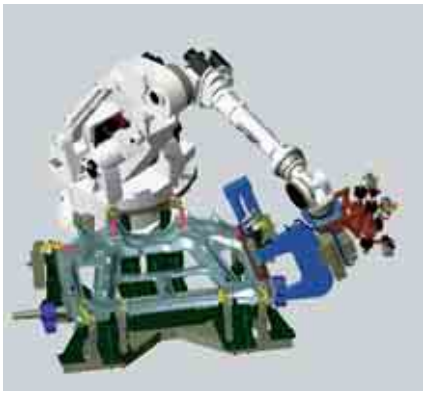
- mantenere le pinze libere da ogni cavo di sparatura dei rivetti
- avere 1 o più magazzini a bordo pinza, con la quantità minima di rivetti per un ciclo
- ricaricare i magazzini a bordo pinza dal magazzino durante i tempi morti

Sistema robotizzato HENROB con magazzino multiplo a bordo-pìnza alimentato da un magazzino a terra

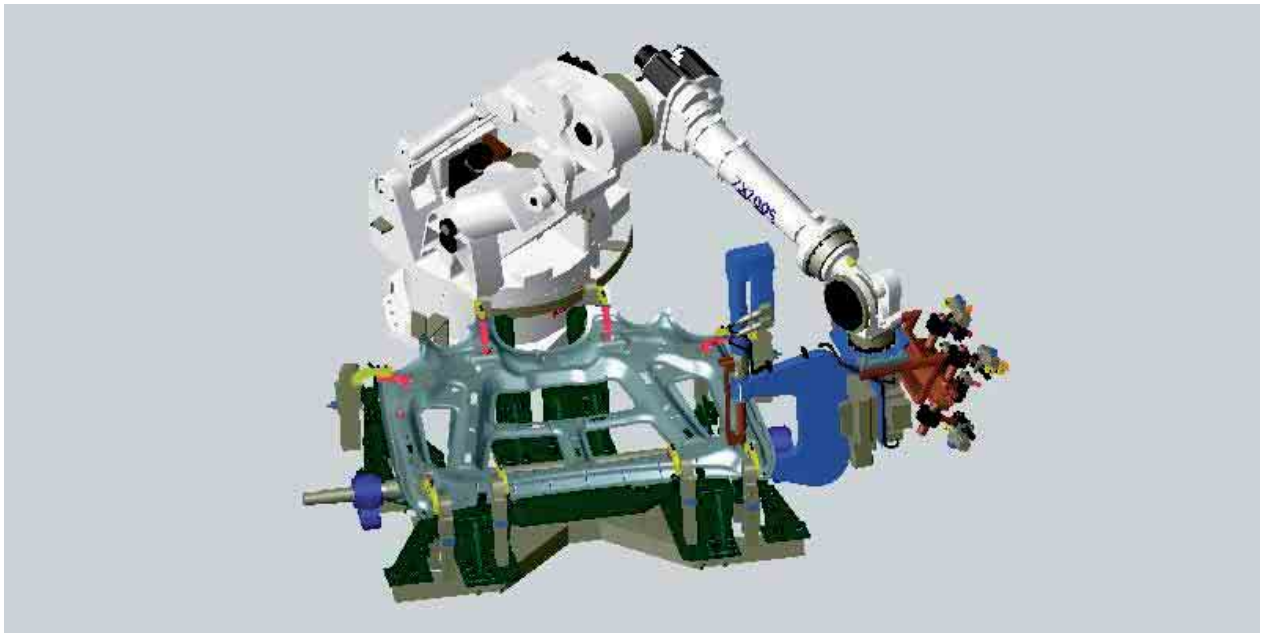
Robot dotato di:
- Cambio pinza automatico
- Servo-pinza elettrica con mini-magazzino multiplo a bordo (con più tipi di rivetti)
- Magazzino a terra dotato di sistema di sparatura dei rivetti sciolti (in più tipi)
  che arrivano da più vibratori (uno per ogni tipo di rivetto) sistemati all'esterno della cella

Libertà dei movimenti delle Servo-pinze elettriche

Simulazione dei movimenti di pinze-robot servo-elettriche dotate di magazzino a bordo con i rivetti nella quantità minima necessaria per un ciclo. E' evidente la grande libertà dei movimenti consentiti alle pinze che non sono più limitate da cavi di sparatura dei rivetti, da cavi idraulici ad alta pressione o da ingombri e pesi delle precedenti strutture oggi ultraleggere.



-
-
-



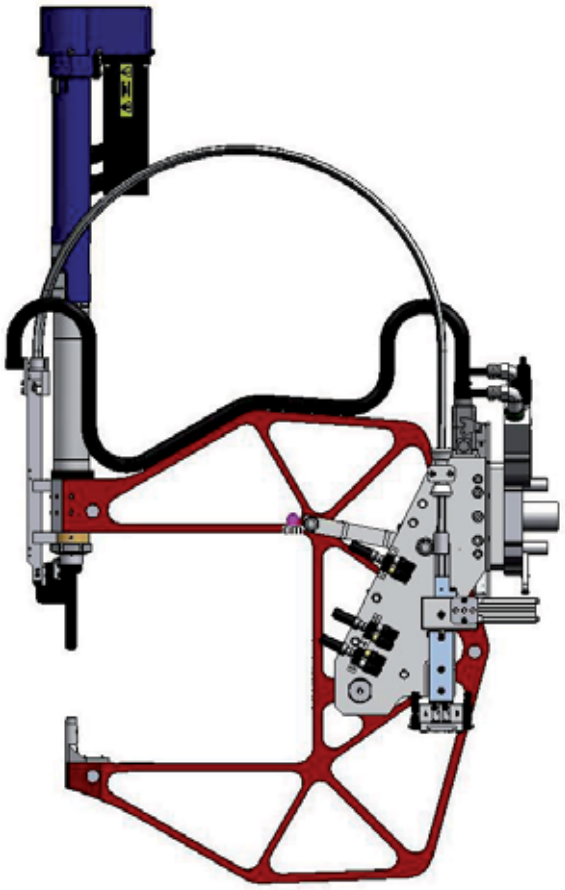
Libertà dei movimenti delle Servo-pinze elettriche

Pinze-robot servo-elettriche dotate di magazzino a bordo con rivetti nella quantità minima necessaria per un ciclo.
E' evidente la grande libertà dei movimenti consentiti alle pinze che non sono più limitate da cavi di sparatura dei rivetti o da cavi idraulici ad alta pressione.
Nelle immagini lo sbraccio delle pinze per rivettare il cofano è di soli 150 mm e quindi non vengono usate le pinze ultraleggere, usate invece con sbracci superiori in genere a 500 mm.

Vista di alcune pinze-robot IDRAULICHE

Vista di pinze-robot SERVOELETTRICHE con rivetti su bobine a bordo pinza

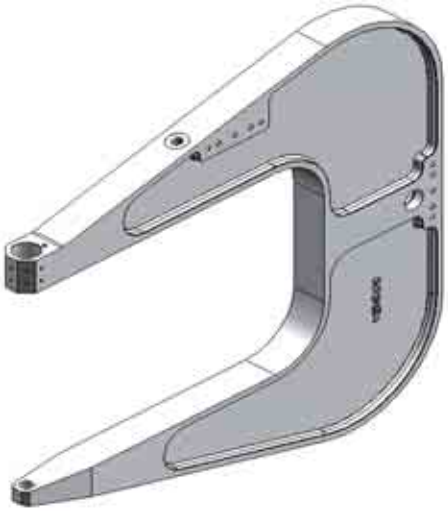
Vista di pinze-robot SERVOELETTRICHE con rivetti su bobine a bordo pinza



Pinze ULTRALEGGERE a GRANDE SBRACCIO, a BASSO PESO e a GEOMETRIA VARIABILE

GRANDI Pinze **ULTRALEGGERE**

Le GRANDI pinze ULTRALEGGERE con sbraccio da 0,5 a 1,5 m sono il risultato di lunghe ricerche di HENROB approfondite e ottimizzate scientificamente con alcune università inglesi.
Il risultato è stato il dimezzamento del peso delle pinze e la creazione di una serie di strutture bonificate in Weldox basate sulla condensazione dei flussi di sforzo diffusi in un insieme discreto di tiranti e puntoni.

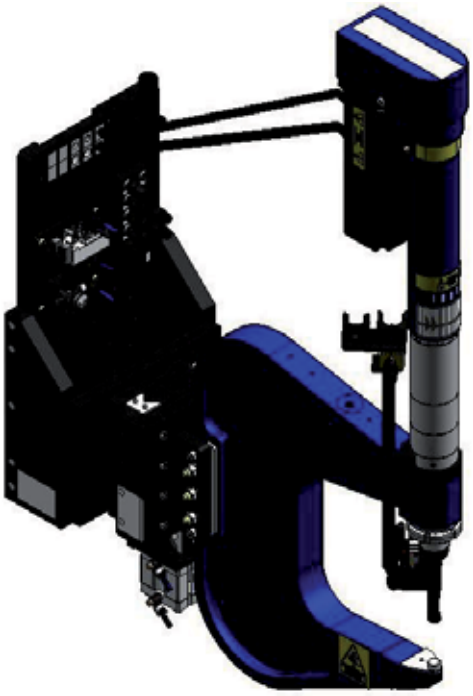


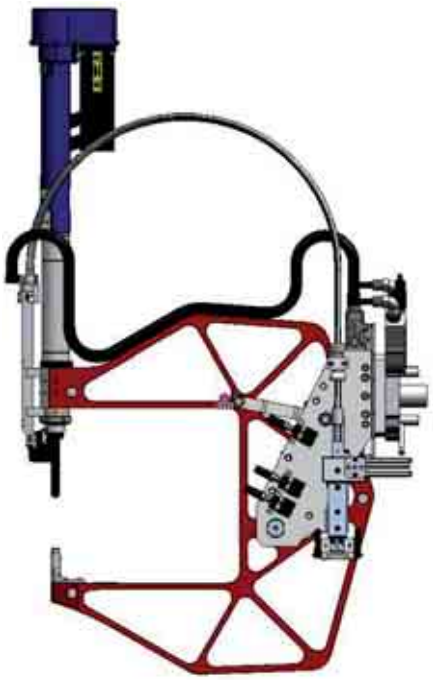
P = 185 kg

P=95 kg

RISULTATI

Confronto tra configurazioni con strutture tradizionali (a sinistra) e strutture ultraleggere (a destra).





Corpi-pinze a GEOMETRIA VARIABILE

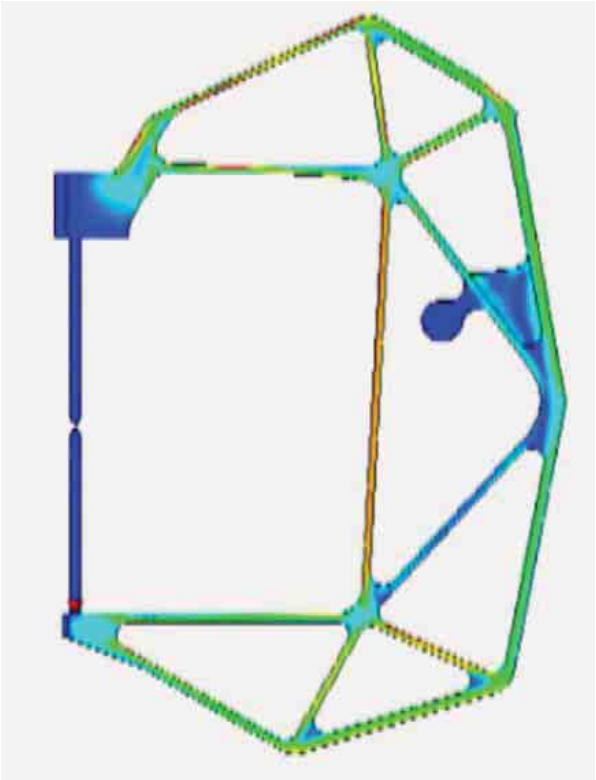
Oltre ai miglioramenti di peso ottenuti, le strutture ultraleggere delle Grandi Pinze hanno risolto il problema della flessione dei bracci.

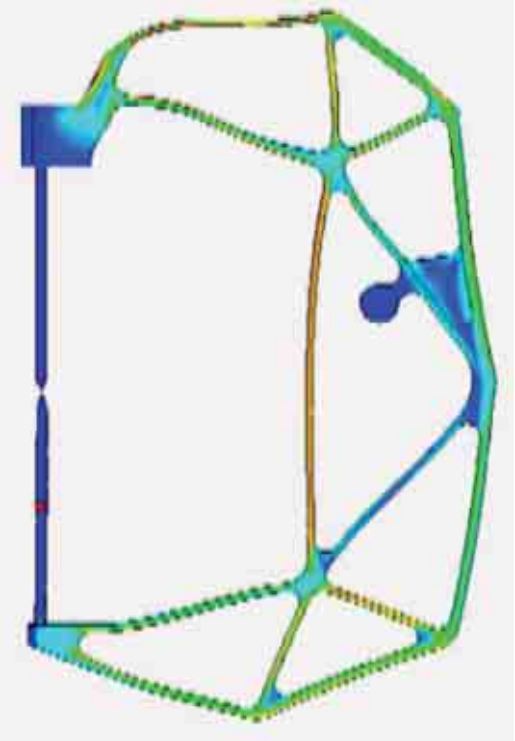
Nella puntatura la flessione dei bracci comporta il noto problema della “masticatura” dei punti.
Le forze in gioco nella rivettatura sono da 10 a 12 volte quelle della puntatura e il problema della flessione dei bracci nelle strutture ultraleggere di rivettatura era molto maggiore e avrebbe potuto comportare:
- una non coassialità tra punzone e matrice
- una inclinazione tra asse punzone e asse matrice

Ciò non sarebbe stato conforme a quanto richiesto dalla teoria del processo di rivettatura autoperforante.

Henrob ha quindi realizzato una serie di STRUTTURE ULTRALEGGERE **CALIBRATE** per una **DETERMINATA GAMMA DI FORZE**.
Queste strutture trasformano la deformazione delle strutture da un movimento secondo un arco di cerchio in un MOVIMENTO VERTICALE perfettamente rispondente al modello di moto necessario per l’inserimento di giunti autoperforanti, siano essi rivetti che perni.

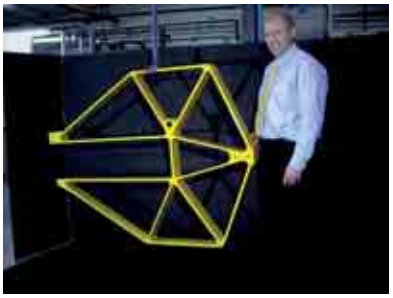
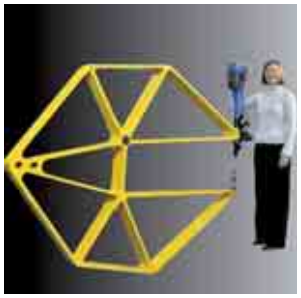
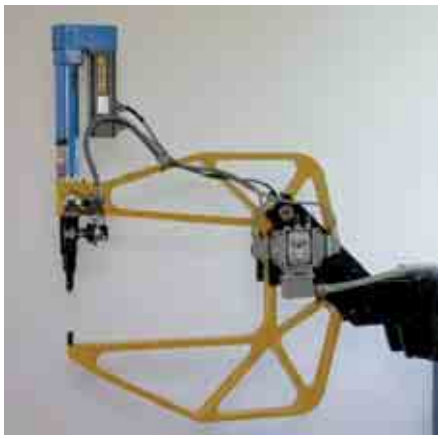
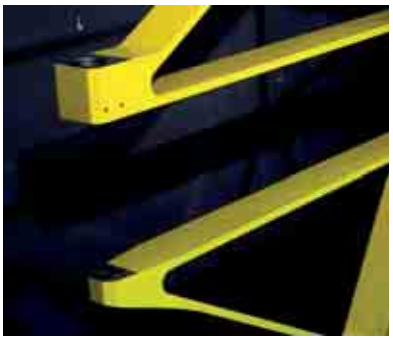
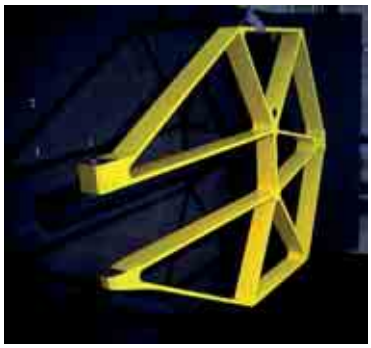
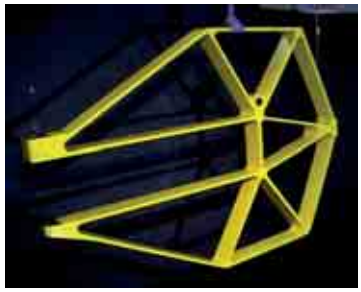
Ciò ha consentito di rivettare (ad es. nei pianali di autovetture) perni autoperforanti con pinze di sbraccio >1m.
Le due figure mostrano come le strutture si deformino mantenendo coassiale il moto del punzone e della matrice.

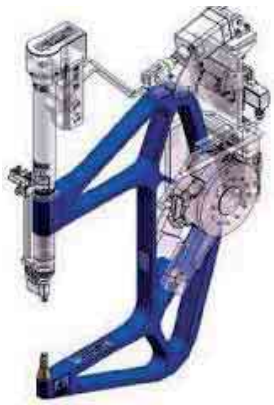


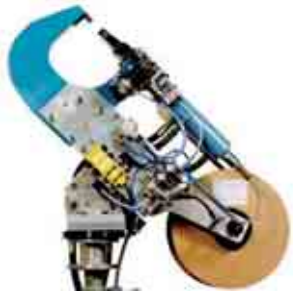


Pinze ULTRA-LEGGERE

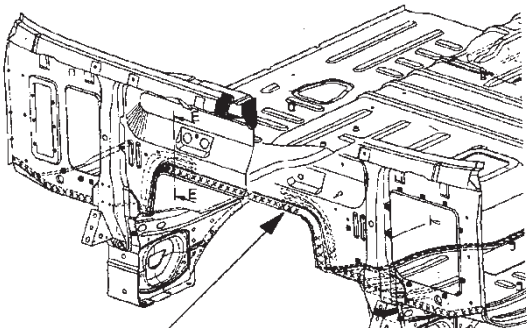
Le pinze ultraleggere HENROB a GEOMETRIA VARIABILE sostituiscono, per i grandi sbracci, le pesanti pinze tradizionali, riducendone il peso di 2/3.





Applicazioni.



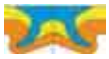
Il pavimento e il tetto di un'autovettura, così come la cabina di un camion sono esempi classici di strutture che richiedono pinze con grandi sbracci per raggiungere le zone da unire.
Con le Grandi Pinze-Robot **ULTRALEGGERE** il problema è stato risolto ed è ora anche possibile inserire non solo rivetti ma anche anche **perni** autoperforanti.

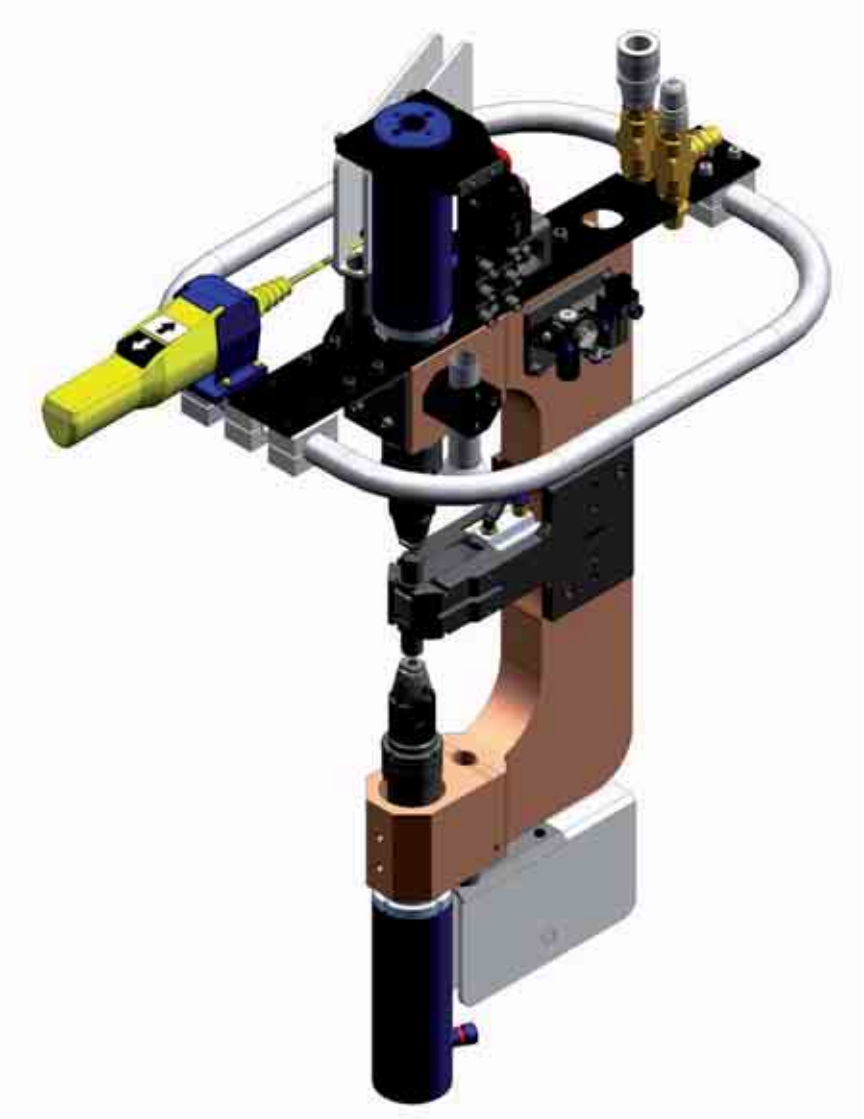
Vista di una pinza-robot ultraleggera
al lavoro su un pianale.

Vista laterale di una pinza-robot ULTRALEGGERA in cui è visibile il grande sbraccio che consente di inserire **perni** autoperforanti **su un pianale.**
La pinza è dotata di un applicatore servo-elettrico che permette ad ogni spostamento di scegliere la corsa più opportuna per il minimo tempo-ciclo.

Vista laterale di una pinza-robot ULTRALEGGERA durante l'inserimento di rivetti autoperforanti sulla base di una cabina di camion.

Le pinze ultraleggere a GEOMETRIA VARIABILE possono anche essere usate per applicazioni manuali con vari tipi di sospensioni.





Pinze a “E”

per la rivettatura doppia e contemporanea delle due ali dei profili a “C”

Assemblaggio di strutture con profili a C

L'assemblaggio manuale di strutture con profili a "C" comporta il rovesciamento, ad ogni ciclo, della pinza di rivettatura. Per evitare questa faticosa operazione, che comporta imprecisioni di assemblaggio, Henrob ha realizzato una pinza DOPPIA a "E" che durante il ciclo non ha più necessità di essere ruotata.

Ogni pinza a "E" è dotata di **2 elementi rivettanti:**

- **coassiali**
- **opposti**
- **indipendenti**
- **azionati simultaneamente**

Le pinze sono state progettate per applicare **2 rivetti per volta su due piani paralleli.**

Gli elementi rivettanti sono perfettamente **standard,** sono **componibili** per realizzare **macchine speciali** e la loro conformazione è indicata nella figura sottostante.

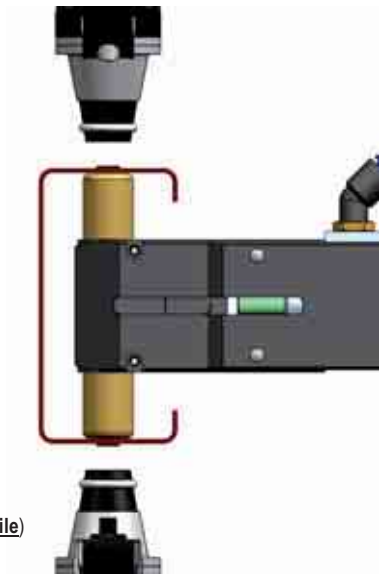


Fig. 1 – La parte centrale della pinza è dotata di un sistema automatico di espansione (**regolabile**) che consente alle due matrici di assumere distanze diverse

Pinze MANUALI e AUTOMATICHE

Le pinze MANUALI (fig. 2 e 5) possono essere dotate di un sistema GIREVOLE DI SOSPENSIONE che consente di ruotarle liberamente per 360º. Le matrici si autocentrano all'interno della struttura a "C" da rivettare e si espandono alla quota esatta predefinita e variabile.

Fig. 4 - Tipica struttura portante di un tetto in cui i rivetti sono coassiali, opposti e su 2 piani paralleli, caso ideale per una pinza a "E"

Fig. 2 - Pinza a "E" manuale

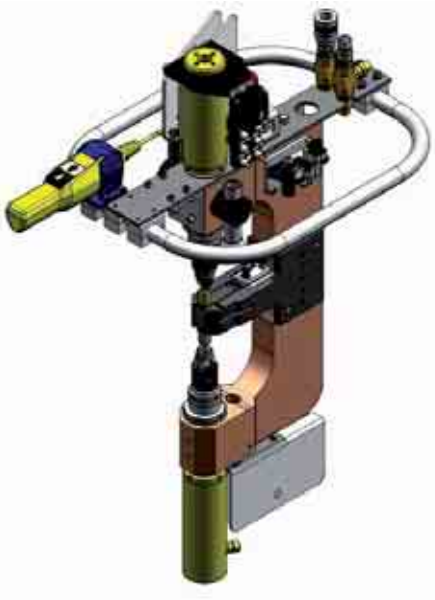
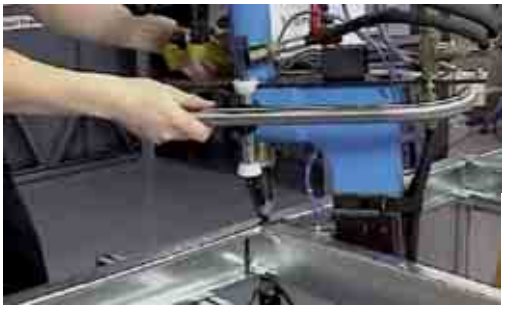
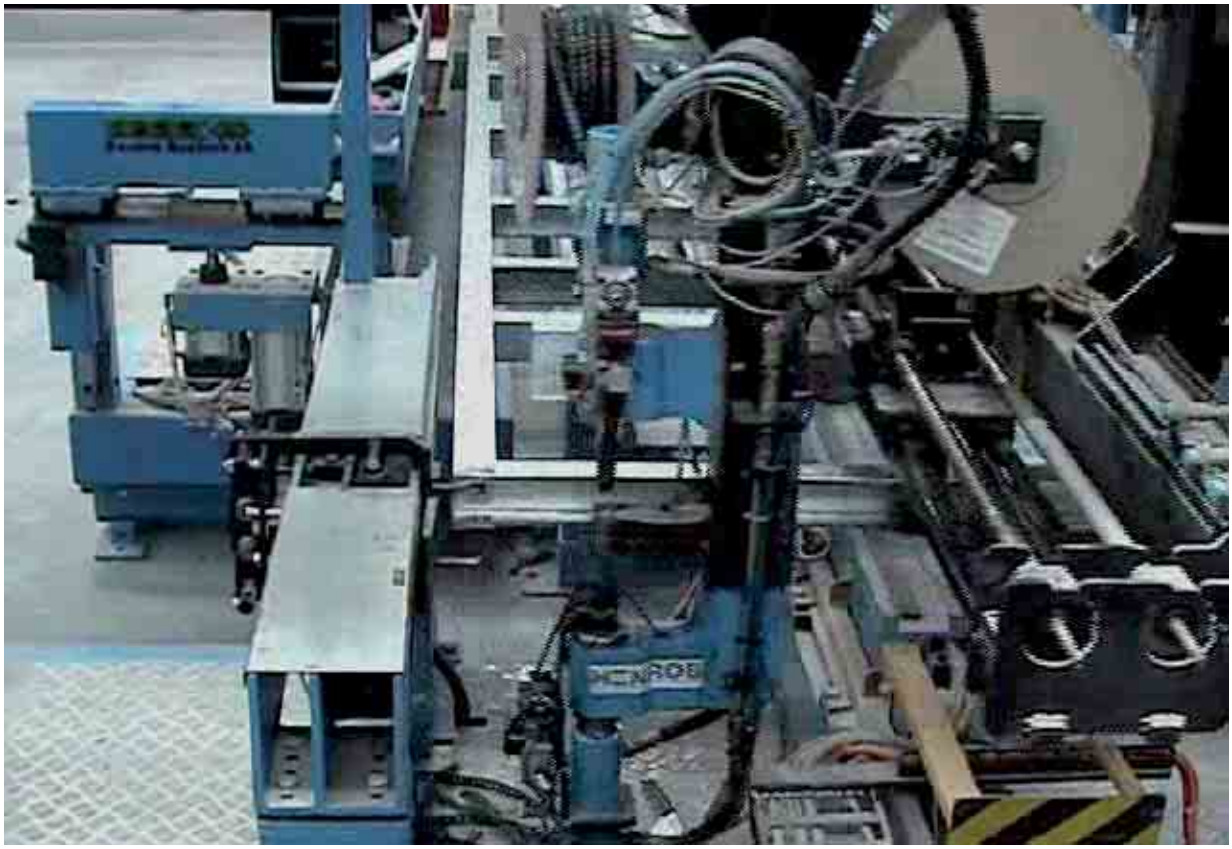


Fig. 3 – Pinza a "E" automatica per macchine speciali o robot

Fig. 5 – Pinza a "E" al lavoro su telai in acc. zincato

Pinze a “E” per la doppia rivettatura di profili a “C”





Macchina automatica con 2 pinze a “E” per l’assemblaggio di telai con profili a C”

a cura della redazione

Pinze a "E" per la doppia rivettatura di profili a "C"

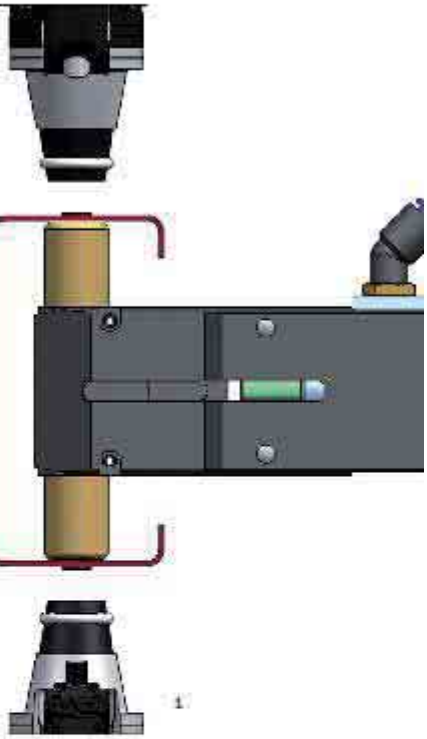
Per "rivetta tura" non viene intesa la rivettatura tradizionale ma quella autoperforante, cioè quella tecnologia di ricchia che sta prendendo sempre più piede e che inserisce ad alta pressione nelle lamiere da unire un rivetto temprato. Il rivetto costituisce esso stesso il giunto ad alta resistenza che realizza l'unione delle lamiere e offre anche un buon valore estetico. L'assemblaggio di profilati a "C" comporta il rovesciamento, nel corso di ogni ciclo, della pinza di rivettatura. **Henrob** ha realizzato una pinza doppia a "E" che durante il ciclo può sempre mantenere lo stesso orientamento. Le pinze a «E» sono pinze dotate di 2 elementi rivettanti e sono state progettate per applicare 2 rivetti per volta su due piani paralleli. Gli elementi rivettanti sono perfettamente standard, sono componibili per realizzare macchine speciali.

Pinze manuali e automatiche

Le pinze manuali possono essere dotate di un sistema girevole di sospensione che consente di ruotarle liberamente per 360°. Le matrici si autocentrano all'interno della struttura a "C" da rivettare e si espandono alla quota esatta predefinita e variabile.

Alcuni vantaggi rispetto alla saldatura a punti

Miglioramento della resistenza della giunzione sia a trazione, che a taglio e a sbottonamento
Zero difetti nella tenuta
Certezza della ripetibilità del giunto
Certezza della resistenza, garantita dalla sezione stessa del rivetto
Trattamento termico certificato: il rivetto è bonificato e sono possibili 7 livelli di durezze
Protezione superficiale del tipo voluto dal cliente: zincatura, alluminatura, brunitura, cromatura, verniciatura, ecc.
Non esistono vapori di zinco, di stagno o fumi di oli da estrarre
Non esistono acque di raffreddamento da trattare o refrigeratori a circuito chiuso da accoppiare alle macchine
Anche esticamente i rivetti danno l'impressione di una maggior robustezza dell'assemblaggio
La rivettatura autoperforante può venire utilizzata anche con lamiere preverniciate e in quel caso i rivetto sono del colore della lamiera di base.
Il consumo d'energia elettrica è molto basso e non comporta spurti
Per informazioni: Tel.348.9981653

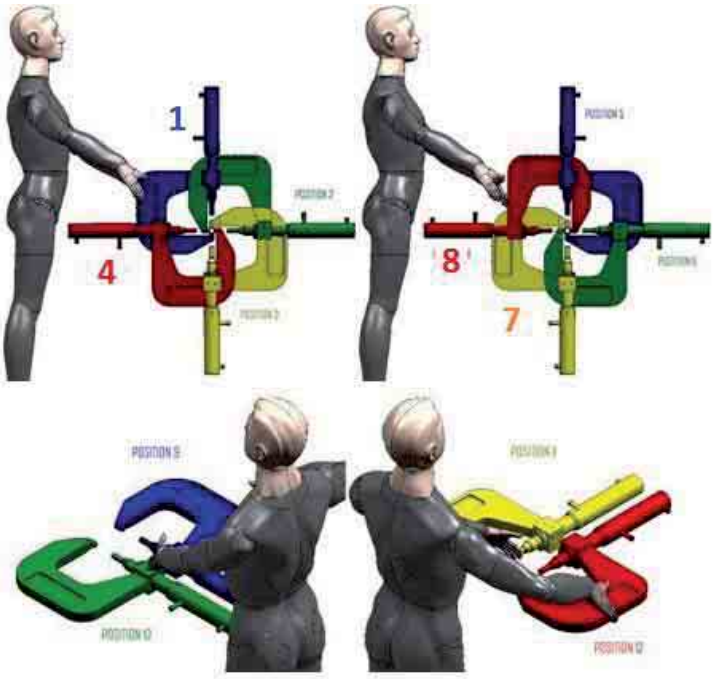


1

2

1 - La parte centrale della pinza è dotata di un sistema automatico di espansione (regolabile) che consente alle due matrici di assumere distanze diverse.
2 - Pinza a "E" manuale al lavoro su intelaiature.

ALESSIO - Specialisti in Rivettatura AUTOPERFORANTE -Tel 348 998 16 53 Fax 0142 85602 E-mail: ataless@tin.it www.alessiorivettatura.it



Sistemi di IMPUGNATURA, SOSPENSIONE e ORIENTAMENTO per Pinze MANUALI

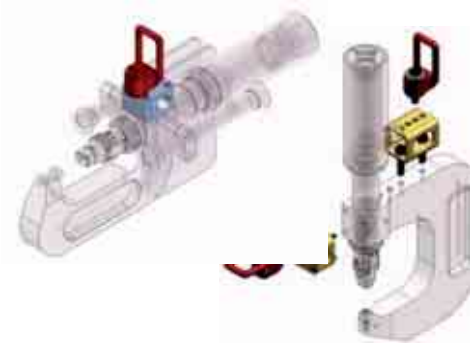
Le pinze PENSILI MANUALI vengono alimentate con rivetti su nastro inseriti in cassette intercambiabili che contengono mediamente 300 rivetti (a seconda del Φ dei rivetti stessi).

Se le pinze non hanno necessità di essere orientate e devono rivettare su uno o più piani orizzontali vengono appese con i ganci standard a un bilanciatore a molla.
Orientativamente i pesi delle pinze sono quelli indicati in questa tabella:

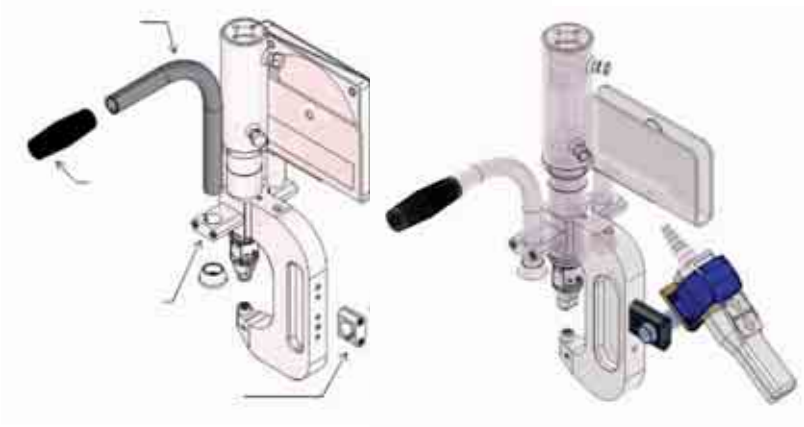
Sbraccio	50 mm	75 mm	125 mm	200 mm	300 mm	500 mm
Peso	5 kg	7 kg	11 kg	19 kg	24 kg	32 kg

Le impugnature possono essere semplicemente delle maniglie meccaniche rivestite in plastica oppure essere vere e proprie impugnature ergonomiche dotate di pulsante incorporato

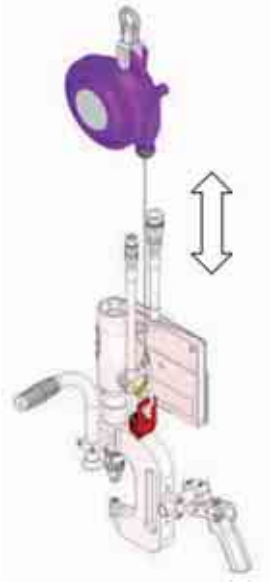
GANCI di SOSPENSIONE

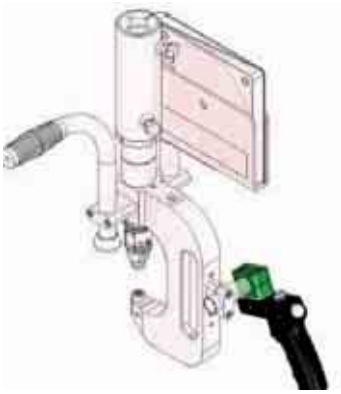


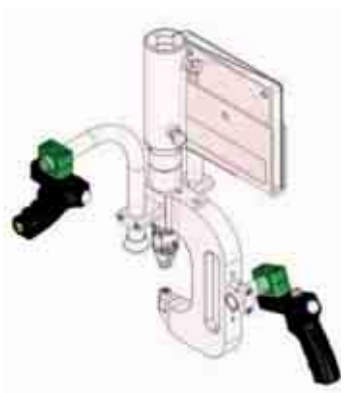
IMPUGNATURE



BILANCIATORI



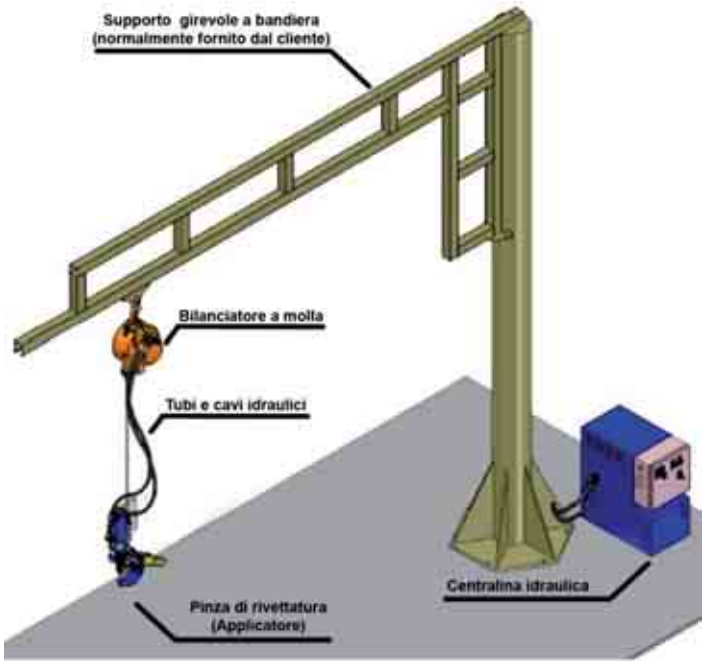




ESEMPI di varie POSIZIONI di Impugnature

Strutture di APPENSIONE

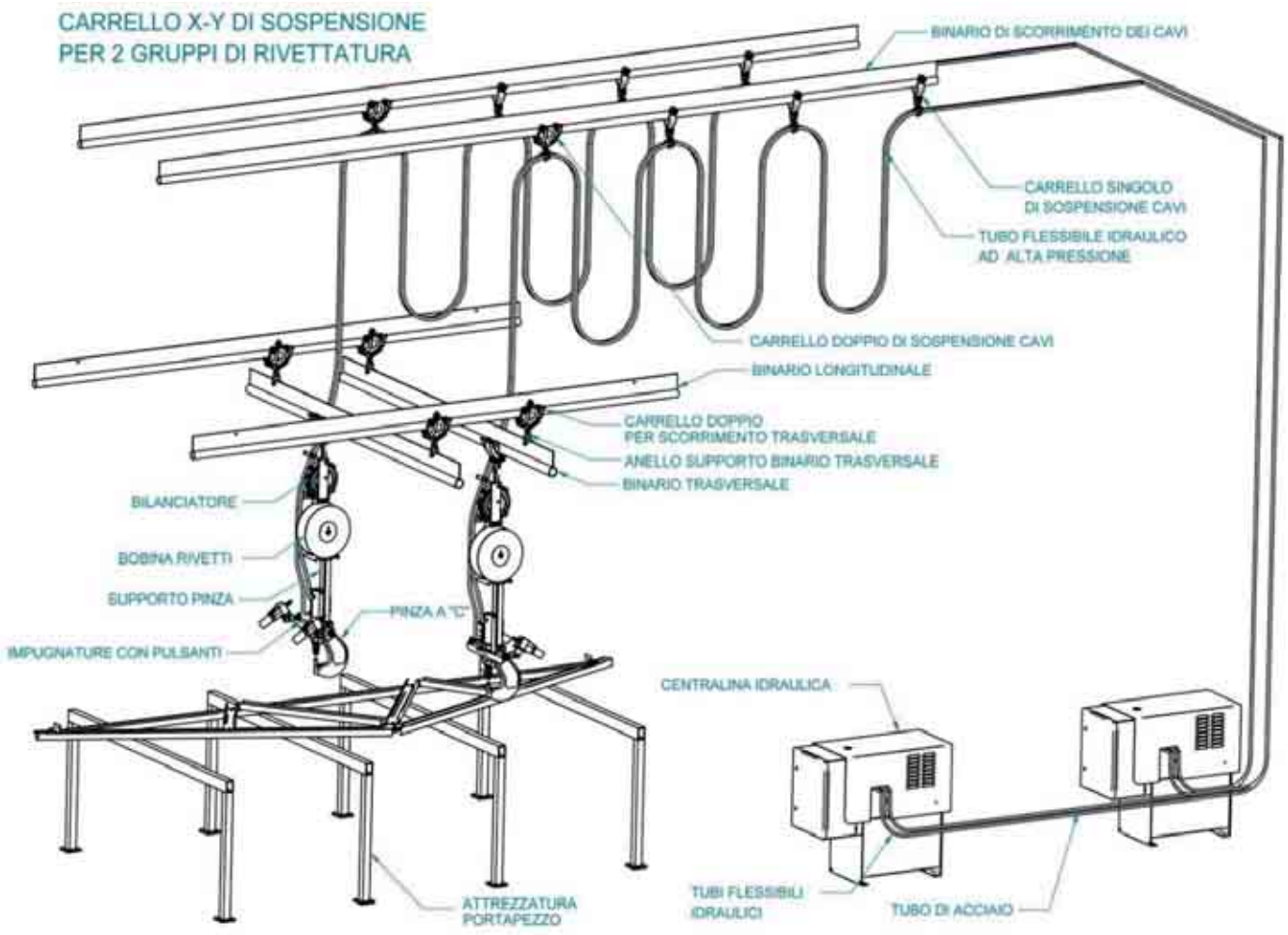
Il bilanciatore può essere appeso molto semplicemente a una struttura fissa, oppure a una struttura a bandiera che consente di raggiungere più stazioni di lavoro.



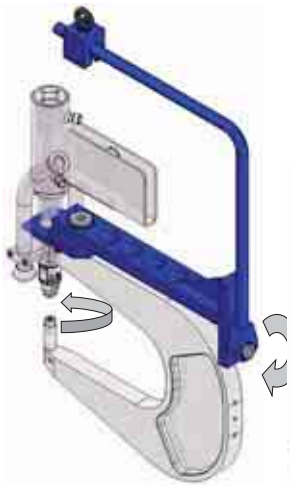
La struttura a bandiera, invece di essere fissa a terra, può essere fissata su un carrello zavorrato e dotato una serie di fori per spostare il baricentro della bandiera a seconda del peso e della posizione media della pinza.

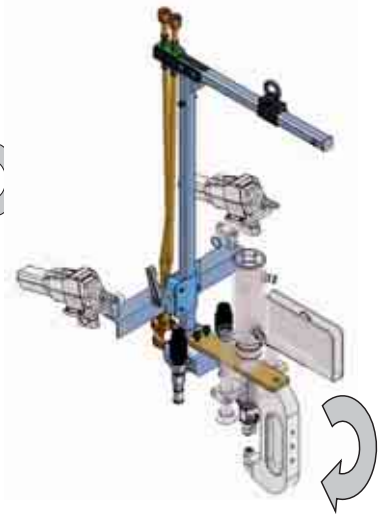
Rivettatrici appese a CARRELLI AEREI

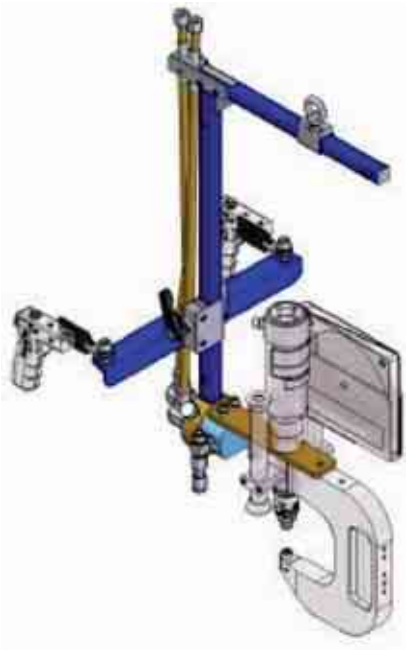
Per l'assemblaggio di grandi strutture o per lavorare su più stazioni, le rivettatrici pensili vengono appese a carrelli.
I carrelli scorrono secondo 2 assi ortogonali.
Al di sopra di ogni carrello è sistemato un binario che consente di traslare agevolmente i tubi ad alta pressione in arrivo dalla centralina.
Nel caso di più centraline, queste vengono raggruppate in genere fino a 5 unità.

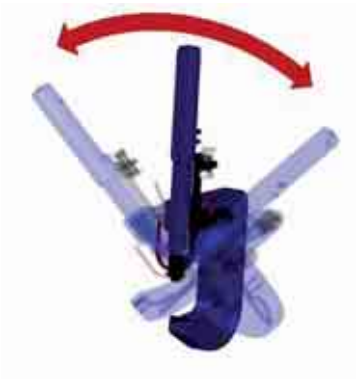


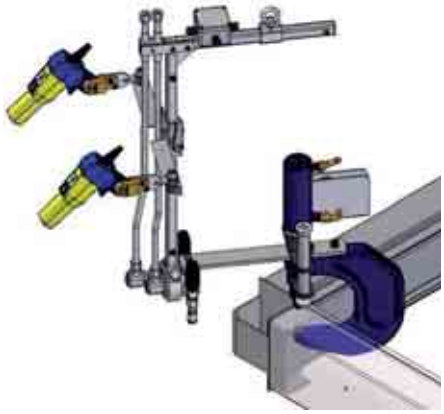
Vari Sistemi STANDARD di ORIENTAMENTO delle pinze

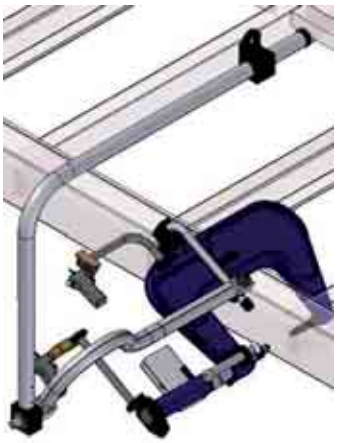


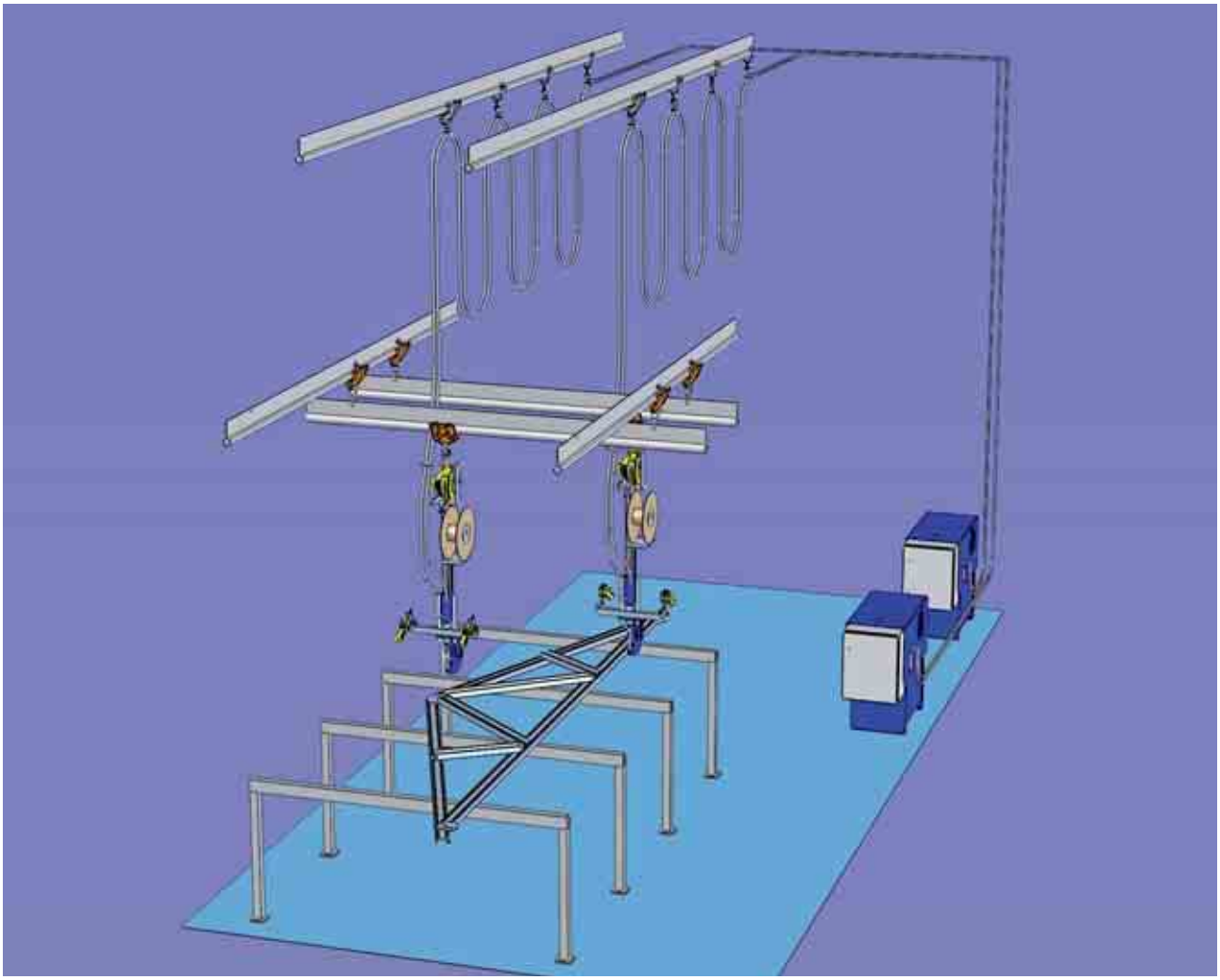




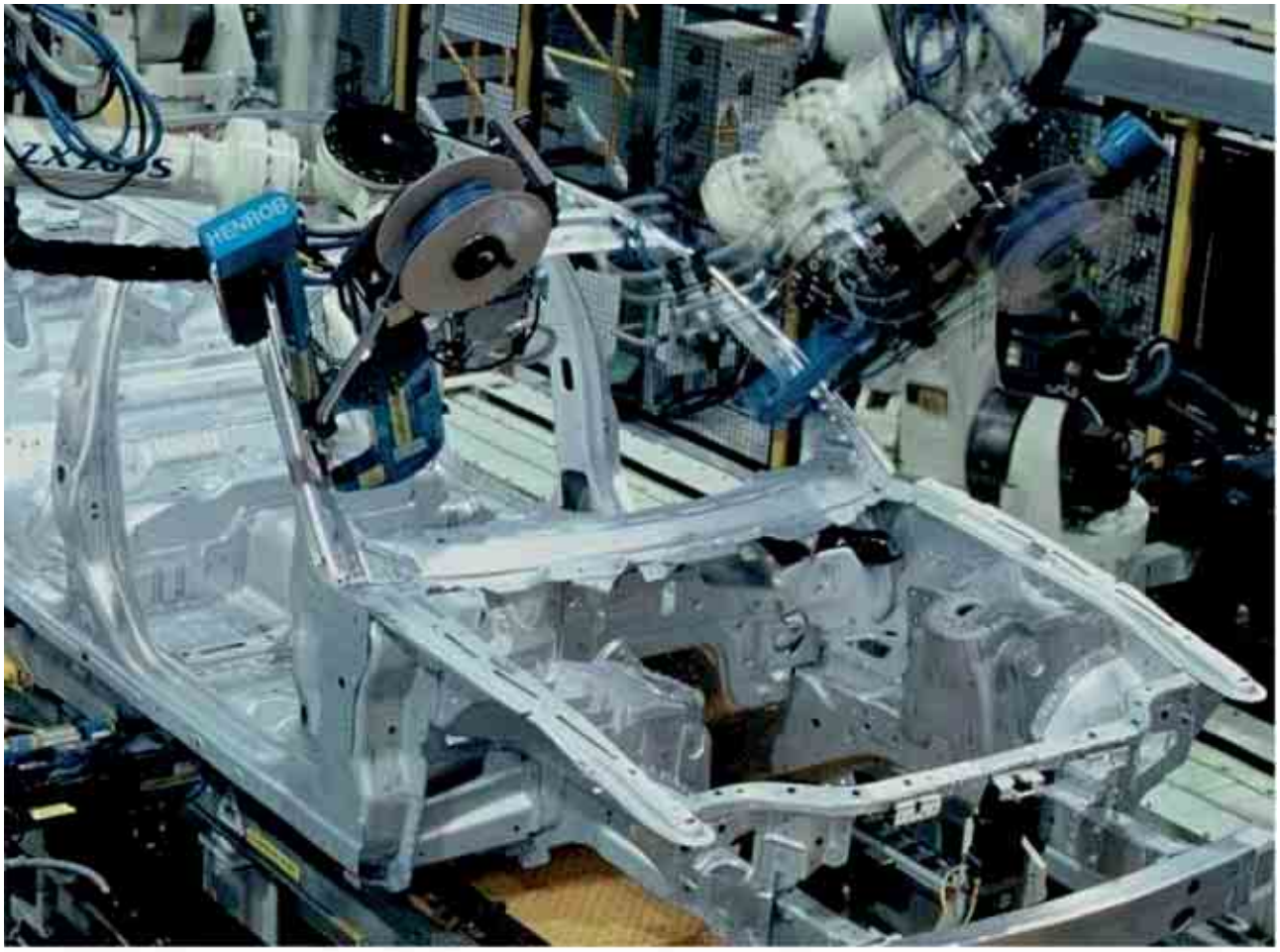








Industria AUTO

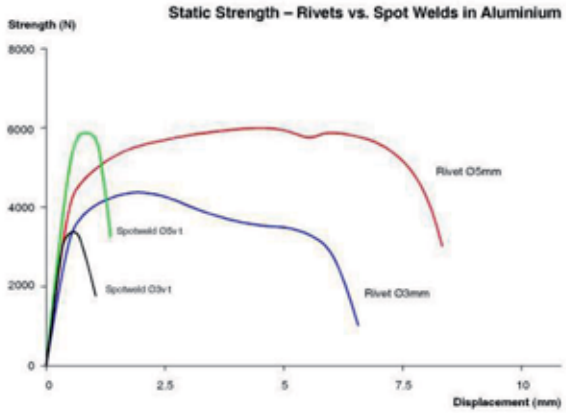


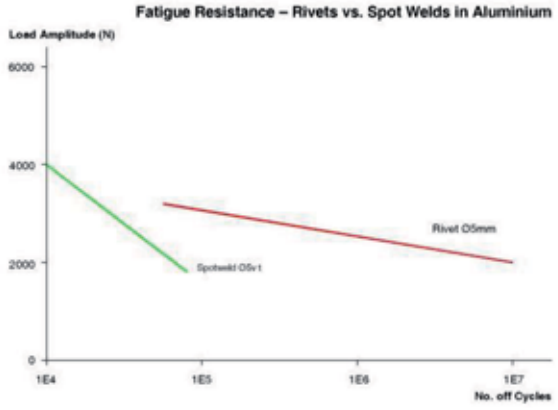
I progettisti di carrozzerie si sforzano costantemente di ridurre il peso delle vetture per migliorare l'economia del consumo di carburanti. L'impiego di nuovi materiali leggeri (quali leghe di alluminio, plastica e compositi) o di acciai altoresistenziali è sempre più comune. Tuttavia questi materiali possono porre problemi di produzione poiché le tecniche tradizionali di assemblaggio non sono più adatte, sia per la minor qualità ottenibile delle giunzioni, sia per il maggior costo necessario per riadattare i vari processi. Per risolvere questi problemi, Henrob ha sviluppato processi di rivettatura autoperforante studiati specificamente per l'industria AUTO che offrono altissima resistenza e qualità delle giunzioni, efficaci metodi di produzione e bassi costi di processo.
Quando JAGUAR decise il restyling della sua XJ berlina lo fece con una soluzione di rottura, fu la prima al mondo a realizzare una monoscocca in alluminio di questo tipo e la rivettatura autoperforante Henrob fu scelta come unico processo di giunzione in grado di unire 4 tipologie di materiali presenti nei vari componenti:

- lamiere di alluminio
- component di fusione
- estrusi
- acciai altoresistenziali

Ragioni principali per cui Jaguar scelse la rivettatura Henrob rispetto ad altri sistemi di giunzione

I due diagrammi confrontano la resistenza statica e a fatica di rivetti autoperforanti HENROB rispetto a punti di pari Φ su alluminio





1) Maggior resistenza del giunto

L'assorbimento di energia durante il crash è il fattore critico di qualsiasi tecnologia di assemblaggio. I rivetti autoperforanti Henrob assicurano livelli di assorbimento di energia significativamente maggiori della puntatura o di altre tecniche di giunzione automatica

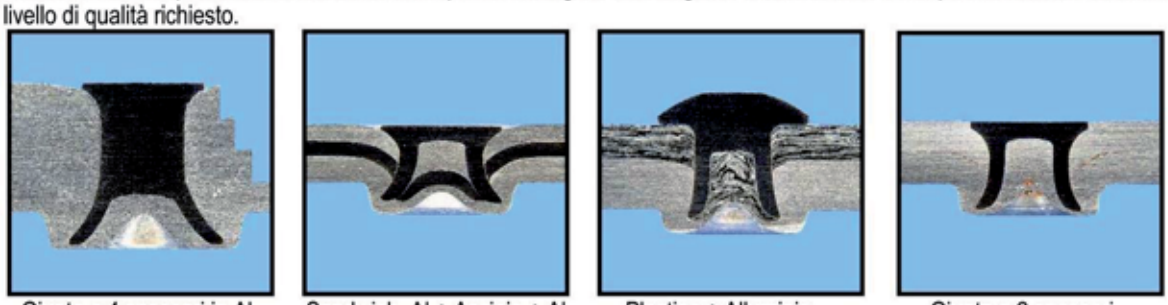
2) Aumentata resistenza a fatica

I rivetti autoperforanti Henrob offrono una maggior resistenza a fatica rispetto alla puntatura, sia nell'alluminio che negli acciai altoresistenziali, le cui proprietà non vengono degradate dal calore.

3) Possibilità di unire materiali diversi fra loro

La Jaguar impiega, nella fabbricazione delle scocche della XJ, una quantità di materiali diversi, come alluminio in lamiere, fusioni, estrusi, nonché acciai altoresistenziali.

La rivettatura autoperforantre Henrob è l'unico processo di giunzione in grado di assemblare tutte queste combinazioni di materiali al livello di qualità richiesto.



Giunto a 4 spessori in Al | Sandwich Al + Acciaio + Al | Plastica + Alluminio | Giunto a 2 spessori

4) Compatibile con gli adesivi

Il processo di rivettatura autoperforante Henrob è compatibile con adesivi pompabili, come i componenti epossidici comunemente impiegati nella fabbricazione delle scocche in alluminio.

5) Facilità di applicazione

I sistemi applicativi Henrob sono studiati per la massima produttività, con tempi-ciclo simili a quelli della puntatura, con alta affidabilità e bassa necessità di manutenzione. Sono disponibili varie configurazioni di sistemi, manuali o automatici, per applicazioni in basse o altissime serie

6) Impatto ambientale

Il processo Henrob è compatibile con gli standard ISO14000 sull'ambiente: il processo è a basso inquinamento sonoro, non emette fumi, calore, scintille e non rilascia polveri, sfridi o residui.

7) Installazione e costi di esercizio

I sistemi di rivettatura autoperforante Henrob sono autonomi, non richiedono acqua di raffreddamento o estrazioni di fumi.

Il consumo elettrico o di aria compressa è basso e minimizza i costi di esercizio.

Dichiarazione di R. Elsay (Jaguar)

"La rivettatura autoperforante Henrob ha un ruolo importante da sostenere: quello di assicurare un giunto fortemente sicuro. E' un processo molto consistente. Nella produzione in serie dell'Industria AUTO la rivettatura Henrob è probabilmente la migliore che abbiamo provato. Un'ottima azienda, anche con molta creatività e immaginazione. E' il nostro primo fornitore. E' stata un ottimo fornitore e resta l'unico".

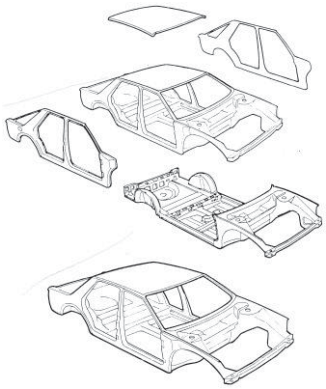
Richard Elsay – Jaguar Cars

Rispetto alla puntatura sono necessari meno giunti rivettati

I giunti realizzati con rivetti autoperforanti hanno un **maggior** MOMENTO d'INERZIA di quelli saldati a punti e il maggior peso dei rivetti è insensibile per una scocca o per i suoi sottogruppi. Infatti ogni rivetto pesa circa 1g e per 3.000 rivetti (che è la quantità media di punti esistenti in un'auto) il peso aggiunto è di soli 3 kg.
Ma mentre un punto saldato non può avere una resi-resistenza maggiore di quella del miglior materiale presente nella combinazione degli spessori da unire,
il rivetto autoperforante crea una zona di ALTA RESISTENZA.
Infatti i rivetti sono in acciaio bonificato e, per ogni combinazione di materiali, di spessori e di sandwich si può scegliere il grado di tempera e di durezza più opportuno. Non solo ma la struttura assemblata viene resa più resistente e più affidabi le in quanto per ogni giunto si ha la certezza di eseguirlo con la stessa consistenza e ripetibilità.
Rispetto alla puntatura (la cui variabilità dei parametri è caratteristica del processo) si può quindi **diminuire la quantità di giunti** (mediamente dal 5 al 10%) con una notevole economia nel ciclo produttivo. Il maggior momento d'inerzia della zona interessata dal rivetto mette a poi a disposizione una maggior energia potenziale di tipo elastico, particolarmnete utile per le strutture sottoposte a frequenti sollecitazioni dinamiche a fatica. Infatti, a differenza dei punti saldati (che sono rigidi) i rivetti autoperforanti (come dimostrano i crash test) la zona rivettata assorbe molta più energia del punto.

Scocche tradizionali e Space Frame

La rivettatura AUTOPERFORANTE risolve problematiche di unione di combinazioni di materiali difficilmente saldabili sia nelle SCOCCHE TRADIZIONALI che nelle SPACE FRAME



Esempio di scocca tradizionale e relativo schema di composizione.

Esempio di scocca Space Frame:

- in rosso i componenti di fusione
- in blu i componenti in estrusi e profilati
- in verde i componenti in lamiere

Nelle scocche TRADIZIONALI	**Nelle scocche SPACE FRAME**
risolve problemi di:	risolve problemi di:
- Materiali diversi	- Estrusi
- Materiali difficilmente saldabili	- Fusioni
- Materiali non resistivi	- Accoppiamenti non saldabili
- Ripetibilità	- Massima sicurezza di ogni giunto

SCOCCHE di AUTOVETTURE

Esempi-guida di rivettatura autoperforante HENROB

Tappe importanti dell'applicazione dei sistemi HENROB sono state:

- La AUDI A2 e A8
- La BMW Serie 5
- La DAIMLER-CHRYSLER Classe CL
- La JAGUAR XJ

Audi A2 e A8

4 tipi di rivetti
Il progetto della scocca si basò sui risultati acquisiti con la rivettatura Henrob sull'AUDI A8 SPR

BMW Serie 5

5 tipi di rivetti, 2 livelli di durezze
Rivetti Henrob Φ 6 mm - lunghezza: 8 mm

Daimler-Chrysler CL Class

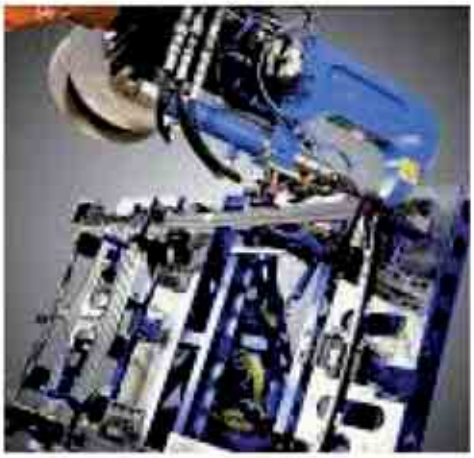
7 tipi di rivetti (metà Φ 6 mm), 3 livelle di durezze
Usati solo rivetti Henrob – Grande q.tà di pinze
Risultati da VETRINA TECNOLOGICA
Livello di difficoltà: simile a quello della Jaguar XJ

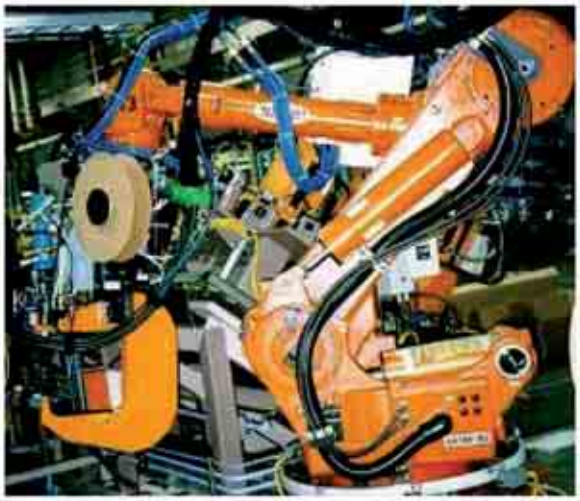
Jaguar XJ

16 tipi di rivetti, molti con lunghezze > 6mm
248 diverse combinazioni di spessori e materiali
Impiegate lamiere, estrusi e fusioni
Leghe di Al, acciai altoresistenziali e adesivi

Rivettatura di componenti in fusione

RIVETTATURA ROBOTIZZATA





Pinze automatiche FISSE a terra per linee robotizzate

Come nella puntatura nelle isole e nelle linee robotizzate, le pinze di rivettatura sono posizionate a terra e i robot interagiscono presentano i componenti da unire alle pinze

Attrezzature portapezzi di riferimento e bloccaggio

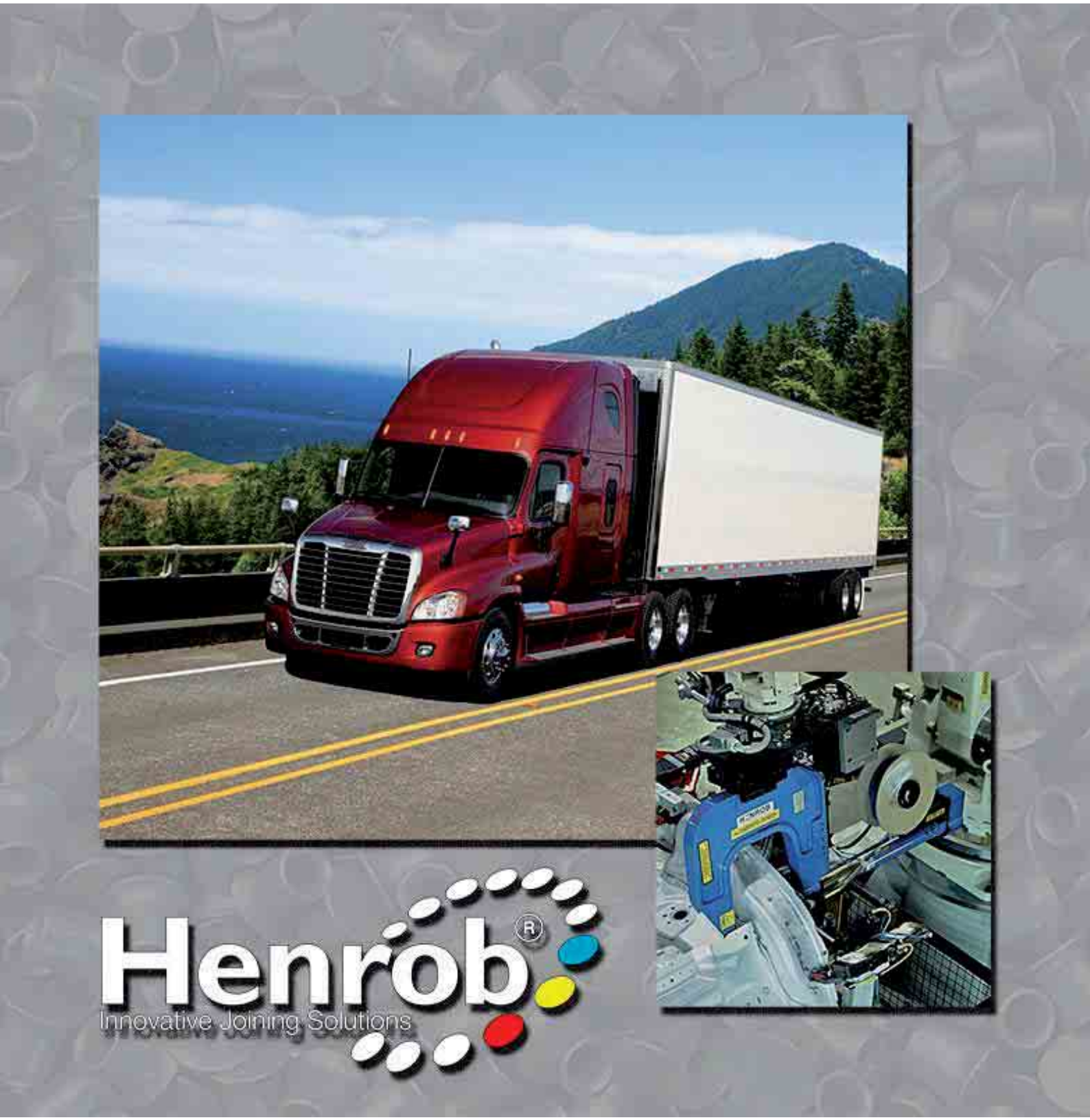
Le attrezzature per le operazioni manuali e robotizzate sono in tutto e per tutto uguali a quelle che si progettano per la puntatura con alcuni vantaggi:

- viene eliminata l'usura derivante da scintille, fumi, perdite di acqua di raffreddanento delle pinze
- viene diminuita la manutenzione per la necessaria frequente pulizia
- si ottiene una maggiore costanza della qualità in quanto non si deve tener conto della eventuale deformazione delle attrezzature causata dal riscaldamento generato dal campo magnetico delle pinze di puntatura

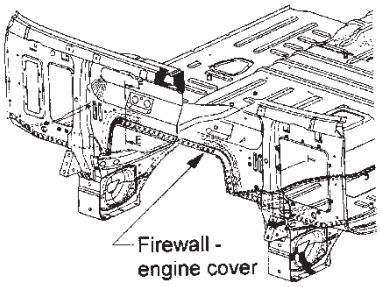
NRDB

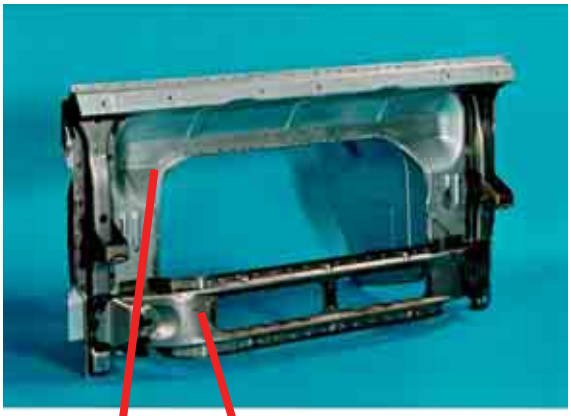
HN L3

XJ
THIS IS THE NEW JAGUAR



Veicoli INDUSTRIALI





Dettagli della paratia tagliafuoco del cofano motore

La nuova serie di motrici VOLVO serie FH fu sviluppata per rispondere alle richieste del mercato di minori costi operativi e maggiori carichi, pur mantenendo intatta l'immagine della VOLVO, famosa per sicurezza e ambiente.

Per raggiungere questi obbiettivi, nel progetto di questa nuova serie di cabine venne fatto ampio uso di materiale altoresistenziale di minimo spessore.

Il risultato ottenuto fu una riduzione del peso dell'ordine del 30% rispetto alla precedente generazione di cabine.

Ma le tecniche tradizionali di saldatura a punti dettero problemi nell'unione di quei tipi di acciai altoresistenziali, in quanto il calore generato durante la puntatura ne degradava le proprietà.

Durante le prove a fatica sui prototipi avvenne un prematuro cedimento strutturale del *"fire wall-engine cover"* cioè della paratia tagliafuoco del motore (Fig. 1).

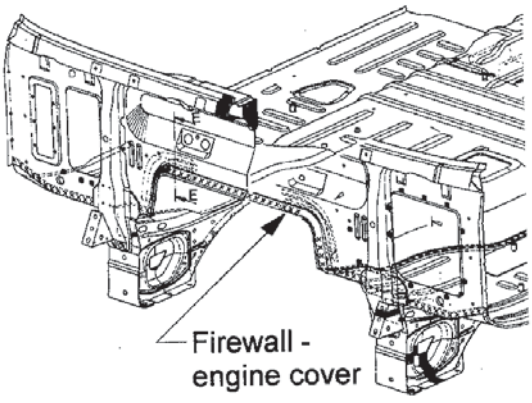


Fig.1

La Volvo corse subito ai ripari con una prima soluzione che comportava l'aggiunta di rinforzi (sempre puntati) nella zona interessata causando però l'aumento dei costi e del peso.

Dopo una vasta serie di prove, tutti i punti che erano la causa di questo problema, furono sostituiti da rivetti autoperforanti HENROB.

Eliminate le piastre di rinforzo, fu testata a fatica una cabina con la paratia rivettata, col risultato che durava, senza cedimenti, oltre il doppio della vita della motrice.

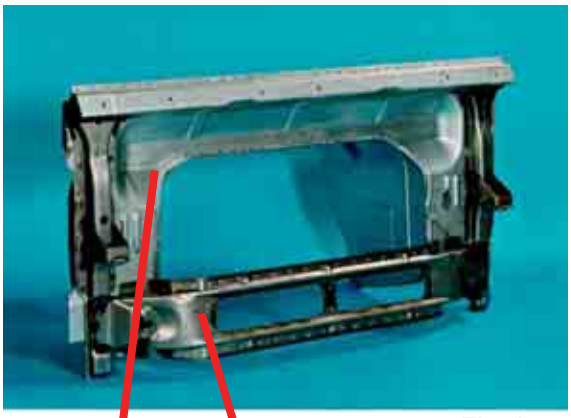


Fig. 2

Dettagli della paratia tagliafuoco del cofano motore

Fig. 3

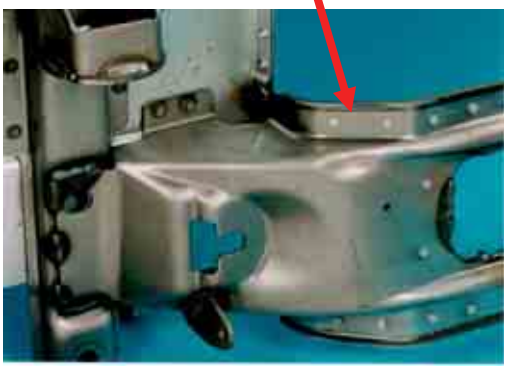


Fig. 4

Anche se, rispetto alla puntatura, la resistenza statica dei rivetti era un po' inferiore e l'investimento nell'attrezzatura di rivettatura un pò superiore, i vantaggi e l'economia ottenuti dalla VOLVO adottando la tecnologia **Henrob** di rivettatura autoperforante, compensarono di gran lunga il maggior costo iniziale dell'attrezzatura, come richiamiamo nei 5 punti seguenti:

- Eliminazione dei rinforzi puntati
- Aumento della durata a fatica della struttura della cabina
- Miglioramento dell'ambiente di lavoro senza scintille o fumi
- Tecnica di automazione simile alla puntatura
- Risparmio di 244.000$/anno nei costi di produzione.

Per raggiungere il livello di qualità del giunto richiesto da questa applicazione, la Volvo scelse il sistema **Henrob** (brevettato) dotato di PREMILAMIERA, in cui le lamiere da unire vengono serrate fortemene fra loro prima di inserire il rivetto.

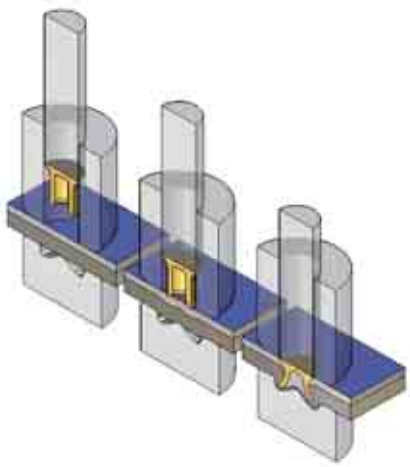


Fig. 5 – Il processo **HENROB** di rivettatura autoperforante, brevettato, dotato di PREMILAMIERA.

Quando la VOLVO effettuò i testi di fatica, il processo di rivettatura con PREMILAMIERA della **Henrob** dimostrò un significativo aumento nella durata a fatica rispetto a quello ottenuto con la puntatura.
Il grafico di Fig. 6 mette a confronto la resistenza a fatica di un rivetto HENROB con un gambo di 5mm (linea color fuxia in alto) con un punto di saldatura Φ 5mm (linea nera in basso) nell'unione di un acciaio altoresistenziale (Rp0.2=220Mpa).

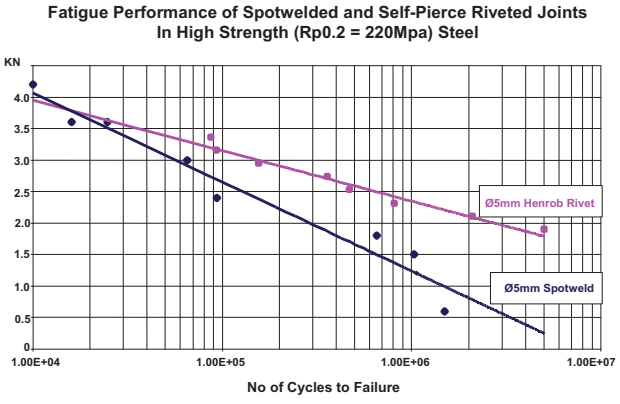


Fig. 6

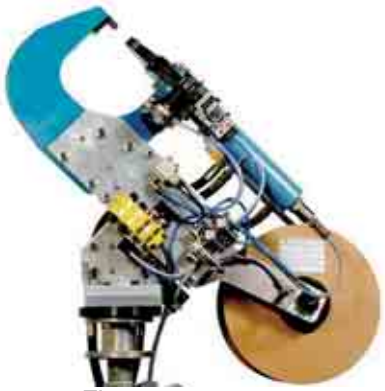


Fig. 7

Per produrre 150 cabine al giorno con 42 rivetti, la VOLVO usa sistemi robotizzati Henrob.
I sistemi Henrob alla VOLVO includono l'alimentazione automatica dei rivetti da aspo e il monitoraggio on line dell'applicazione corretta di ogni rivetto. Invece di pinze idrauliche, Henrob anche offre una serie di servo-pinze elettriche in grado di inserire ciascuna più tipi di rivetti alimentati da magazzini automatici.
Le linee sono ad automazione integrale senza la presenza di alcun operatore.

CAMIONCINO CON CABINA MONOSCOCCA COMPLETAMENTE IN ALLUMINIO

Materiali uniti: Lamiere di Al, estrusi di Al e acciaio altoresistenziale, con adesivi intermedi, isolanti e anticorrosivi

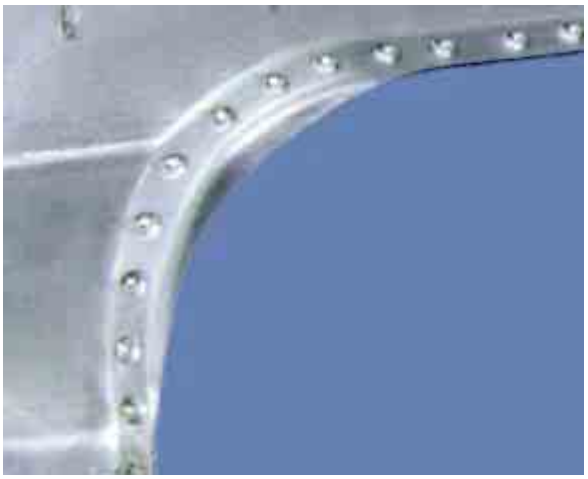
Problemi rispetto al precedente sistemi di assemblaggio

- Il cliente decise di passare a una cabina in Al sia per ridurre il peso della struttura, sia per adeguarne la tecnologia di fabbricazione a quella degli altri autocarri della stessa linea di prodotti con maggior portata
- Il passaggio a una struttura "monoscocca" era più caratteristica del settore auto che non di quello dei camion dove la maggior parte degli altri costruttori faceva uso invece invece di cabine di tipo tradizionale.
- Il passaggio a questo tipo di struttura comportò un aumento enorme del numero di combinazioni di nuovi materiali con sovrapposizioni fino a 4 spessori diversi.

Soluzione HENROB

Henrob fornì i propri servosistemi elettrici di rivettatura autoperforante che s'inserirono perfettamente nella linea di fabbricazione esistente.
Per i sottogruppi vennero previste isole robotizzate con pinze idrauliche manuali per riutilizzare il personale di assemblaggio in carica nei reparti.
Il resto della cabina venne invece assemblato con robot e con servo-pinze elettriche a logistica integrata, con magazzini di scorta in loco per tutti i tipi di rivetti e di ricambi.
Il continuo supporto tecnologico fornito da Henrob a partire dall'avanprogetto fino alla definizione di dettaglio delle zone di applicazione razionale dei rivetti ridusse al minimo la quantità di varianti di stampi e di materiali di consumo.
Il successo di questo progetto fu confermato dalla duplicazione dello stesso in un altro stablimento dell Cliente in Messico.

CABINE MOTRICI



Materiali uniti: Acciai altoresistenziali
Assemblaggio: mediante servo-pinze elettriche.
Vantaggio: poter scegliere ad ogni punto la corsa minima e la forza ideale nonché di recuperare con un sistema inerziale
parte dell'energia impiegata nei punti precedenti.

VEICOLI ATTREZZATI

Precedente sistema di assemblaggio
Classici rivetti con pre-foro e/o la saldatura a punti.
Sovrapposizioni degli spessori: 3-4 spessori diversi.

Soluzione HENROB **Henrob** propose i propri sistemi manuali idraulici di rivettatura autoperforante che s'inserirono perfettamente nella linea di fabbricazione esistente. Anche per i sottogruppi vennero previste pinze idrauliche manuali che resero più agevole il lavoro degli operatori.

Problemi da risolvere rispetto ai metodi tradizionali di assemblaggio:

- Trovare un efficiente metodo alternativo per ridurre i costi di assemblaggio
- Aumentare la resistenza dei giunti (sottoposti a fatica e a condizioni critiche e cicliche di carichi variabili) trovando un sistema di assemblaggio che non comportasse destabilizzazioni o spostamenti dei componenti della struttura.
- Consentire l'uso di adesivi (unione ibrida) prevista dal progetto

Soluzione realizzata
Furono previste 6 pinze idrauliche manuali dotate di preserraggio,
progettate per le diverse sezioni di profili,
adatte per rivetti a testa fresata Φ 5mm,
per più combinazioni di spessori diversi
e alimentati da caricatori a nastro a cassetta iintercambiabili sulle pinze stesse.
Le pinze erano mobili su un sistema di sospensione a rotaie
dotato di 6 bilanciatori pneumatici
che consentivano una grande libertà di movimentazione delle pinze.
Una delle pinza era dotata di un portarivetti stretto e lungo per accedere in una zona particolarmente angusta.

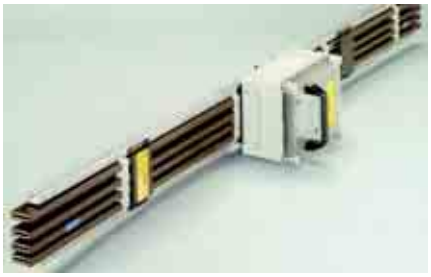
Vantaggi ottenuti usando i sistemi di rivettatura autoperforante Henrob:

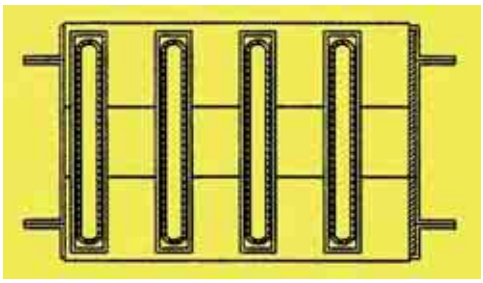
- Maggiore stabilità geometrica della struttura
- Riduzione dei tempi di lavorazione e assemblaggio, grazie all'eliminazione dei fori di inserimento dei rivetti tradizionali
- La rivettatura autoperforante **Henrob** è perfettamente compatibile con gli adesivi e ha garantito un assemblaggio sicuro e consistente, con un'alta resistenza del giunto

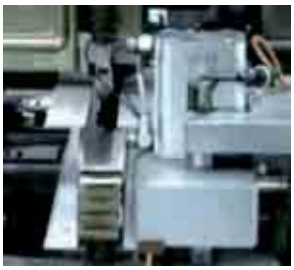
Globetrotter

BUSBAR

BUSBAR e Canaline portacavi

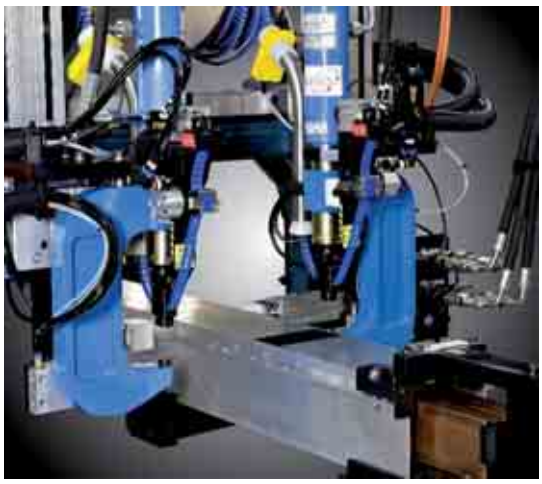






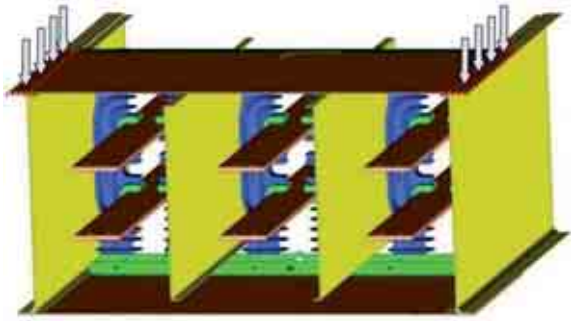
Rivettatura manuale
con una pinza pensile
per basse produzioni.
E' visibile il magazzino
dei rivetti a bordo pinza
a cassetta intercambiabile.
A seconda del diametro
dei rivetti il magazzino
contiene 300-500 rivetti.

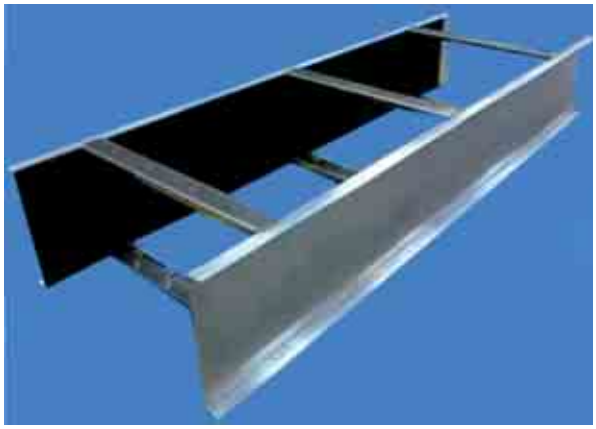
Per busbar e canaline vengono utilizzate sia pinze standard pensili per produzioni basse e molto diversificate sia macchine a programma a 3 assi con 2 o più pinze automatiche per alte produzioni

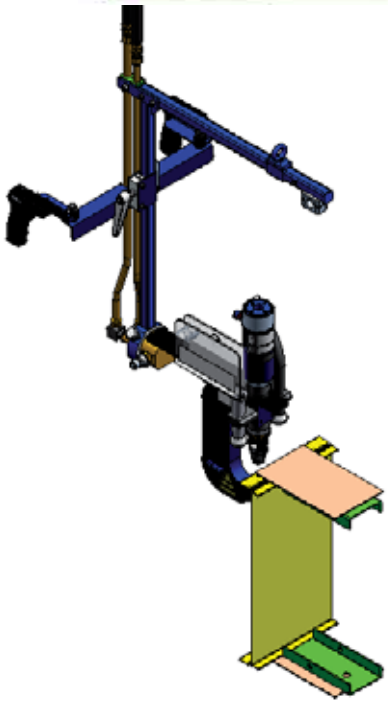


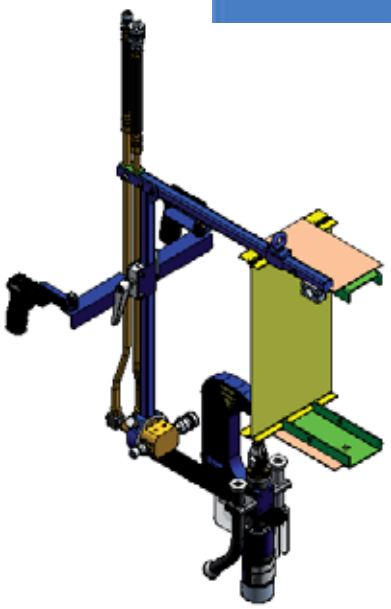
Vista generale e di dettaglio di una macchina automatica a programma a 3 assi dotata di 2 pinze idrauliche per l'unione dei profili in Al che contengono le barre conduttrici in Cu. Le pinze lavorano in modo simmetrico e sono dotate di 3 assi controllati X-Y-Z. Tutta la gamma di profili viene unita con uno stesso tipo di rivetto. La macchina è standard e, a seconda della produttività richiesta, puó essere dotata di 2, 4, 6 o 8 pinze di rivettatura.

BUSBAR di grande potenza



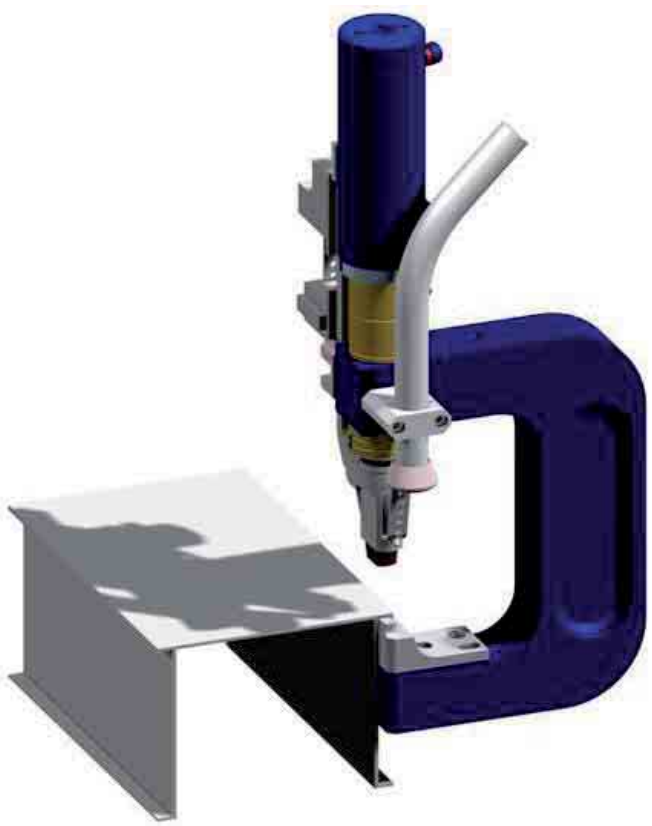


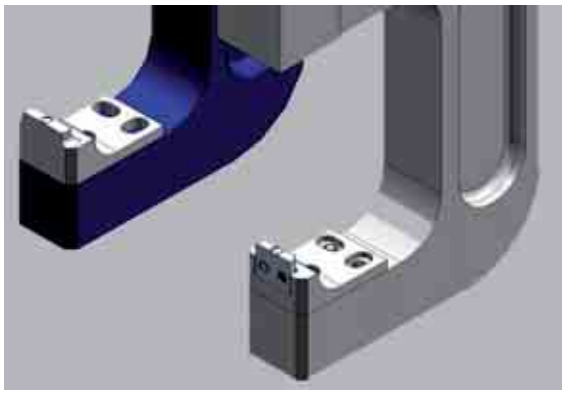


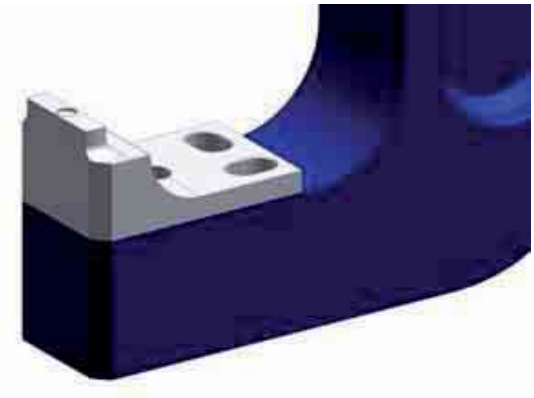


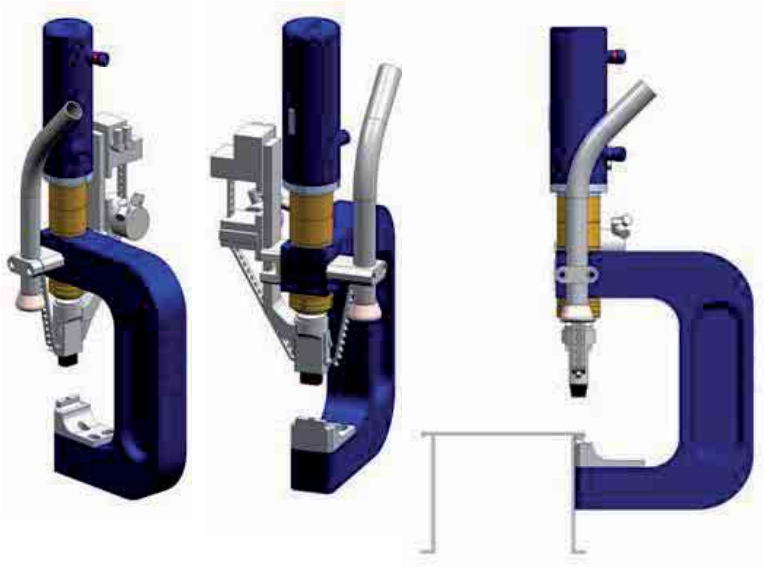
BUSBAR a BORDI STRETTI

Henrob ha studiato soluzioni con matrici scomposte che consentono di penetrare in bordi molto stretti (9 mm)









Rivettatrici per Componenti PIANI

Macchina standard di rivettatura autoerforante
con sbraccio di: 800-1050-1500mm.

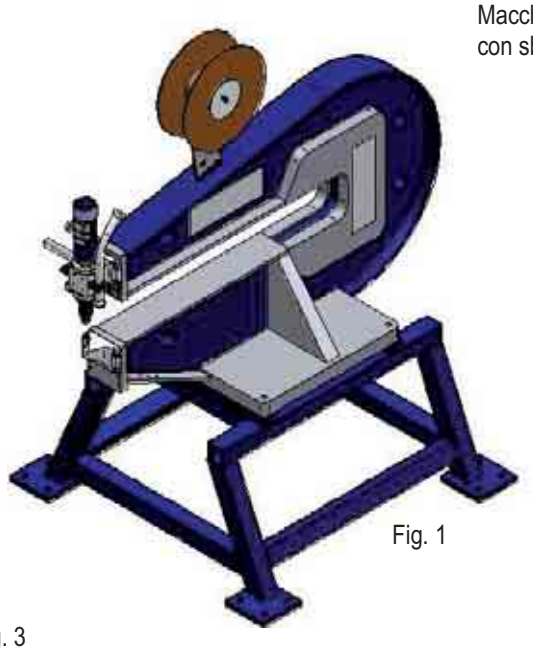


Fig. 1

Pinza standard per piccolo segnali

Fig. 2

Fig. 3

Rivettatura manual di grandi frecce autostradali

Fig.4
Composizione della macchina: pressa, centralina, cavi, pedale

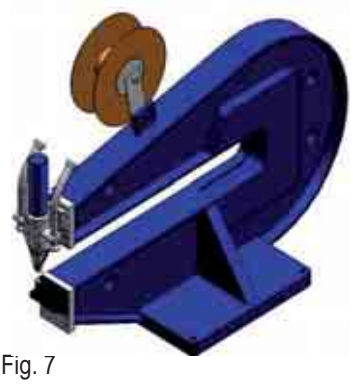


Fig. 7
Macchina senza base applicabile a sistemi automatici
a 3 assi programmati. Il peso della struttura è di 600 kg.

Fig. 5 – Rivettatrice Henrob applicata a un sistema
a 3 assi di www.gemwelding.com

Fig. 6 - Rivettatrice Henrob con sbraccio 1500mm
applicata a un sistema a 3 assi di
www.gemwelding.com

Fig. 8

Fig. 9

Fig. 10

Fig. 11

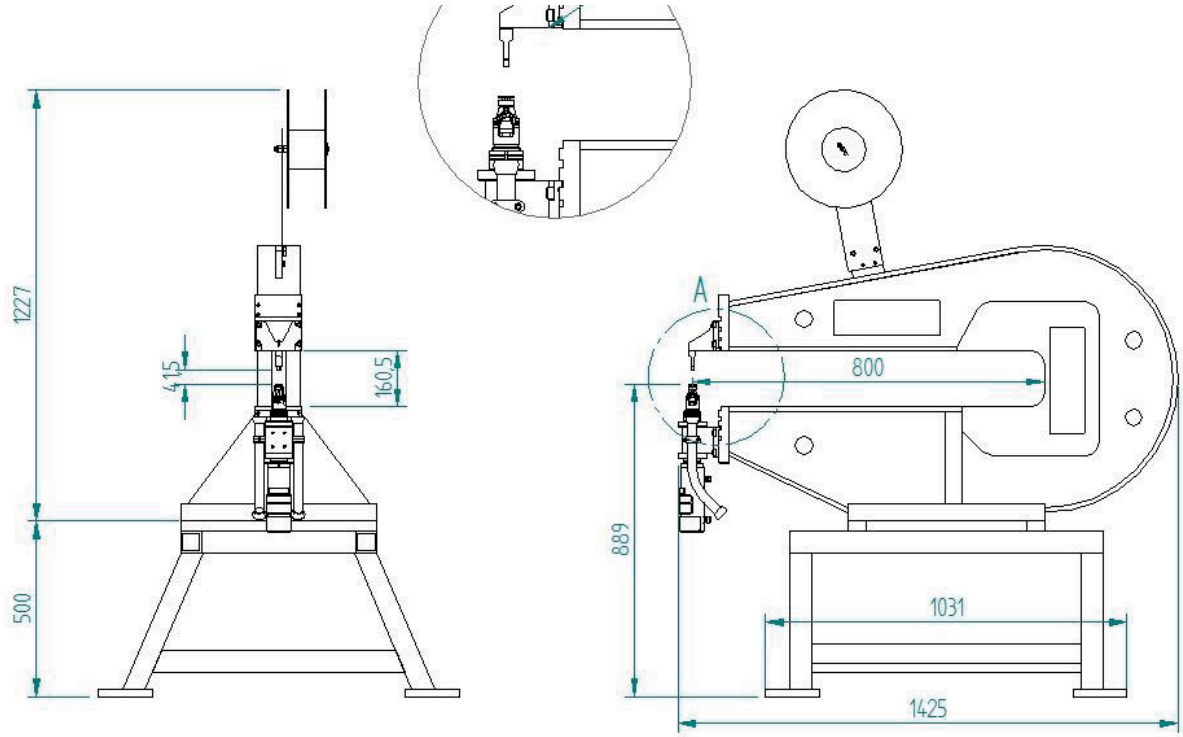


Fig. 12 – Ingombri della rivettatrice con sbraccio 800 mm

Varie sezioni dei profili dei supporti dei segnali stradali

Fig. 13

Fig. 14

Fig. 15

Fig. 18

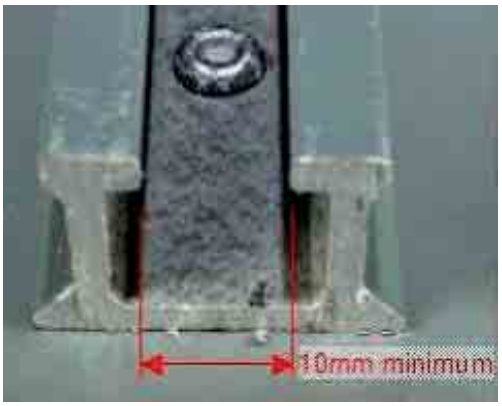


Fig. 16

Fig. 17

Fig. 19.
Vari tipi di MATRICI oscillanti utilizzate per entrare nei supporti dei segnali stradali

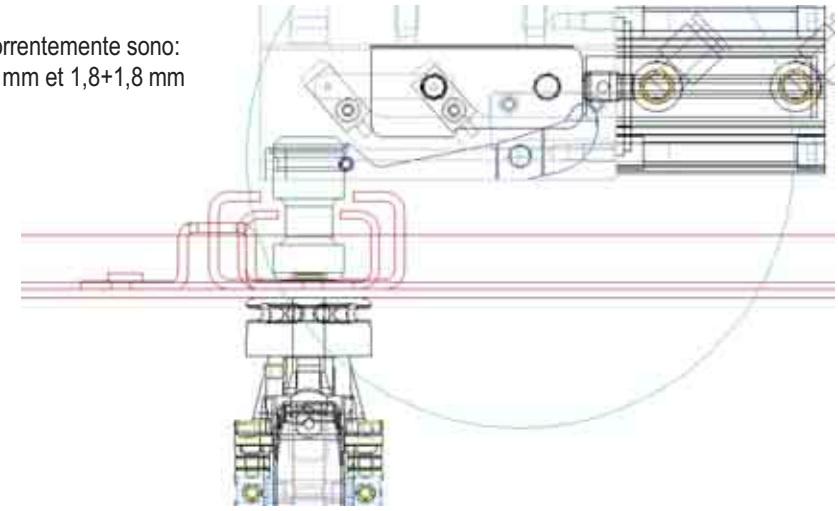


Fig. 20
Gli spessori dei profili dei supporti utilizzati più correntemente sono:
Al: 2.5+3 et 3+3 mm Acciaio: 1+1 mm, 1,5+1,5 mm et 1,8+1,8 mm

MATRICI SPECIALI per BORDI STRETTI

Henrob ha studiato soluzioni
con matrici scomposte
che consentono di penetrare
in bordi molto stretti (9 mm)

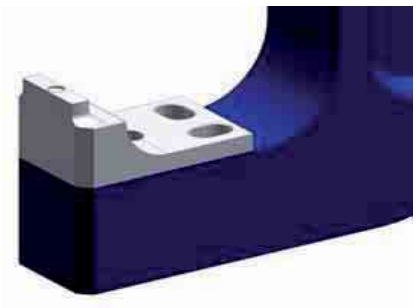


Fig. 21

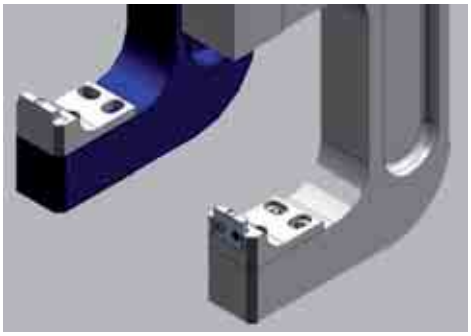


Fig. 22

Fig. 23

Fig. 24

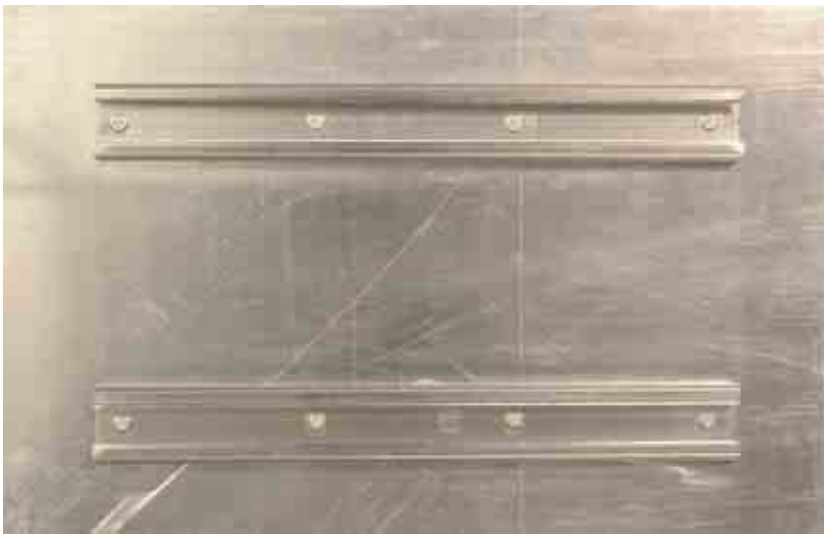


Fig. 25

Fig. 27 - Rivetto con gambo Φ 3 mm

Fig. 28 - Rivetto con gambo Φ 5 mm

Fig. 26

Fig. 29

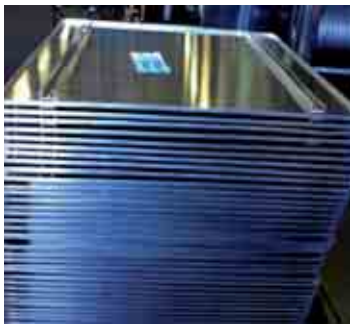


Fig. 30 – E' prevista come opzione l'impilatura automatica

Fig. 31

Fig. 32

Fig. 33

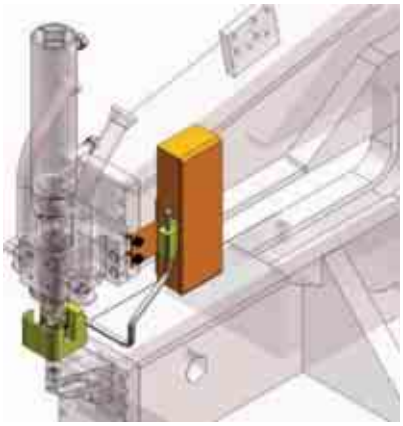


Fig. 34 – Dispositivo di sicurezza salva-dita

Fig. 35

Fig. 36

Fig. 37

Fig. 38

Fig. 39
Grande pressa di rivettatura con uno sbraccio utile di 2500mm per applicazioni automatiche nel settore dei segnali stradali.

Fig. 40
Macchine di rivettatura standard con sbraccio di 800mm e testa del rivetto a filo della lamiera inferiore.

Fig. 41
Grande pinza-robot per la puntatura a media frequenza (1000 Hz) dei segnali stradali con trasformatore da 150 kVA.

Macchine standard con sbracci di 800 – 1050 – 1500 mm

Fig. 43

Fig. 42

Fig. 44

Fig. 45

Fig. 46

Fig. 47

Fig. 48

Posizione della matrice

La matrice può essere posizionata indifferentemente sulla piastra superiore (ved. fig.a lato) o su quella inferiore, a scelta del Cliente.
In fig. 8 l'unità di rivettatura è in alto, la testa del rivetto è a filo dalla lamiera superiore e la bugna creata dalla matrice è nella lamiera inferiore. In questo caso la macchina è dotata di un sistema automatico di sicurezza che impedisce la discesa del punzone se esiste un ingombro non previsto maggiore di 8mm.
In fig. 9 l'unità di rivettatura è in basso, la testa del rivetto è a filo della lamiera inferiore e la bugna è sulla lamiera superiore.

Sensore di fine bobina

Questo sensore elettronico, quando mancano pochi rivetti a fine bobina, arresta la macchina (manuale o automatica) per consentire all'operatore di effettuare il cambio-bobina.

Fig. 49

Fig. 50

Matrice fissa

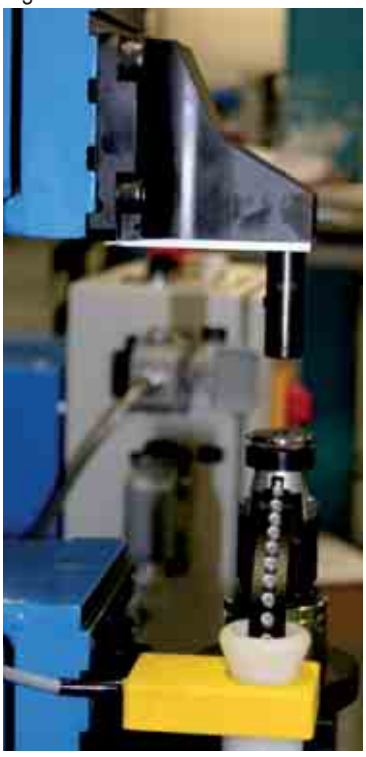
La matrice può essere FISSA (foto sottostanti) per segnali senza bordo piegato o può essere dotata di un sistema oscillante (ved. foto nella pagina successiva) che consente alla matrice di scavalcare il bordo piegato dei pannelli.

Fig. 51

Fig. 52

Fig. 54

Fig. 53



Matrice OSCILLANTE

Un attuatore pneumatico fa oscillare automaticamente la matrice per farle superare il bordo di un pannello di un segnale stradale durante l'immissione nella macchina o durante la fase di scarico a pannello finito.

Fig. 55

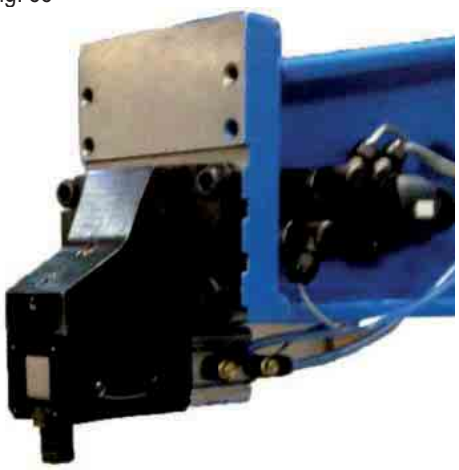


Fig. 56

Fig. 57 – Matrice in posizione a riposo

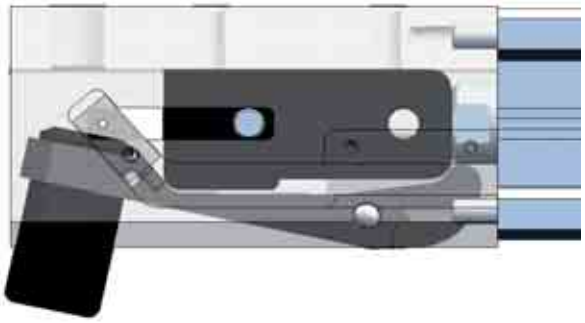


Fig. 58 – Matrice in posizione di rivettatura

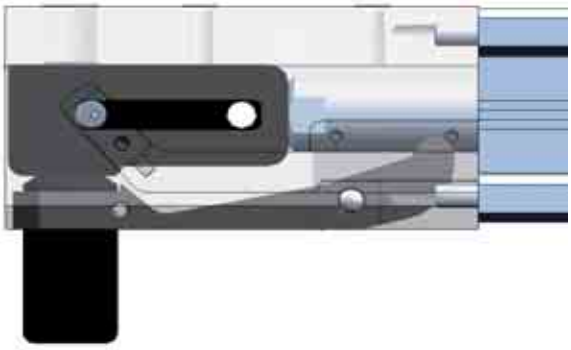


Fig. 59 – La Matrice mentre sta superando il bordo del pannello

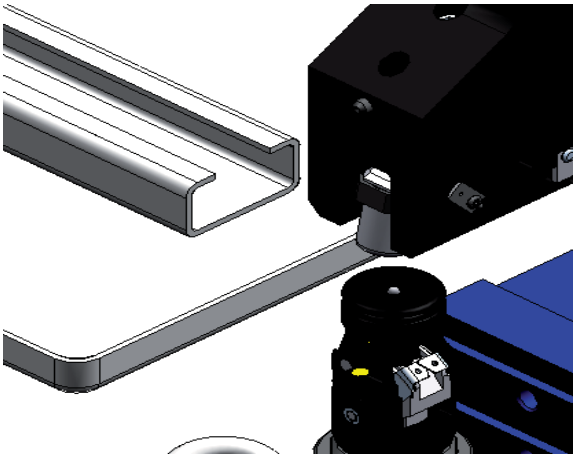


Fig. 60 - La matrice ha superato il bordo del pannello ed è pronta per iniziare un ciclo di rivettature

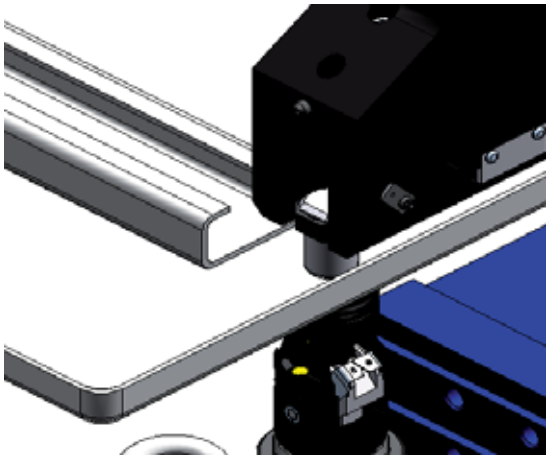


Fig. 61 - Vista generale della Rivettarice Autoperforante fissa, con centralina, cavi, pedale doppio e bobina da 5000 rivetti

Fig. 63 (Foto www.gemwelding.com)

Fig. 64 - Foto www.gemwelding.com

RIVETTATRICI AUTOMATICHE A 3 ASSI CONTROLLATI.

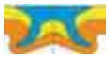
Il 3º asse (che può anche essere semplicemente ON-OFF) ha lo scopo di estrarre la matrice dalla bugna creata dal processo, prima di effettuare un nuovo spostamento.
Il peso della rivettatrice è di circa 700 mm.
Gli sbracci standard sono 800-1050 e 1500 mm.
Il tempo-ciclo medio in automatico è di circa 3 sec per ogni rivettatura.

Componenti di GRANDI dimensoni

Per componenti di GRANDI dimensioni la macchina ideale è quella indicata in Fig. 63. L'operatore carica e scarica i componenti su una stazione (ad es. quella sinistra) mentre la macchina lavora automaticamente sull'altra (ad es. sulla destra).

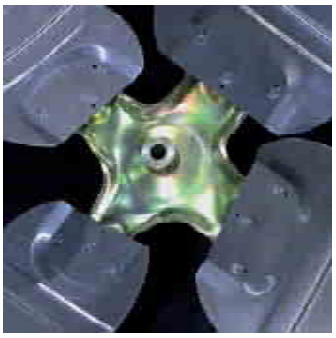
Componenti di PICCOLE dimensioni

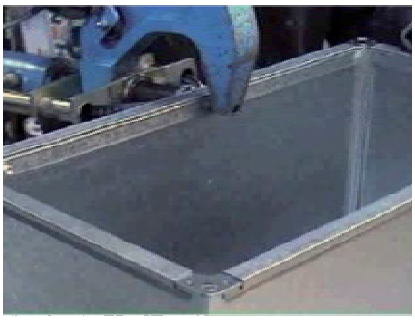
Per componenti di PICCOLE dimensioni la macchina ideale è quella indicata in Fig. 64. L'operatore carica e scarica i componenti su una stazione di una tavola rotante mentre la macchina lavora automaticamente sull'altra

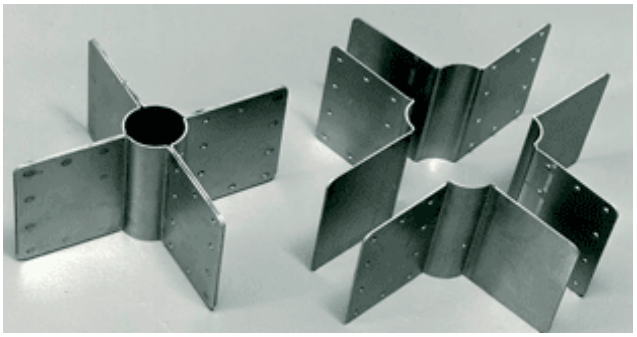


Applicazioni GENERALI nell'industria della LAVORAZIONE LAMIERA

CONDIZIONAMENTO, CONDOTTI, VENTILAZIONE







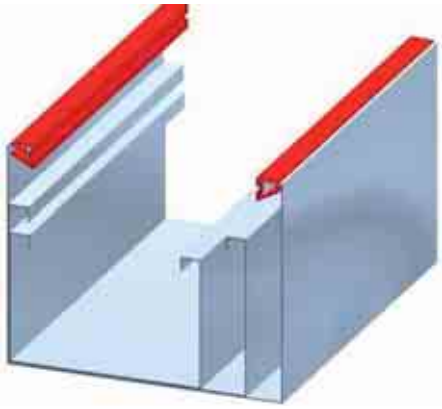
Applicazioni di rivettaturamanuale con **pinze PENSILI**

FLANGE per GRUPPI ROTANTI

Nell'unione di flange di **ROTORI**, di **VENTILATORI**, di **MOTORI ELETTRICI** o di apparecchi di **CONDIZIONAMENTO** spesso è richiesto che il giunto sia vicinissimo allo spigolo della sede dove alloggiano i cuscinetti.
In questi casi, per le varie applicazioni, vengono studiate matrici opportunamente sagomate e rastremate.
Il risultato è che l'unione con rivettatura autoperforante rilascia un benefico effetto sulle caratteristiche di rigidità torsionale e di NVH *("Noise Vibration & Harshness"= livello di rumorosità e vibrazioni percepite").*
A volte la rivettatura autoperforante viene combinata con adesivi o sigillanti, antirombo o resine, cosa che sarebbe impossibile per la saldatura a punti o per altre tecnologie con sviluppo di calore.
Il vantaggio della rivetattura autoperforante nelle parti sottoposte a vibrazioni, ad esempio nell'industria auto, evita al guidatore di subire la "RUVIDITÀ" dell'andatura del veicolo.
Nelle grandi superfici (cofani, porte e bauli di autoveicoli, cabine e sponde di autocarri, vagoni ferroriari) l'adesivo conferisce continuità all'unione eseguita con una serie di rivetti applicati in una fila, aumentando rendendo più compatta la línea di giunzione.
Un ulteriore vantaggio dell'accoppiamento tra rivettatura autoperforante e adesivi è di aumentare la resistenza alle AMMACCATURE da urti rendendo un lamierato più monolítico e facendolo "suonare" meno "vuoto".
La rivettatura è particolarmente utile nei componenti finiti per evitare riprese di lavorazioni e succesive finiture.
I rivetti possono essere ricoperti da una protezione o di un trattamento estetico che presenta esattamente lo stesso colore della lamiera (preverniciata, zincata, cromata, plastificata, ramata, ecc.).

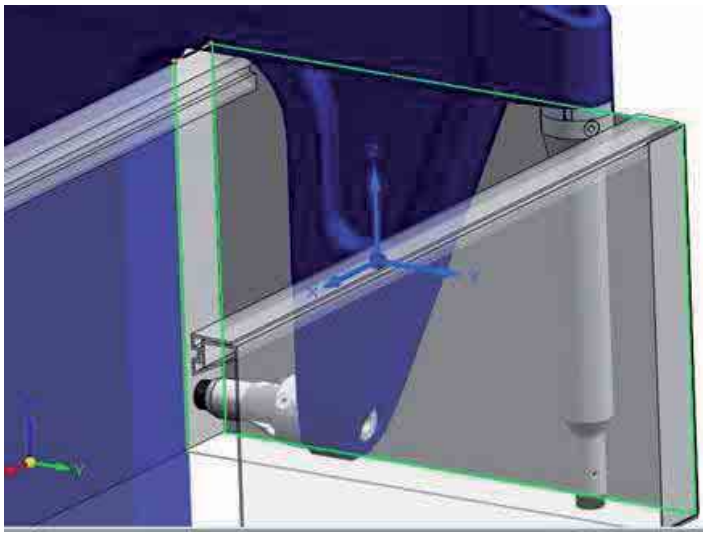
Porte Industriali ad ARROTOLAMENTO

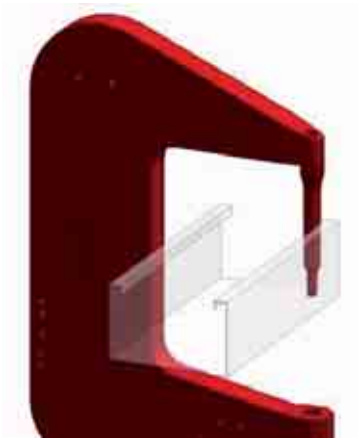
I profili in acciaio zincato, preverniciato o inossidabile che contengono i gruppi di ARROTOLAMENTO delle Porte Flessibili verticali vengono rivettati con i loro coperchi di chiusura alle estremità.
I rivetti sono disposti lungo 3 linee su tre piani ortoginali e viene usata una sola macchina di rivettatura dotata di 1 sola centralina idraulica e di 2 tipi di pinze pensili. .



Sovrapposizione delle zone di rivettatura e conformazione delle pinze

Vista dei terminali delle pinze di rivettatura e delle prolunghe necessarie per penetrare nelle zone terminali del profilo. La distanza dell'asse di rivettatura dal filo del coperchio di chiusura è di circa 40 mm.





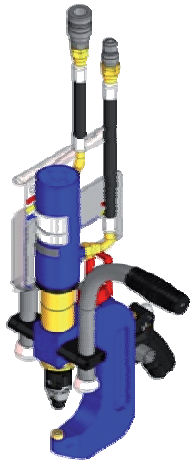
Porte FLESSIBILI ad Apertura Angolare

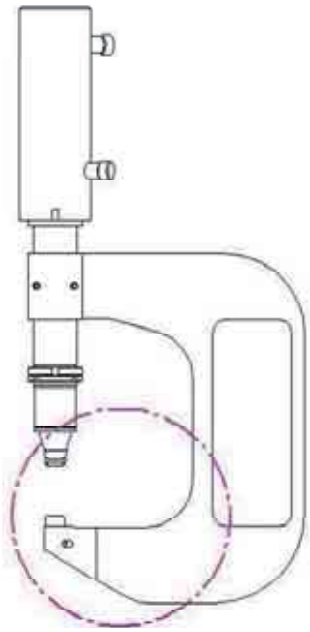
La parte meccanica delle porte flessibili a due battenti è costituita essenzialmente da due bandiere rinforzate da una traversa..
Gli spessori sono da 2,5+2,5 a 3+3 mm.
Il materiale è in genere acciaio zincato.

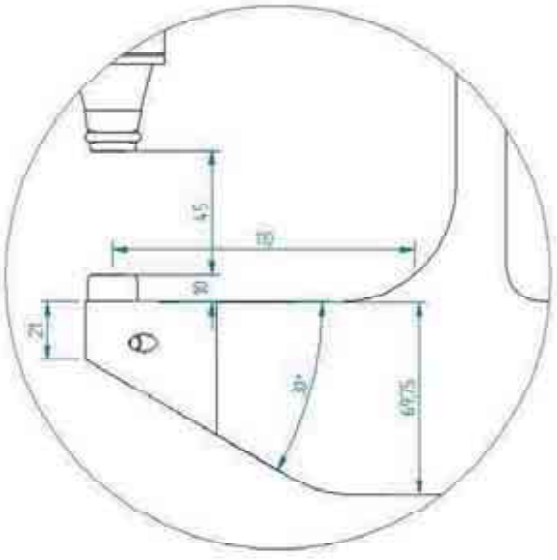
I metodi di assemblaggio manuali possono essere con **macchine FISSE** portando i componenti alla macchina, oppure con **macchine PENSILI** in cui l'operatore muove la pinza sui pezzi. Lo schema mostra le dimensioni classiche di una pinza pensile che possono essere da 110 a 200mm

Macchine FISSE

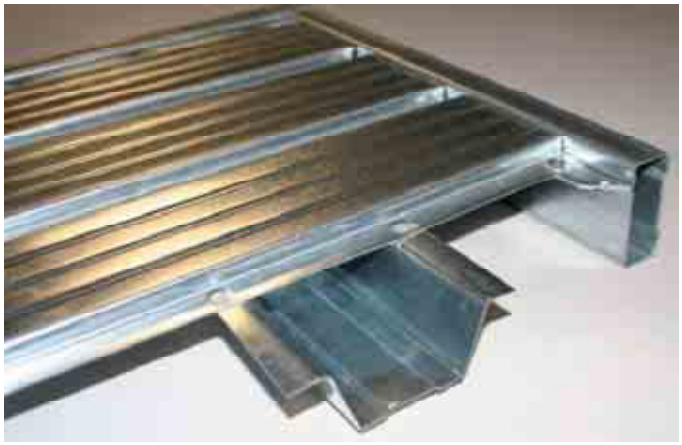
Macchine PENSILI



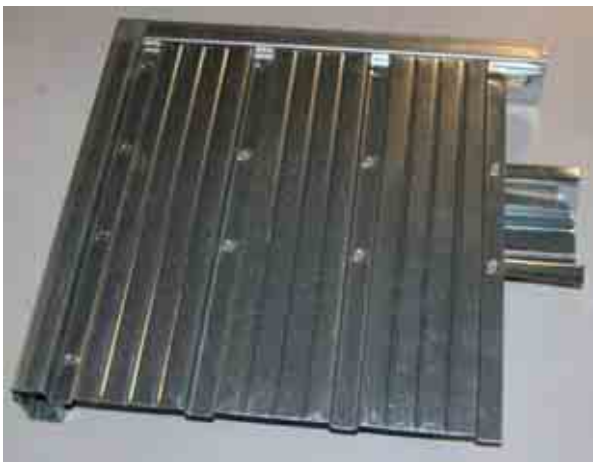




PORTE **per GARAGES**



Porte per GARAGES - Dettagli

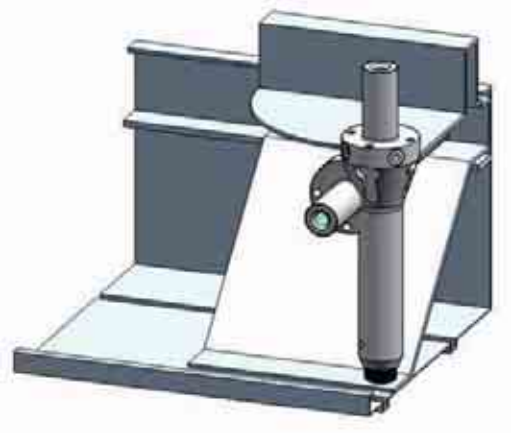


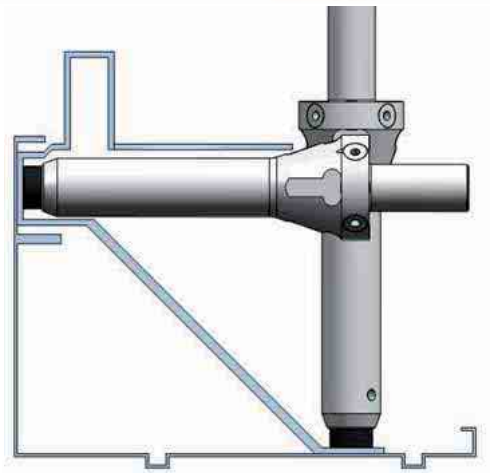
Soluzione per la zona della puleggia

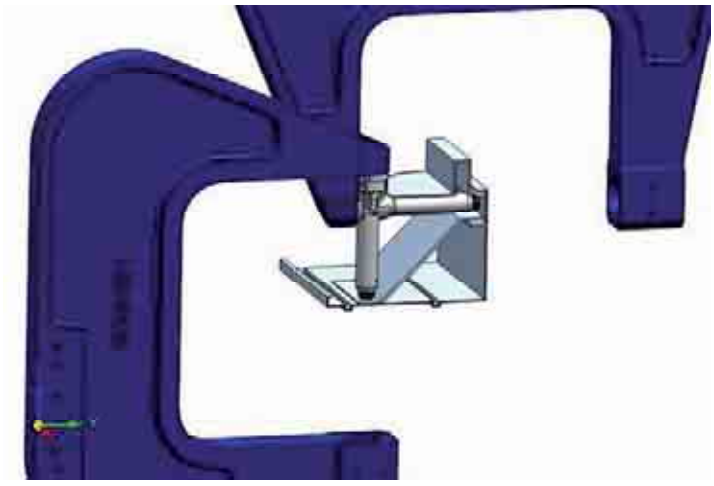
Porta-matrice speciale per penetrare nella zona puleggia

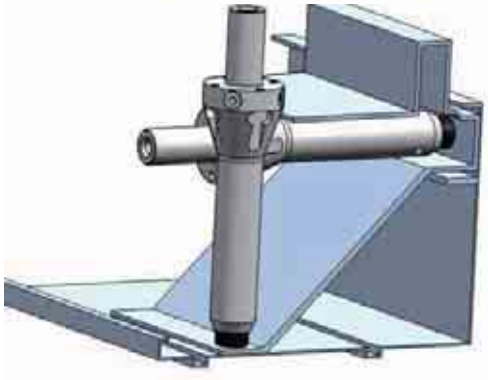
PORTE per GARAGES - Zona PULEGGIA

La zona PULEGGIA nelle porte per garage è il gruppo più sollecitato. La zona è angusta e la saldatura a punti dell'acciaio zincato richiede forze che sono circa il 30% maggiori di quelle per la lamiera non rivestita; ma portaelettrodi e elettrodi devono essere raffreddati ad acqua con fori interni che li indeboliscono e che sovente non sono sufficienti per garantire un buon raffreddamento. Un cattivo raffreddamento lascia surriscaldare portaelettrodi e elettrodi col risultato che gli elettrodi si deformano rapidamente. Deformandosi, fanno diminuire la densità di corrente, la QUALITA' non è costante e le saldature s'indeboliscono progressivamente durante la produzione della giornata. La rivettatura autoperforante garantisce resistenza e qualità al 100% perché ad ogni ciclo viene inserito un nuovo rivetto che dà certezze di durezza e sezione. Il rivetto è zincato e garantisce la protezione contro la corrosione mentre la puntatura la favorisce: lo zinco fonde a 420ºC, temperatura che viene facilmente superata durante il processo. Aggiungiamo che spesso lo zinco sublima e i vapori di zinco sono dannosi per la salute. Quindi la rivettatura è la soluzione ideale per PULIZIA, RESISTENZA, CERTEZZA DEL RISULTATO E RIPETIBILITÀ.



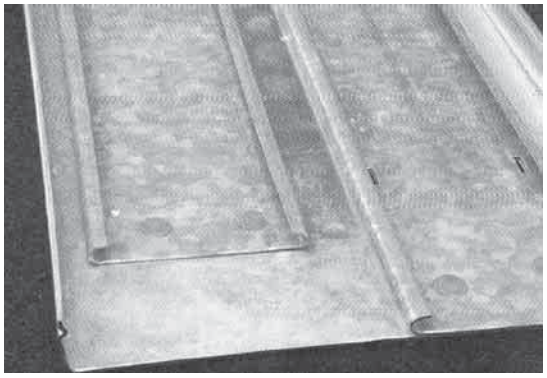


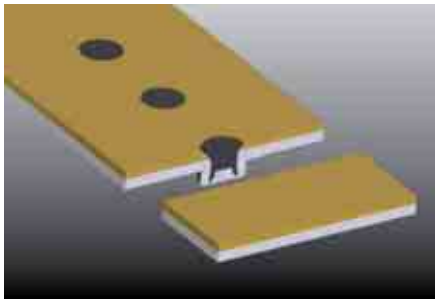


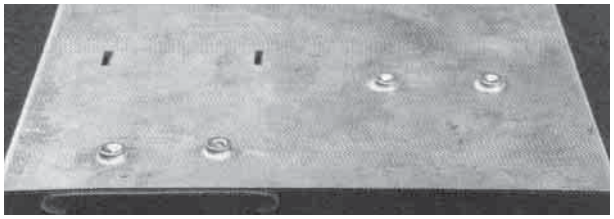


PORTE SCORREVOLI

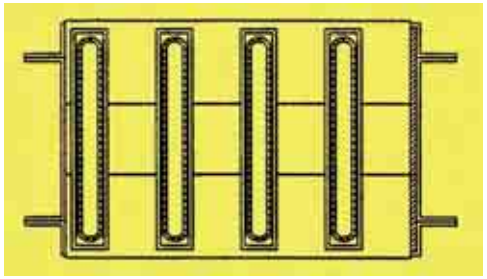
I TELAI per le porte scorrevoli sono ingenerecostituiti da profilatichefungono da guide e che sonoassemblati a una piastradi base, entrambiinacciaiozincatoe vengonounireconsaldatura a puntio a proiezione. Saldandoli a punti lo zinco vieneasportatolasciando libero assessoallacorrosione. Saldandoli a proiezione, se si saldanocontemporaneamentepiù di 3 bugne non si ha mai la certezzadella tenuta dellasaldatura. Con la rivettatura è possibilediminuire la quantità di giunti e si è semprecertidellaresistenza e della non-corrosione.







BUSBAR e Canalineportacavi



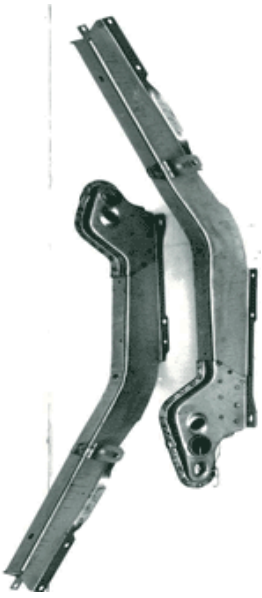
con una pinza pensile

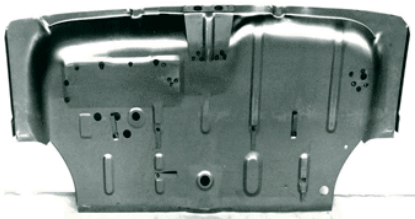
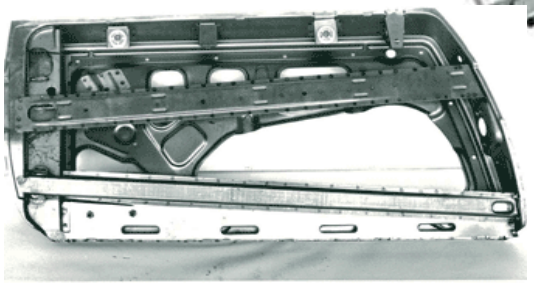
dei rivetti a bordo pinza
a cassettaintercambiabile.
A secondadeldiametro
dei rivettiilmagazzino

Per busbar e canalinevengonoutilizzate sia pinzestandardpensili per produzionibasse e moltodiversificate sia macchine a programma a 3 assicon 2 o piùpinzeautomatiche per alteproduzioni

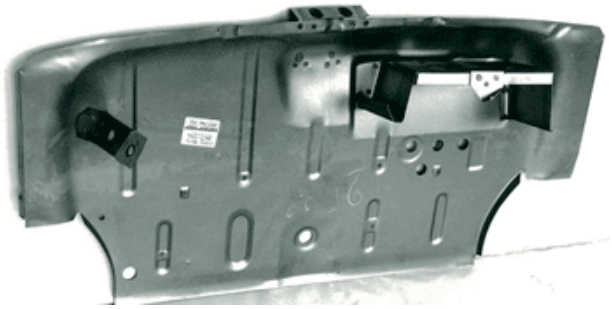
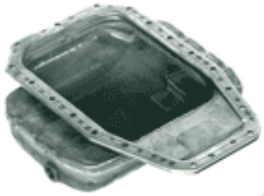
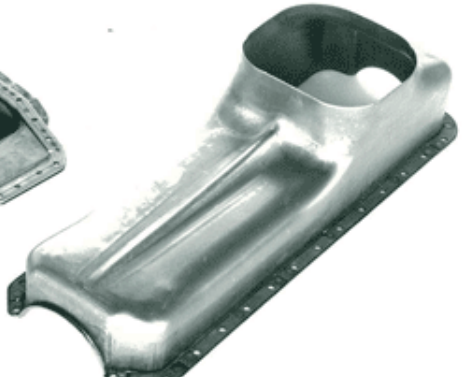
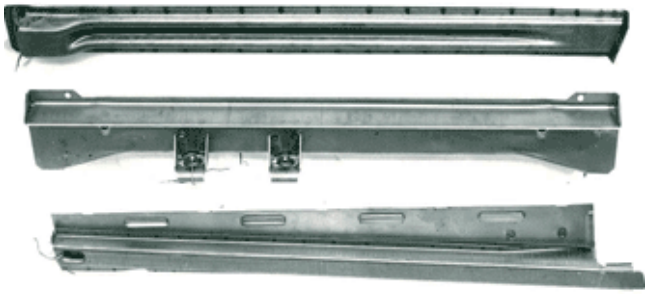
Vista generale e didettagliodiuna macchinaautomaticaa programma a 3 assidotatadi 2 pinzeidrauliche per l'unione deiprofiliin Al che contengono le barre conduttrici in Cu. Le pinzelavorano in modo simmetrico e sonodotate di 3 assicontrollati X-Y-Z. Tutta la gamma di profiliviene unita con unostesso tipo di rivetto.Lamacchinaè standard e, a secondadellaproduttivitàrichiesta,puó esseredotatadi2, 4, 6 o 8 pinzedirivettatura.

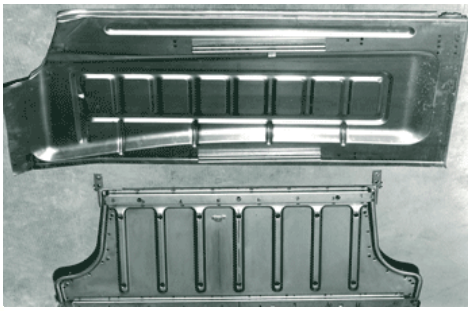
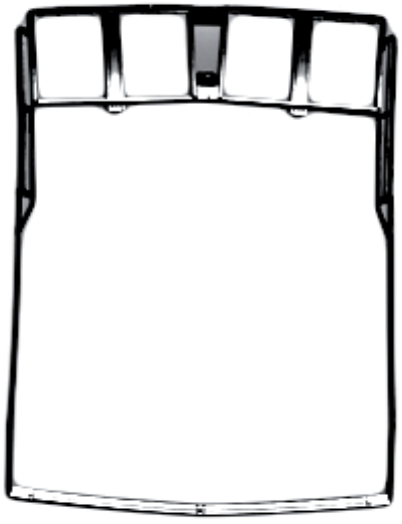
PRODOTTI nell'industria AUTO e CAMION

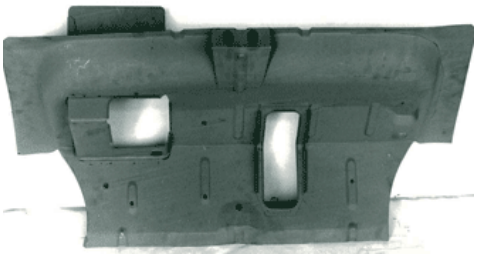


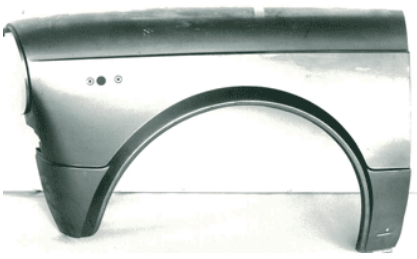



PRODOTTI nell'industria AUTO e CAMION

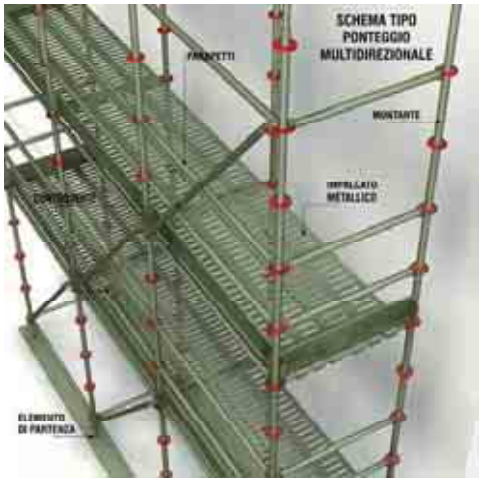



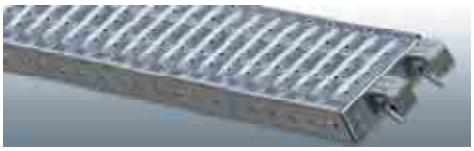




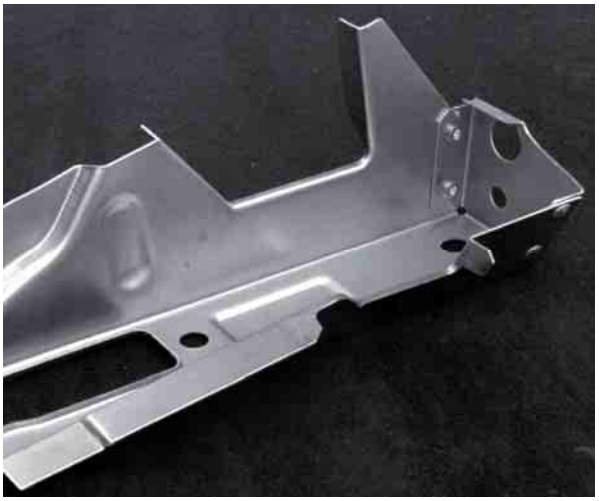
CASA e GIARDINO

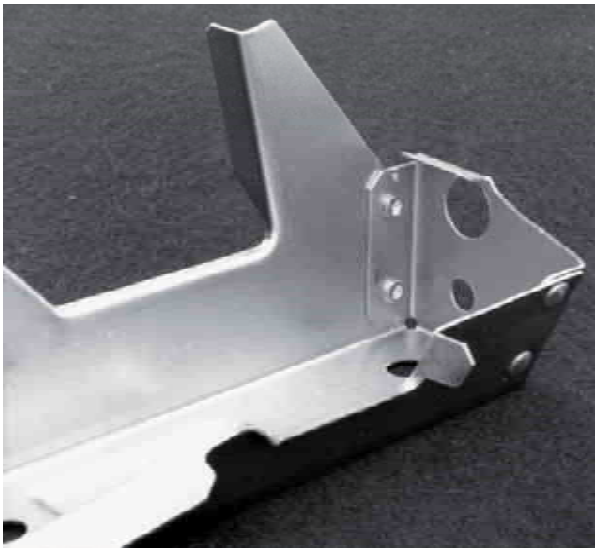
TELAI e INCASTELLATURE per l'EDIIZIA

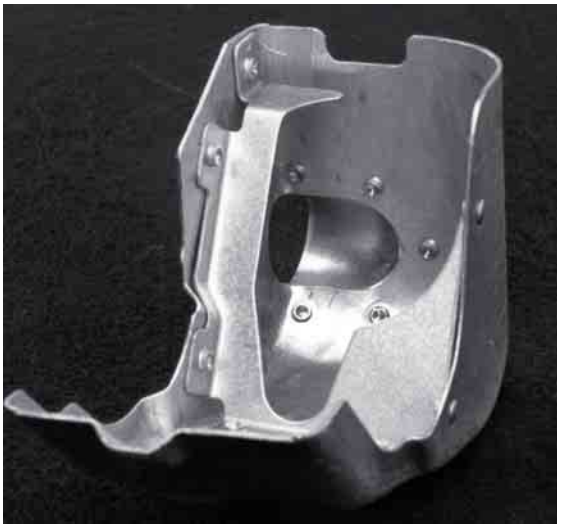




Sottogruppi di DIFFICILE ACCESSO

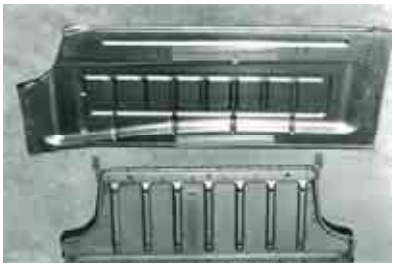


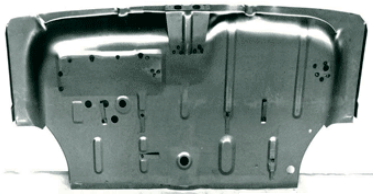




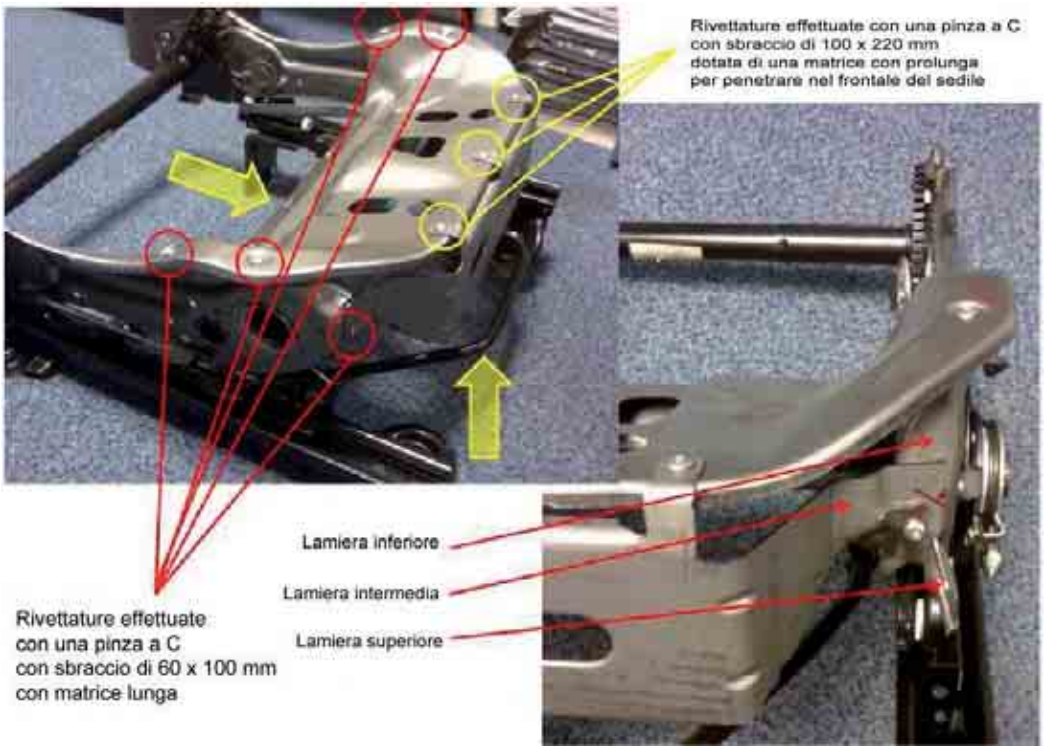
MOBILI METALLICI

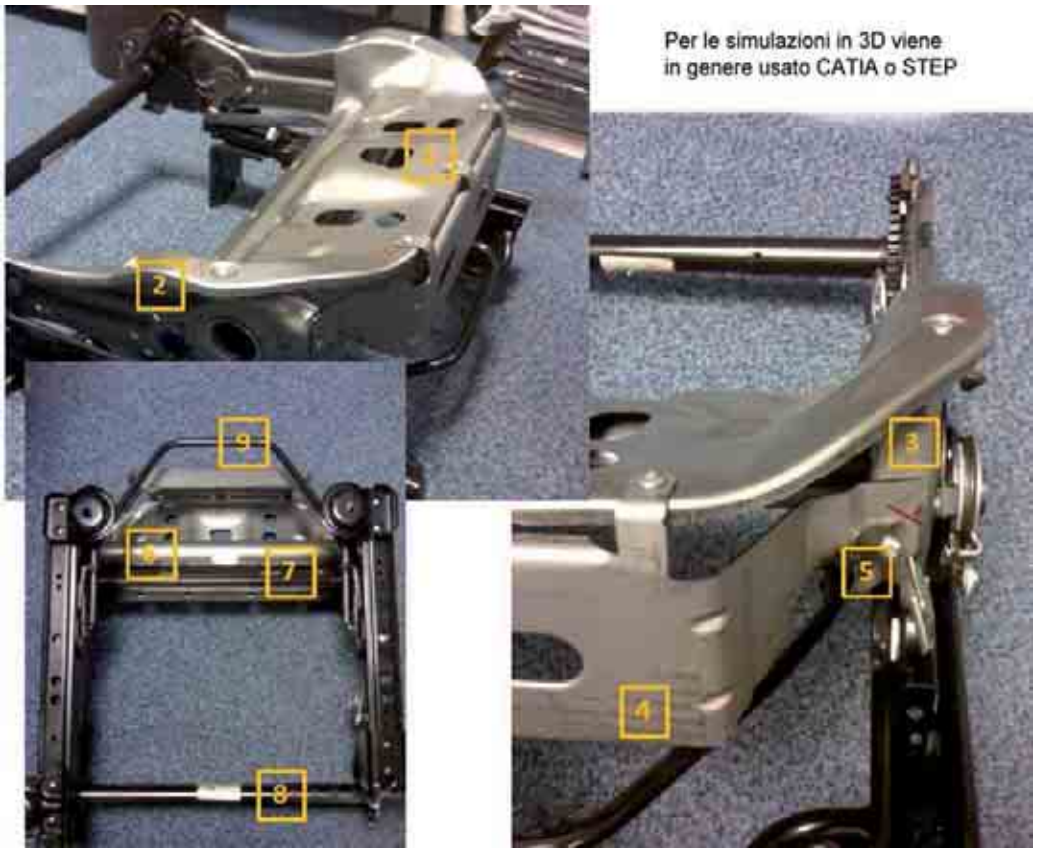
SEDIE e SEDILI





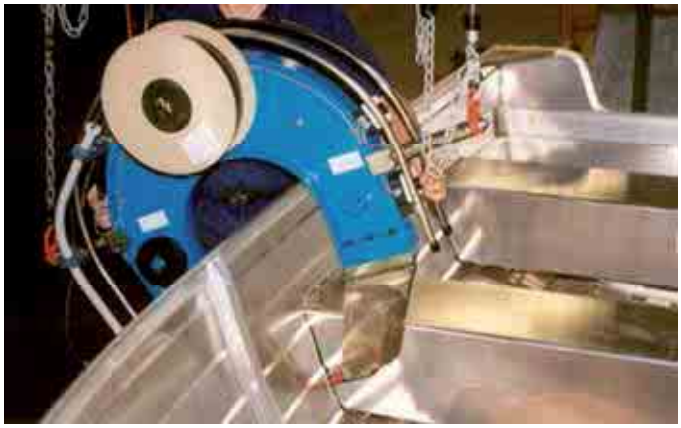
SEDILI AUTO


Rivettature effettuate con una pinza a C
con sbraccio di 100 x 220 mm
dotata di una matrice con prolunga
per penetrare nel frontale del sedile
Lamiera inferiore
Lamiera intermedia
Lamiera superiore
Rivettature effettuate
con una pinza a C
con sbraccio di 60 x 100 mm
con matrice lunga


Per le simulazioni in 3D viene
in genere usato CATIA o STEP
1
2
3
4
5
6
7
8
9

BARCHE in ALLUMINIO

La rivettatura autoperforante ha trovato un'altra applicazione nell'industria nautica assemblando barche in alluminio (spessori 1,2 + 1,6 mm).



Precedente sistema di assemblaggio:
Erano necessari due operatori.
Non sempre veniva garantita la forza necessaria per realizzare un giunto stagno.
L'uso di martelli pneumatici a vibrazione poteva causare inconvenienti agli operatori.

Soluzione Henrob

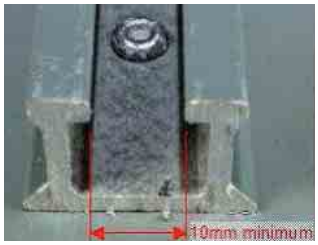
Henrob ha sviluppato una pinza manuale a "C" con uno sbraccio di 600mm appesa a una sospensione con 3 articolazioni che ne consentono un'agevole movimentazione su 3 assi. L'applicatore dei rivetti è dotato di una corsa sufficientemente lunga per raggiungere tutte le zone da rivettare. Le matrici sono concepite in modo da evitare marcature antiestetiche dello scafo. E' stato anche sviluppato uno speciale tipo di rivetto. Le giunzioni sono perfettamente stagne. La forza applicata ad ogni giunto è costante. Per l'operazione è necessario un solo operatore invece di due.

CONTENITORI CIRCOLARI

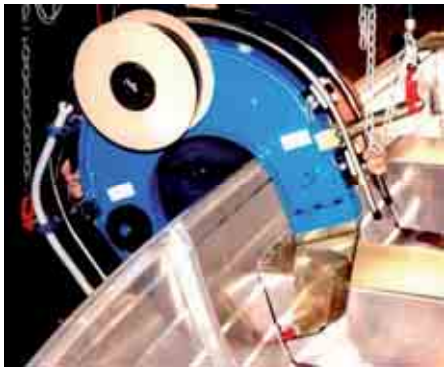
Per i silos o per grandi contenitori circolari Henrob ha realizzato grandi pinze verticali spostabili a terra su ruote, movimentate a mano o automaticamente lungo la circonferenza.

Per gli anelli di chiusura dei fustini per vernici e altri prodotti chimici Henrob ha realizza rivettatrici automatiche che sotituiscono la saltarura a proiezione delle maniglie. La testa del rivetto è inserita all'interno dell'anello in modo che resti a filo della superficie e garantisca la tenuta della guarnizione senza creare sporgenze che potebbero causare perdite di prodotto.

SEGNALI STRADALI



APPLICAZIONI INUSUALI



DETTAGLI DI RIVETTATURE

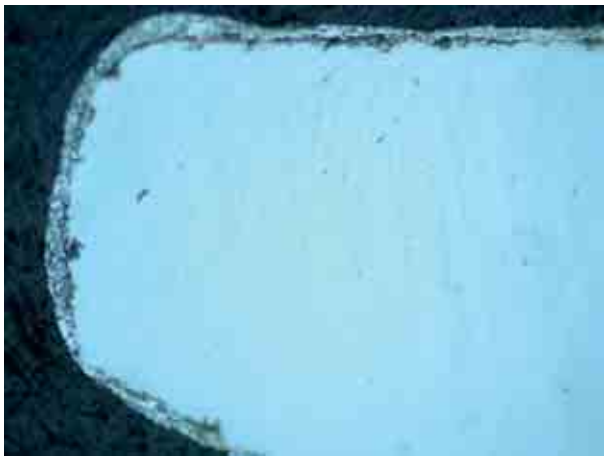
Tecnologia HENROB di protezione superficiale dei rivetti AUTOPERFORANTI

Tutti i rivetti autoperforanti Henrob vengono forniti con trattamenti superficiali applicati MECCANICAMENTE

Cos'è la protezione superficiale MECCANICA ?

E' un metodo per applicare uno strato uniforme di polvere metallica sulla superficie pulita dei rivetti in acciaio. Ciò avviene facendo ruotare i rivetti in un contenitore di forma opportuna contenente un mix costituito da acqua, particelle di vetro, catalizzatori e polveri dei metalli protettivi con cui si vuole effettuare il rivestimento. L'impatto dei rivetti in continuo movimento in contatto con questa sostanza effettua una "saldatura a freddo" delle polveri sulla superficie dei rivetti.

Barile per l'applicazione del rivestimento sui rivetti



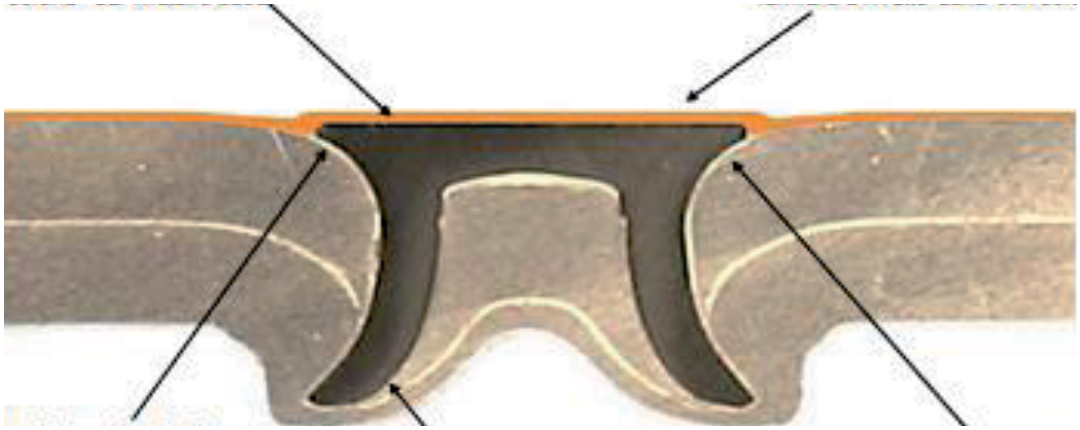
Sezione della testa di un rivetto con il rivestimento

Perché una protezione superficiale MECCANICA ?

Perché il processo meccanico di rivestimento superficiale del rivetto consente di applicare più tipi di metalli e, oltre a fornire un eccellente protezione del rivetto contro la corrosione, garantisce una grandissima aderenza dello strato di protezione alla superficie del rivetto. E' provato che il processo meccanico di protezione evita il rischio di inclusione di idrogeno che, con altri processi di protezione (ad es. come con la galvanostegia) può avere effetti negativi sui rivetti in acciai ad alta resistenza a trazione.

In superfici non verniciate, il rivestimento protettivo del rivetto protegge la testa dalla corrosione del metallo base

In superfici verniciate, il sistema di verniciatura del Cliente protegge lamiera e rivetto dalla corrosione



Il rivestimento protettivo del rivetto crea una barriera tra il rivetto e il materiale da unire per prevenire la corrosione galvanica da contatto

La "coda" del rivetto non fuoriesce mai dall'ultima lamiera e resta quindi protetta dalla corrosione

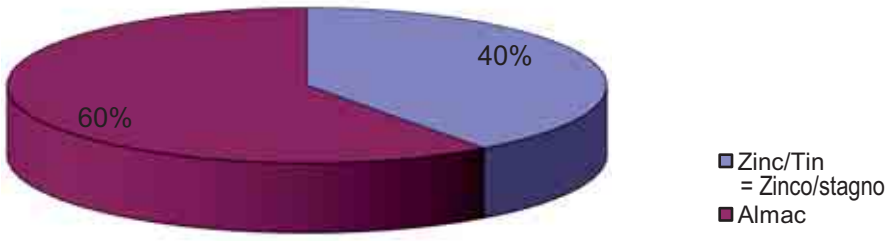
La rivettatura autoperforante è STAGNA e preclude l'ingresso di umidità che può favorire la corrosione del metallo-base e quella galvanica

Henrob offre principalmente 3 TIPI di protezione superficiale meccanica:

Zinco
Lo zinco conferisce un minimo di protezione al metallo-base del rivetto e generalmente non è adatto per strutture auto in alluminio.

Zinco/stagno
Zinco e stagno aumentano la protezione alla corrosione del rivetto e, al tempo stesso, conferiscono una buona protezione contro la corrosione del metallo-base e di quella galvanica.
Il rivestimento zinco/stagno costituisce una buona protezione a basso costo per strutture auto in alluminio. Ha però un basso punto di fusione e non è adatto per temperature di cottura delle vernici superiori ai 180ºC.

Almac
Almac è un doppio strato contenente zinco, stagno e un'amalgama di alluminio che offre alle strutture di autoveicoli in alluminio un'eccellente resistenza alla corrosione del rivetto e a quella galvanica per contatto. L'Almac è adatto per l'uso di vernici con temperature di cottura fino a 400ºC.



Distribuzione percentuale dei metodi di protezione superficiale HENROB sui rivetti autoperforanti usati nel settore AUTO.
Il tipo di protezione viene scelto in base alle specifiche del prodotto finale e ai suoi processi di fabbricazione e di finitura.

Prima di decidere il tipo di protezione dei rivetti per una data applicazione devono essere considerati e valutati i seguenti punti:

1) Materiali da unire
2) Esposizione dei rivetti: se saranno verniciati o lasciati esposti senza alcun altro trattamento
3) Temperatura di cottura della vernice (o del processo d'invecchiamento dell'alluminio)
4) Livello di protezione dei rivetti contro la corrosione previsto dalle specifiche dell'autoveicolo

MATERIALI DA UNIRE
Anche se la protezione con lo zinco è buona per le strutture di ACCIAIO in genere, i rivetti zincati non dovrebbero essere usati nelle strutture portanti in ALLUMINIO per l'esistente maggior rischio di corrosione galvanica da contatto. Le protezioni miste di zinco, stagno e Almac offerte da Henrob offrono un'eccellente protezione contro la corrosione galvanica per contatto in strutture sia in ACCIAIO che in ALLUMINIO.

APPLICAZIONI VERNICIATE E NON VERNICIATE.

Se i rivetti vengono verniciati con la scocca, i requisiti per proteggerli dalla corrosione sono minimi.
La resistenza alla corrosione dei rivetti viene grandemente accresciuta dal sistema di veniciatura del Cliente e in questo caso il rivestimento dei rivetti Henrob con la protezione zinco/stagno è più che adatto per l'applicazione.
Se alcuni rivetti devono pero essere lasciati non verniciati nel veicolo finito, è necessario scegliere un sistema di protezione più efficace e la protezione in Almac della Henrob può essere la più indicata allo scopo.
Se i rivetti non protetti sono esposti a un ambiente aggressivo, come quelli sotto il basamento o sotto il vano motore, allora Henrob offre una gamma di rivestimenti e di sigillanti che possono essere applicati sul rivestimento meccanico di base dei rivetti.

TEMPERATURA DI COTTURA DELLE VERNICI.

A 180ºC le protezioni meccaniche zinco/stagno cominciano ad ammollirsi o a rigonfiarsi producendo piccole bolle. Ciò può comportare sia un degrado estetico che una diminuzione delle prestazioni anti-corrosione.
E' essenziale che le condizioni di ogni forno di cottura della vernice vengano analizzate per evitare questi inconvenienti.
Si possono effettuare dei test facendo passare campioni rivettati nel forno di cottura della vernice ed è buona norma effettuare questi test in zone diverse del forno.
La protezione in Almac ha una maggior resistenza alla temperatura rispetto alle protezioni zinco/stagno e non mostra prolematiche fino a 180ºC.
E' comunque buona pratica effettuare anche per l'Almac i test con campioni immessi nel forno.
Henrob sta anche sviluppando protezioni dei rivetti per temperature di cottura di vernici superiori ai 180ºC.

PRESTAZIONI dei RIVETTI applicati sui VEICOLI.

Le prestazioni di resistenza alla corrosione dei rivetti installati su un veicolo devono essere in linea con i requisiti richiesti dal veicolo nella sua interezza
La resistenza alla corrosione viene verificata in genere con test a nebbia salina o a corrosione ciclica, come il test "Prohesion", preferiti per il fatto che simulano meglio le condizioni atmosferiche e climatiche.
Questi test ciclici sono eseguiti seguendo i protocolli del Cliente e in linea con i suoi requisiti: avvengono normalmente su pannelli verniciati mentre quelli a nebbia salina vengono in genere eseguiti su rivetti sciolti e pannelli non verniciati.
Dopo i test ciclici su pannelli verniciati, viene controllata l'adesione della vernice con i normali test a strisce.

ESEMPIO DI TEST A CORROSIONE

La figura a destra indica un pannello preparato per i test alla corrosione, composto da due lamiere di dimensioni 140x216 mm, unite con 12 rivetti applicati a distanze costanti di 32 mm. Il pannello viene prima sottoposto ai trattamenti standard previsti dal Cliente (fosfatazione, primer elettrostatico e cottura vernice) e poi a 1250 cicli del test di “prohesion”. Ogni ciclo consiste nell’esporre il campione per 20 minuti allo 0,5% di nebbia salina, seguiti da 40 min di riscaldamento a 50°C.Analoghe procedure di test ciclici sono descritte dai seguenti standard:
SAE J2334 - ASTM G85 - DIN 50017 ISO 6270-2:2005

Completati i test ciclici di resistenza alla corrosione, le teste dei rivetti vengono graffiate a croce e con un nastro adesivo viene verificata l’aderenza della vernice
Analoghi test di aderenza della vernice sono riportati nelle norme:
ASTM D3359 - DIN 53151 - BS EN ISO 2409

PROVE SUI VEICOLI

Dopo i test sui rivestimenti protettivi dei rivetti effettuati sui campioni del Cliente, vengono effettuati i test sulle vetture secondo le procedure interne di test del veicolo.

CARATTERI DEL PROCESSO DI RIVESTIMENTO MECCANICO DEI RIVETTI

Il processo di rivestimento protettivo MECCANICO viene impiegato per applicare sui rivetti degli strati di Zinco (Q03/M03) e Zinco/Stagno (H05). E' essenzialmente una "saldatura a freddo".
Il rivestimento viene applicato a temperatura ambiente senza rischi di infragilimento causati dall'assorbimento di idrogeno durante il trattamento. I rivetti da rivestire vengo immessi in un contenitore a forma di barile che ruota su un asse inclinato e che contiene dei granuli di vetro, dei reagenti e dei catalizzatori che preparano la superficie del rivetto in acciaio.
Il rivestimento avviene saldando a freddo sulla superficie dei rivetti la polvere del metallo con cui si intende realizzare la protezione. L'energia necessaria per realizzare questa saldatura a freddo viene fornita dall'azione di rotolamento di tutta la massa in moto nel barile. Quando il processo di applicazione della protezione è terminato, i rivetti vengono separati dalle varie sostanze che ne hanno creato le condizioni.
Nel caso di rivestimento tipo H05 i rivetti vengono successivamente passivati e lisciviati per aumentare la loro resistenza alla corrosione e per renderli impermeabili. I rivetti vengono poi asciugati con getti di aria calda. La specifica Henrob sugli spessori del rivestimento meccanico di zincatura è:
- spessore minimo assoluto = 8µ
- spessore minimo medio = 12µ.

In Henrob, lo spessore del rivestimento è controllato, registrato e memorizzato con ispezioni interne effettuate più volte al giorno su 20 campioni presi a caso e analizzati col Permascope®.
La specifica Henrob per il trattamento termico col livello di durezza 6 è di 555 ±25 Hv10. Anche questi livelli di durezza vengono controllati sempre con ispezioni interne più volte al giorno su 5 campioni presi a caso, nella zona a 0,2 mm dalla superficie esterna del rivetto
La figura schematizza una tipica installazione che mostra il barile in cui avviene il trattamento protettivo dei rivetti, la tramoggia che contiene le sostanze chimiche per il trattamento, la piattaforma per l'operatore, l'accumulatore, il separatore magnetico e l'essiccatore rotante.

Fase	**Ciclo del Processo**
1	Caricare i rivetti nel barile
2	Aggiungere le sostanze attive scaricandole dalla tramoggia
3	Ruotare il barile aggiungendo acqua in rapporto1:1
4	Condizionare la superficie
5	Attivare la superficie
6	Depositare il 1º rivestimento
7	Depositare il 2º rivestimento
8	Compattare e lucidare il rivestimento
9	Vuotare il contenuto del barile in una vasca per risciacquare i rivetti e passarli al setaccio rimuovendo tutte le sostanze attive
10	Passivare (se richiesto)
11	Asciugare i rivetti

Protezioni STANDARD effettuate da HENROB

Henrob offre una quantità di rivestimenti protettivi dei rivetti per varie applicazioni e con efficienza dei costi. Tutti i rivestimenti superficiali sono applicati meccanicamente, minimizzando il rischio di fragilità dovuta a inclusione di idrogeno. Oltre a questi rivestimenti standard Henrob fornisce altre protezioni supplementari per specifiche esigenze dei Clienti. Consultare www.henrob.co.uk per ulteriori informazioni.

CODICE	DESCRIZIONE	USI COMUNI	E' VERNI-CIABILE ?	CONFRONTO della RESISTENZA alla CORROSIONE [1]	MAX TEMPERATURA D'ESERCIZIO [4]	Contiene Cr_6 ?
M03	Zinco, spessore 12µ, con cromato libero (Cr_3)	Rivettatura di acciaio dove è richiesta solo una finitura di base	SI	56 ore	400ºC (750 ºF)	NO
H00	Zinco/Stagno, spessore 12µ	Rivettatura di acciaio o alluminio dove il prodotto subirà un'opera-zione secondaria successiva (ad es. *e-coating*, mano di fondo)	SI	96 ore	180ºC (356 ºF)	NO
Y00	Zinco/Stagno/Alluminio (ALMAC [2]), spessore 12µ	Rivettatura di alluminio e di alluminio+acciaio, dove il prodotto subirà un'operazio-ne secondaria successiva (ad es. *e-coating*, mano di fondo)	SI	96 ore	195ºC (385 ºF)	NO
Y04	Zinco/Stagno/Alluminio (ALMAC [2]), spessore 12µ con cromato d'oro	Rivettatura di alluminio e di alluminio+acciaio	SI	480 ore	195ºC (385 ºF)	SI
H05	Zinco/Stagno, spessore 12µ con rivestimento stagno	Rivettatura di acciaio o alluminio dove il rivetto non viene verniciato (il rivestimento esterno contiene silice)	NO	500 ore	180ºC (356 ºF)	SI [3]
H06	Zinco/stagno, spessore 12µ, con cromato libero (Cr_3)	Rivettatura di alluminio e di acciaio	SI	500 ore	180ºC (356 ºF)	NO

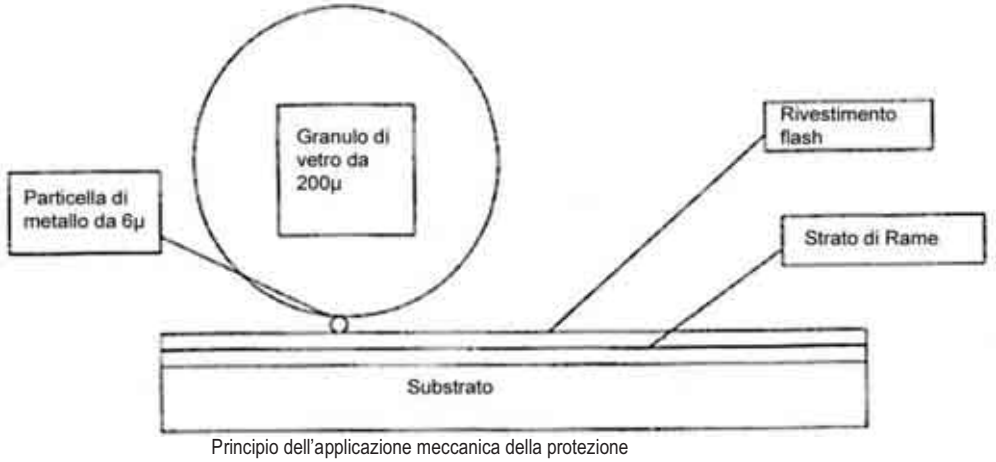
N O T E

[1] Basata su test a nebbia salina al 5% di corrosione del metallo base di rivetti sciolti (non applicati su lamiere)
[2] ALMAC è un nome commerciale di MacDermid Incorporated
[3] Nel processo di applicazione del rivestimento viene usato un prodotto che contiene Cr_6
[4] Punto di fusione di uno o più materiali del rivestimento

VANTAGGI DEL PROCESSO

I processi di rivestimento meccanici *Transiflo* e *MACuguard* (www.macdermid.com/industrial/anticorrosion) sono diventate tecniche consolidate impiegate universalmente per proteggere superfici con lo zinco e offrono la versatilità di usare un solo sistema per diversi tipi di rivestimenti. Non solo eliminano la fragilità permanente dovuta all'inclusione di idrogeno ma presentano i seguenti vantaggi:

- **i processi avvengono a temperatura ambiente**
- **non provocano distorsioni o rammollimenti nei componenti**
- **i componenti, anche di piccole dimensioni, non aderiscono fra di loro**
- **lo spessore del rivestimento protettivo è facilmente controllabile e assume valori da 5 a 110 µ**
- **il rivestimento applicato è liscio, uniforme e di uguale densità malgrado i componenti ruotino in continuo contatto e urto fra loro**
- **il processo è semplice, a basso costo e a basso consumo energetico**
- **comporta minor pericolo e minor inquinamento**
- **il 10% del rivestimento è costituito da zinco**
- **rispetto ad altri processi di zincatura (galvanici, ecc.) si raggiungono pari o migliori spessori e risultati contro la corrosione**
- **la stessa macchina usata per questo processo puó essere usata per applicare altri rivestimenti di finitura, a metalli singoli o multipli, a strati o depositati.**



Principio dell'applicazione meccanica della protezione

PRINCIPIO DELL'APPLICAZIONE MECCANICA DELLA PROTEZIONE

Come indica il nome stesso la protezione viene applicata meccanicamente mediante il trasferimento di energia dal moto rotatorio del barile a quello d'impatto, di scivolamento e di attrito reciproco tra granuli di vetro, particelle di polvere di metallo e superficie preparata dei componenti.
Lo schema indica il punto dell'energia di contatto tra una particella di polvere di zinco Φ 6 µ e un granulo di vetro Φ 200 µ (che è uno dei 4 diversi Φ dei granuli di un miscuglio standard – il max Φ è di 4,5 mm).
Il legame di coesione avviene tra la struttura della particella e quella della superficie del substrato. Il continuo meccanismo di contatto della particella la fa aderire e la compatta, creando vari strati di particelle fino a raggiungere lo spessore voluto

CHIMICA DELLA PROTEZIONE APPLICATA MECCANICAMENTE

Il sistema *Transiflo* e *MACuguard* di applicazione meccanica della protezione si compone delle seguenti fasi:

1) Condizionamento della Superficie
2) Accelerazione chimica con applicazione flash della protezione
3) Deposizione meccanica

Le fasi 1 e 2 sono essenzialmente azioni chimiche mentre la fase 3 è meccanica e chimica. Queste fasi avvengono in un barile rotante a più settori in presenza di particelle di vetro e sono in sequenza: cioè non è prevista nessuna fase ausiliaria intermedia come sciacquatura o rimozione di parti o di sostanze dal barile

FASI DI CONDIZIONAMENTO DELLA SUPERFICIE

1) Rimozione dell'Ossido
2) Applicazione di uno strato flash di rame
3) Accelerazione del rivestimento flash
4) Deposizione meccanica
5) Processo di applicazione principale
6) Condizionamento della superficie
   a) Acido disincrostante
   b) Rivestimento flash di rame
7) Accelerazione meccanica del rivestimento
8) Rivestimento metallico flash
9) Rivestimento metallico di zinco
10) Esempio per un rivestimento di 10 µ

RIMOZIONE DELL'OSSIDO

La reazione chimica che ha luogo in questa fase è rappresentata dalle seguenti equazioni:
$FeO + 2H^+ \rightarrow Fe + H_2O$
$Fe_2O_3 + 6H^+ \rightarrow 2Fe^{+++} + 3H_2O$
In questa fase preliminare sono presenti altre sostanze chimiche che:
- agiscono come detergenti per rimuovere gli olî leggeri in superficie
- forniscono inibitori che prevengono la formazione di idrogeno, rappresentati dalla seguente equazione:
$Fe+2H^+$ -----/-------$Fe^{++} + H_2$

APPLICAZIONE DI UNO STRATO FLASH DI RAME

Alla superficie liberata dall'ossido viene fatto aderire per immersione un sottile strato di rame, con la seguente reazione:
$Cu^{++} + Fe$ -------- $Cu + Fe^{++}$
La velocità della reazione è controllata dall'inibitore contenuto nel primo condizionatore della superficie.

ACCELERAZIONE DEL RIVESTIMENTO FLASH

Viene aggiunto un sale di metallo nobile a cui segue l'aggiunta di polvere metallica per produrre un rivestimento minimo: $M^{++} + Zn$ -------- $M + Zn^{++}$

DEPOSIZIONE MECCANICA DEL RIVESTIMENTO

Il processo avviene in ambiente acido
$ZnO + 2\ H^+$ ---------- $Zn^{++} + H_2OA$
e consente di lasciare una superficie di zinco libera da ossidi e previene:
$Zn + 2\ H^+$ ---------- $Zn^{++} + H_2$ Inibitore dalla fase di accelerazione
L'ambiente acido deve essere mantenuto a un pH < 2 per consentire che le superfici di zinco restino pulite e attive e permettano alla saldatura freddda di aver luogo.

PROCESSO DI APPLICAZIONE PRINCIPALE

Tutto il processo chimico precedentemente descritto include l'aggiunta in sequenza di sostanze chimiche specifiche *MacDermid* e di polvere di zinco. La funzione di tali sostanze viene descritta nel seguito.

CONDIZIONAMENTO SUPERFICIALE - ACIDO DISINCROSTRANTE

I liquidi per il trattamento superficiale *Transiflo & MACuguard* includono acidi minerali, sostanze tensio-attive e inibitori. Il consumo del liquido che costituisce il condizionatore della superficie viene ripristinato con un'aggiunta in un'opportuna portata in ml/m^2 variabile a seconda del sistema utilizzato. La funzione di questo materiale è di rimuovere gli ossidi superficiali e di controllare il pH del processo, mantenendolo <2 nella fase successiva di deposito del metallo. I condizionatori della superficie sono studiati per eliminare solo leggere tracce di olio e piccolo scaglie: i contaminanti più important devono essere rimossi in un'opportuna fase di pre-pulitura prima di essere immessi nel barile.
La durata normale del processo è di 5-10 minuti.

CONDIZIONAMENTO SUPERFICIALE - RAMATURA FLASH

Gli additivi per la ramatura flash sono disponibili sia allo stato liquido che a quello solido, a seconda che venga usato il sistema *Transiflo* o *MACuguard.* Nella loro formula sono presenti acidi minerali o sali acidi, uniti a ioni di rame e a un inibitore. L'aggiunta di ramatura flash in unità/m^2 varia a seconda del sistema impiegato e anche a seconda del materiale di base trattato.La funzione della ramatura flash è di rimuovere ulteriormente gli ossidi dei componenti in metallo da trattare e depositare uno sottile strato metallico di rame.
Questo strato evita qualsiasi possible variazione dello stato metallurgico dei materiali da trattare (acciai a basso o alto tenore di carbonio, sinterizzati, fusioni, ecc.) e offre una superficie chimicamente attiva e adatta per ulteriori reazioni chimico/meccaniche. Le velocità di deposito e il colore dello strato metallico di rame agiscono da indicatori dell'attività della superficie e della pulizia dell'ambiente del processo (particelle, stato superficiale, ecc.). La durata normale del processo è di 5-10 minuti.

ACCELERAZIONE MECCANICA DEL PROCESSO

La chimica dell'accelerazione del processo usata nei sistemi *Transiflo* o *MACuguard* fornisce prodotti liquidi o solidi a seconda del sistema impiegato. Contiene un sale di metallo nobile, un inibitore e un disperdente. L'aggiunta di questi prodotti in unità/m^2 varia a seconda del sistema impiegato.La funzione dell'acceleratore è di fornire una fonte di ioni metallici nobili da disperdere per mantenere libera da ossidi la successiva aggiunta di polvere di zinco. L'inibitore ha lo scopo di rallentare lo scoglimento dello zinco nell'ambiente acido del rivestimento. La durata normale del processo è di 1-2 minuti.

RIVESTIMENTO METALLICO FLASH

La polvere metallica di zinco second la specifica MP15 *MACDermid* viene aggiunta in ragione di 4,6 g per ogni m^2 dell'area superficial totale dei componenti immessi nel barile. In questa fase, la funzione della polvere di zinco MP15 è di depositare nella soluzione degli ioni di metalli nobili che creino una sottile pellicola di metallo che aderisca sulla superficie ramata dei componenti di acciaio. La durata normale del processo è di 5 minuti.

RIVESTIMENTO METALLICO DI ZINCO

La polvere metallica di zinco a specifica MP15 *MacDermid* viene aggiunta in ragione di 7,7 g per ogni m^2 dell'area dei componenti immessi nel barile e per ogni µ di rivestimento che si vuole creare. Ad es. se l'area dei componenti è di 20 m^2 e lo spessore voluto del rivestimento è di 10 µ si avrà: 7.7 x 2 x 10 = 1.540
Cioè, la quantità di polvere di zinco che è necessario aggiungere per realizzare il voluto spessore del deposito (10µ) sarà di 1.540 g. La funzione della polvere di zinco MP15 è di produrre una quantità sufficiente di particelle di polvere metallica da saldare a freddo e da compattare per creare un rivestimento di zinco uniforme dello spessore voluto. Con i sistemi meccanici di rivestimento lo spessore massimo di zinco ottenibile è di 25 µ. Non si devono aggiungere più di 5 µ equivalenti di polvere di zinco per volta e si deve mantenere un intervallo di fino a 7,5 minuti tra le aggiunte di zinco, a seconda dell'energia dinamica fornita dal barile. Dopo l'ultima aggiunta di polvere di zinco nel barile, si deve lasciar depositare e compattare lo zinco per un periodo da 10 a 30 minuti a seconda della tipologia dei componenti da rivestire.

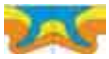
ESEMPIO di un RIVESTIMENTO con spessore di 10 µ

1. Caricare i componenti da trattare (privi di olî) e le sostanze chimiche previste
2. Regolare il livello dell'acqua, la sua temperatura (18ºC-25ºC), l'angolo del barile e la sua velocità di rotazione.
3. Aggiungere l'appropriato acceleratore del rivestimento nella quantità calcolata → **5-10 min**
4. Aggiungere l'agente per la ramatura nella quantità calcolata → **4-8 min**
5. Aggiungere l'acceleratore di reazione nella quantità calcolata → **0.5-2 min**
6. Aggiungere lo zinco per il rivestimento flash in ragione di 4.6 g/m^2 → **5 min**
7. Aggiungere lo zinco del rivestimento vero e prprio in ragione di 53.9 g/m^2 → **10-20 min**
8. Aggiungere lo stagno del rivestimento vero e proprio in ragione di 24.3 g/m^2 → **15-30 min**

Per le fasi del processo di cui sopra il PH deve essere mantenuto <2 (preferibilmente <1,5

NOTE

Dopo la fase 3 controllare i componenti da trattare per assicurarsi che l'acqua abbia ben pulito la loro superficie. Per componenti non perfettamente puliti il trattamento non sarà soddisfacente. Se è evidente che la superficie non è perfettamente libera da impurità sarà necessario far perdurare il ciclo di pulitura e di condizionamento.
Controllare nuovamente i componenti dopo la fase 4 per verificare la loro complete ramatura. Zone poco ramate o senza ramatura riceveranno il rivestimento ma con poca adesione tra le superfici.
Nella fase 6 controllare il tempo che occorre ai componenti prima che appaia il rivestimento flash. I componenti che evidenziano un rivestimento flash prima dell'aggiunta dello zinco indicano che esiste una contaminazione da zinco nel sistema. Per contro, se i componenti mostrano una tendenza lenta ad assumere il rivestimento flash e sono stati difficili da ramare, indicano che c'è un alro problema. Entrambi i casi possono derivare semplicemente da un calcolo errato della superficie totale da trattare ma se questi calcoli sono esatti bisognerà fare alcune considerazioni sulla contaminazione del processo e porre rimedio alla causa.
Fase 7: aggiunta della polvere di zinco che costituirà il rivestimento di zinco. Tale aggiunta deve essere effettuata con una certa gradualità e in quantità non superiore ai 5µ equivalenti per volta. Quindi se si vuole ottenere un deposito di 7µ bisognerà che la porzione di zinco venga aggiunta in 2 fasi. Il tempo intercorrente tra ogni fase dipende dalla tipología dei componenti da trattare e dall'energia sviluppata dalla massa in rotazione nel barile. I tempi tipici variano normalmente tra 2 e 7 minuti.
L'aggiunta della polvere di stagno può invece essere aggiunta tutta in una sola volta. Il tempo del ciclo di rivestimento di stagno dipende dalla geometria e dal peso dei componenti.
Dopo aver aggiunto tutte le porzioni delle polveri di metallo, si lascia riposare tutta la massa in rotazione per 7-10 minuti. Ciò ha lo scopo di consolidare e stabilizzare la superficie del rivestimento sui componenti.
La fase finale è costituita dalla lucidatura che si può effettuare in 2 modi: 1) a consolidamento completato della superficie protettiva viene aggiunta acqua nel barile per diluire le sostanze chimiche impiegate, diminuendo al tempo stesso la velocità di rotazione per far avvenire una lisciatura delle superfici dei componenti 2) viene arrestata la rotazione del barile e viene fatta decantare la massa delle sostanze chimiche usate per il processo, aggiungendo acqua in abbondanza e inondando i componenti e le particelle di vetro. Poi il barile viene anche qui fatto girare lentamente per lisciare la superficie dei componenti. La procedura dura da 2 a 5 minuti prima che le sostanze vengano decantate e scaricate.
I metalli del rivestimento possono anche essere mescolati per ottenere un rivestimento bimetallico, ma non è una lega.



2006-01-0774

Confronto tra la **Rivettatura AUTOPERFORANTE,** la Saldatura per Resistenza **a PUNTI** e la Saldatura a Punti per **ATTRITO**, nell'unione di lamiere di **ALLUMINIO** per l'industria **AUTO**

di **Paul Briskham, Nicholas Blundell, Li Han, Richard Hewitt and Ken Young** International Automotive Research Centre, Warwick Manufacturing Group, Univ. of Warwick, Coventry, UK e **Douglas Boomer** Innoval Technology Ltd, Banbury, UK - Copyright © 2006 SAE International - Traduzione di Attilio Alessio (ataless@tin.it)

SINTESI

Questo studio mette a confronto 3 processi di unione dell'alluminio al fine di determinarne capacità, efficienza e costi nella produzione in serie di scocche e parti mobili di autovetture. I processi considerati sono la Saldatura per Resistenza a **PUNTI** "P" la Rivettatura **AUTOPERFORANTE** "R" e la Saldatura a Punti per **ATTRITO** "A". I confronti quantitativi sono stati eseguiti con i test di resistenza alla sbottonatura e a taglio, considerando i tempi-ciclo dei processi, il costo dei gruppi operativi *(NdT:che riduttivamente chiameremo "PINZE")* e il costo delle operazioni di gestione.

La "P" è il metodo di unione usato più comunemente nell'AUTO per componenti in lamiere di acciaio. I principali vantaggi sono l'alta velocità di esecuzione e i bassi costi operativi, oltre alla possibilità di saldare con la stessa pinza una vasta gamma di combinazioni di spessori e di sezioni. Le sue principali limitazioni nel caso dell'alluminio sono la garanzia della consistenza del punto saldato e la durata degli elettrodi, anche se per questi ultimi recenti studi hanno indicato che sono superabili con una regolare spazzolatura e ravvivatura [1,2].

La "R" viene già usata ampiamente nella produzione in serie di strutture di auto in alluminio. I suoi vantaggi principali sono una resistenza meccanica superiore e la capacità di unire materiali diversi, anche non saldabili. Le sue limitazioni principali sono un possibile aumento dei costi dei rivetti e una gamma più limitata di sezioni a cui ogni singola pinza può accedere. Inoltre il riciclo dei componenti in alluminio diventa più complesso perché contengono rivetti in acciaio.

La "A" deriva dalla saldatura di testa di alberi per attrito rotante e il suo vantaggio principale è di unire rapidamente e a basso costo lamiere sottili di acciaio. La "A" può anche unire alcune leghe comuni usate nell'AUTO e richiede bassi consumi di energia ma il processo è attualmente limitato dal fatto di poter unire solo configurazioni di giunti molto semplici e di richiedere tempi di processo lunghi in lamiere spesse.

INTRODUZIONE

I fabbricanti di AUTO sono sempre più sollecitati a ridurre al minimo i danni ambientali derivanti dalla rottamazione e dal recupero di un'autovettura. Per quanto riguarda invece i veicoli in circolazione l'impatto ambientale può essere ridotto in modo significativo migliorando il rendimento del carburante [3] e il peso della struttura del veicolo, sostituendo lamiere di acciaio con altre in alluminio. Ma il prerequisito per applicare questo concetto a una produzione in serie è di utilizzare metodi di unione poco costosi che garantiscano giunti robusti e sicuri; e per favorire il già aumentato uso delle strutture in alluminio è necessario disporre di materiali più economici. Questo studio si focalizza su questo secondo punto, facendo il confronto tra la "R" (una tecnica di unione di provato risultato nei volumi MEDIO-BASSI) e due altri metodi, la "P" e la "A" che possono offrire vantaggi nei costi, specie per alti volume di produzione.

Vari fabbricanti di alluminio hanno studiato e promosso l'impiego di questo materiale nelle applicazioni auto. I due studi di base considerano il primo di realizzare una struttura ***unitaria*** usando lamiere stampate e il secondo di formare le cosiddette strutture "***spaceframe***" utilizzando una combinazione mista di estrusi, fusioni e lamiere stampate. Nel primo caso il metodo è consolidato nelle scocche e l'unione delle lamiere avviene per sovrapposizione piuttosto che di testa, con flange ricavate lungo i bordi dei componenti, unite con una fila di giunti a punti discreti.
Negli anni '80, British Leyland e Alcan intrapresero la strada della struttura unitaria culminata con la fabbricazione di 6 veicoli di prova per la Metro con struttura in alluminio [4]. Ciò consentì lo sviluppo di un sistema brevettato (l'AVT= Aluminium Vehicle Technology) che comprendeva anche la saldatura e l'unione con adesivi di lamiere in pretrattate in modo speciale e stampate con lubrificanti [5]. Alcan continuò poi a migliorare i processi del sistema AVT lavorando congiuntamente all'industria AUTO e incorporando i miglioramenti tecnologici che nel frattempo avvenivano, come nuove leghe, pretrattamenti superficiali senza cromo e lubrificanti per la formatura a cera persa [6]. Esempi di lamiere con tecnologia AVT si sono poi visti in prototipi di veicoli come il Ford Aluminium Intensive Vehicle (AIV), il Ford P2000 [7] e l'EV1 della GM. Più recentemente Jaguar ha usato gran parte della tecnologia AVT nella produzione della XJ berlina, il suo primo veicolo in Al di produzione in medio-volume [8]. La principale differenza tra il sistema di produzione Jaguar della XJ e il concetto di AVT è stata l'uso della "R" invece della "P" [9]
L'approccio *spaceframe* nella concezione di un veicolo è valido per produzioni medio-basse ed è stato ampiamente dimostrato con l'Audi 2, l'Audi 8 e la Lamborghini Gallardo [10]. L'unione dei nodi di una struttura *spaceframe* usa tecniche come quelle ad arco o saldatura a laser. Queste tecniche di giunzione *continua* non sono oggetto di questo studio.

SALDATURA a RESISTENZA per PUNTI "P"

La "P" di leghe di Al compare già in brevetti degli anni '30 [11]. Studi più recenti e i notevoli sviluppi nei processi di saldatura mirati ad allungare la durata degli elettrodi, a potenziare la qualità del punto e a ridurre il consumo di enegia hanno reso questo processo più attraente per i fabbricanti di auto [1,12].
La "P" è in grado di unire multistrati di alluminio formati da singole lamiere da 0,9 a 4 mm in una vasta gamma di leghe (ved. Fig. 1). Si noterà che le superfici esterne sono relativamente lisce e piatte su entrambi i lati e al test di sbottonamento si forma il classico "chiodo" di saldatura (ved. Fig. 2).

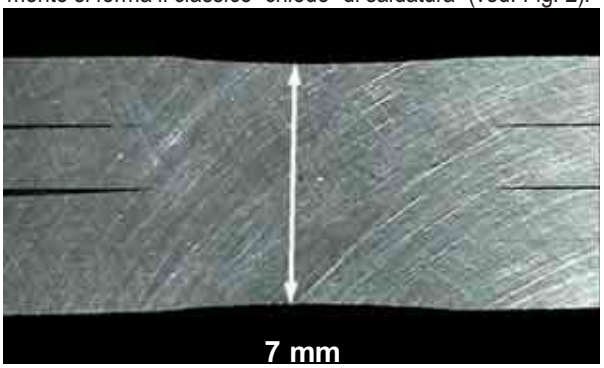


Fig. 1 – Punto saldato in 4 lamiere di Al

La maggioranza delle pinze di puntatura usate attualmente nell'industria AUTO mondiale sono pneumatiche. Comunque molti nuovi impianti impiegano servopinze elettriche che eliminano la necessità dell'aria compressa nelle linee di assemblaggio. Queste servopinze offrono tempi-ciclo più veloci in quanto migliorano il controllo della velocità di apertura e di chiusura delle pinze [11]. Le servopinze offrono anche l'interessante possibilità di monitorare e regolare la forza durante la saldatura Un grande passo in avanti nella "P" dell'alluminio e dell'acciaio si è avuto con lo sviluppo della MFDC (Saldatura a Media Frequenza in Corrente Continua) che offre miglioramenti significativi nel controllo di processo rispetto alla saldatura con frequenze tradizionali a 50-60 Hz in corrente alternata [14]. Uno dei vantaggi portati dalla MFDC nel caso dell'alluminio è la riduzione del peso delle pinze, che ne facilita la manipolazione con robot.

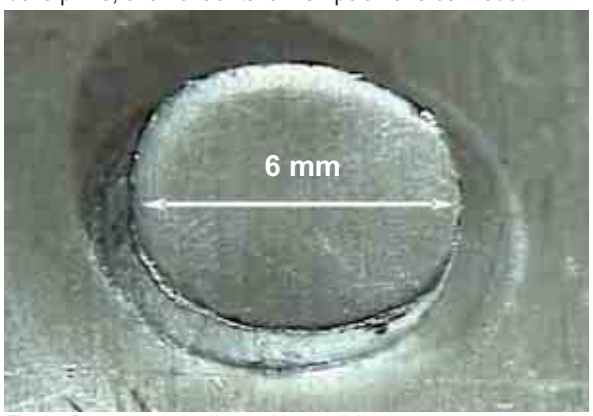


Fig 2 - Buona puntatura di un multistrato di Al

Rivettatura AUTOPERFORANTE "R"

La "R" (Fig. 3) è un processo meccanico di giunzione a freddo per l'unione di 2 o più lamiere sovrapposte. Il processo avviene inserendo ad alta pressione un rivetto nella combinazione di spessori da unire senza dover effettuare il foro relativo. Il rivetto è semitubolare ("semi" perché solo una parte è a tubo, quella che si espande; l'altra, dal lato testa è piena).
Il rivetto si espande e si incastra nella lamiera inferiore formandovi una bugna. A differenza dalla "P", i giunti rivettati "R" offrono la possibilità di unire più lamiere anche in diversi materiali con buone resistenze allo sbottonamento e a taglio [15]. "R" è relativamente insensibile alla pulizia della superficie di alluminio e al suo strato di ossido. Inoltre l'aggiunta sul rivetto bonificato di un trattamento superficiale anticorrosione consente a questa tecnologia di essere impiegata su componenti in alluminio senza causare problemi di corrosione galvanica [15]. L'inconveniente di usare rivetti in acciaio su scocche in alluminio è unicamente quello di dover separare i due metalli durante la rottamazione.

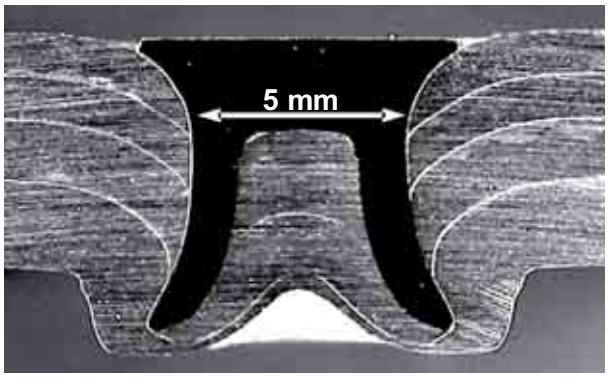


Fig. 3 - Sezione di un rivetto in acciaio inserito in 4 lamiere di alluminio

Fig. 4 – Bugna esterna formata dal rivetto nell'ultima lamiera rivettata

La direzione e il verso secondo cui avviene l'inserimento del rivetto nonché la configurazione e gli spessori del sandwich di lamiere ha molta influenza sulla resistenza dei giunti "R". E' da evitare di avere la lamiera inferiore di uno spessore molto più sottile rispetto a quelle superiori e questo perché una ridotta penetrazione ed espansione riducono la resistenza del "GANCIO". Idealmente, per minimizzare la possibilità di corrosione galvaniva e favorire il riciclaggio della rottamazione, le lamiere in alluminio dovrebbero essere unite da rivetti in alluminio. Dei rivetti in alluminio sono stati sviluppati per applicazioni aerospaziali ma rivetti autoperforanti in alluminio non sono attualmente disponibili.

Un vantaggio saliente della "R" è che può essere usata per unire materiali diversi fra loro, come ad es. alluminio e acciaio o alluminio laminato leggero con un sandwich di alluminio-polipropilene-alluminio. La resistenza statica e a fatica dei giunti "R" è riportata in altri studi [18]. **Uno studio di FORD ha dimostrato che la resistenza a fatica di una "R" dopo 10.000.000 di cicli è doppia di una "P"** [18].

Saldatura a Punti per ATTRITO "A"

La Saldatura a Punti per Attrito "A", conosciuta anche come Friction Stir Spot Welding FSSW è un processo discreto relativamente nuovo derivato dal metodo di attrito continuo sviluppato alla TWI [19]. In fig. 5 e 6 è visibile un giunto tipico. La "A" non è ancora stata studiata a sufficienza per comprenderne pienamente il potenziale. Il processo sembra promettere significativi vantaggi di costo per la semplicità delle macchine, la bassa potenza richiesta e pochissimi consumabili [20]. La maggior parte delle ricerche pubblicate finora si è focalizzato su due lamiere ma con lo sviluppo del proceso è possibile che si possano unire anche 3 o 4 lamiere. Vari Centri di Ricerca [21,22] ne stanno analizzando gli effetti con vari profili di parti attive e di parametri. Recentemente è stato pubblicato uno studio sulla resistenza a fatica di "A" sull'alluminio 6111 [23] e un altro studio ha analizzato l'unione di materiali diversi come Al con acciaio e Al con magnesio [24]. Questo studio ha prodotto non solo un punto saldato ma, spostando a tratti il perno rotante lungo una retta o con un moto fluttuante, ha realizzato brevi cuciture invece di singoli punti (come avviene nella saldatura per resistenza a rullli) con una maggiore consistenza del tratto e una buona resistenza a trazione in croce [25].

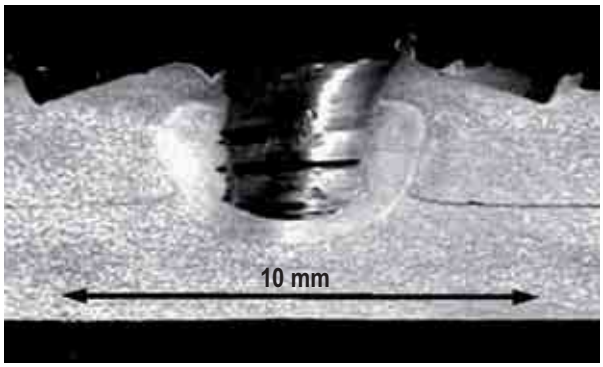


Fig 5 - Sezione di una saldatura a punti per attrito "A"

Fig. 6 – Vista esterna di un giunto saldato per attrito (lato perno rotante)

UNIONE con ADESIVI

La necessità di fissare insieme vari componenti in tempi-ciclo sempre più brevi rende improbabile che la tecnologia degli adesivi all'attuale stato dell'arte diventi l'unico metodo di unione per auto in alluminio. Gli adesivi danno luogo a giunti con ottima resistenza a fatica e robustezza e l'unione con adesivi in una linea continua ha un benefico effetto sulle caratteristiche dei veicoli, come rigidità torsionale e NVH *(NdT: "Noise Vibration & Harshness"= livello di rumorosità e vibrazioni percepite dal guidatore e ruvidità dell'andatura del veicolo durante improvvise transizioni del moto".* Lo svantaggio degli adesivi è la limitata resistenza meccanica allo sbottonamento e vi si rimedia combinando l'unione con adesivi a metodi di giunzione a punti che offrano buone prestazioni allo sbottonamento e agiscano come inibitori dello stesso. In questo modo è possibile realizzare assemblaggi più rapidi tenendo uniti i componenti e impedendo che si muovano prima del riscaldamento dell'adesivo nel ciclo di cottura [26].
La combinazione della "R" e della "P" con gli adesivi è nota rispettivamente come "*riv-bonding*" e "*weld-bonding*". Realizzare una "P" attraverso un adesivo con un Φ della punta degli elettrodi di 10 mm richiede forze elevate (da 600 a 800 kg): questo per accostare le lamiere liberando la zona tra gli elettrodi (prima dell'impulso della corrente di saldatura) dall'adesivo epossidico viscoso non ancora riscaldato. I test condotti sulla "A" durante questo studio hanno indicato che il processo non offre buone prestazioni quando esiste uno strato viscoso di adesivo tra le lamiere. Comunque "A" potrebbe essere impiegata nelle zone adiacenti a quelle unite con adesivo, se i componenti hanno bordi sufficientemente larghi che consentano di tenere l'adesivo lontano dai giunti saldati con "A". Le prestazioni in durata dell'unione con adesivi vengono influenzate dal pretrattamento della superficie di Al interessata. L'industria AUTO tende a favorire trattamenti superficiali semplici e poco costosi che anche se non durevoli come quelli di anodizzazione ampiamente in uso nell'industria aerospaziale [27] hanno dimostrato di essere sufficienti per i requisiti richiesti dalla maggior parte di autovetture [28]. Le pratiche costruttive e la necessità di strutture che assorbano energia in caso di urto portano a pensare che l'unione con adesivi si combinerà nel futuro prevedibile con sistemi meccanici di unione, di rivettatura e di puntatura.

ALTRI METODI DISCRETI DI UNIONE

La clinciatura non è stata oggetto di questo studio ma non è da ignorare come utile metodo di unione per componenti non strutturali. Ad esempio, cofani e flange delle porte possono essere unite con la clinciatura combinata con adesivi in modo economico e facilmente automatizzabile. La saldatura a punti dell'alluminio per ultrasuoni (USW) è promettente ma non ancora sviluppata a sufficienza per includerla in questo confronto tra tecnologie produttive consolidate [29].

CONFRONTO DEI METODI DI UNIONE

Lo scopo principale di questo studio è di confrontare tecnologie di giunzione determinando la loro idoneità

funzionale ed economica nella produzione di strutture in alluminio. Sono già stati condotti degli studi generici [30] ma questo studio si focalizza sui metodi di unione discreti che sono candidati a breve termine per la produzione in grandi volume di veicoli in alluminio.

Sono state selezionate varie configurazioni di giunti per effettuare prove meccaniche quasi-statiche, con lo scopo di rappresentare l'intera gamma di tipi di giunti esistenti normalmente nelle strutture di veicoli in alluminio realizzati in lamiera. I materiali e gli spessori delle congigurazioni dei giunti sono indicate in tab. 1. I materiali sono stati forniti da Novelis (ex-Alcan) nelle condizioni di pretrattamento e lubrificazione tipicamente usate nell'industria AUTO e, in linea con la pratica, la superficie di questi materiali non ha subito alcun trattamento prima dell'unione o dell'applicazione dell'adesivo.

Tab. 1 – Configurazione dei giunti

Giunto	Materiale 1	Materiale 2	Materiale 3	Materiale 4
J1	0.9 mm 6111-T4P	0.9 mm 5182-O	-	-
J2	2.0 mm 5754-O	1.8 mm 6111-T4P	-	-
J3	2.0 mm 5754-O	2.0 mm 5754-O	-	-
J4	3.0 mm 5754-O	3.0 mm 5754-O	-	-
J5 & J5A	2.0 mm 5754-O	1.5 mm 5754-O	2.0 mm 6111-T4P	-
J6 & J6A	2.0 mm 5754-O	1.5 mm 5754-O	1.8 mm 5754-O	2.0 mm 5754-O
→Senso di inserimento dei rivetti "R" e dei punti "A"				

I giunti da J1 a J6 sono stati realizzati senza adesivi strutturali e testati meccanicamente nelle condizioni in cui si trovavano. I giunti J5A e J6A erano gli stessi di J5 e J6 con l'aggiunta nelle interfacce selezionate di un adesivo monocomponente epossidico strutturale (Dow Betamate 4601) come indicato in Figg. 7 e 8. L'adesivo è stato riscaldato a 180°C per 25 minuti per simulare un ciclo tipico di cottura di adesivi e vernici. Nel caso della lega AA6111-T4P (trattabile termicamente) il ciclo ha aumentato il carico di snervamento del metallo di base, tipicamente da 15 a 22 kg/mm² [31], aumentando anche la resistenza all'ammaccamento dei pannelli esterni.

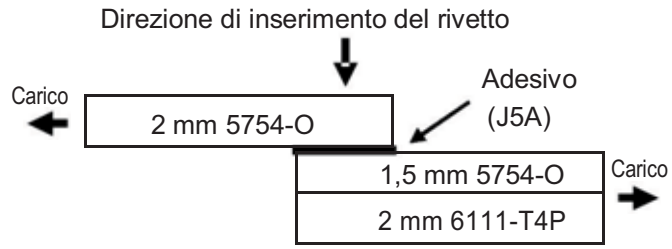


Fig.7 – Configurazione dei giunti J5 e J5A

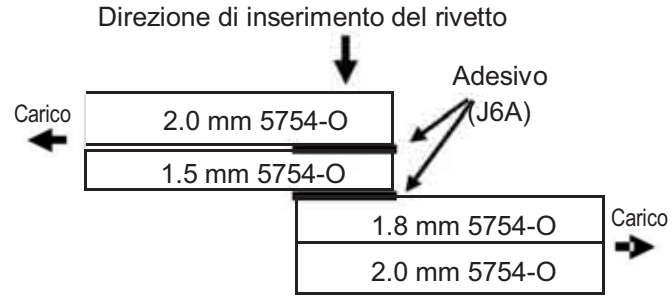


Fig. 8 - Configuration dei giunti J6 e J6A

Le dimensioni dei due tipi di campioni realizzati per le prove distruttive sono indicate alle figg. 9 e 10. Per ogni tipo di campione sono stati eseguiti 6 test (a sbottonatura e a taglio). Nel caso di giunti puntati le saldature sono state prima eseguite separatamente su piastre in lamiera per simulare reali condizioni di produzione (evitando effetti shunt e riscaldamenti locali del componenti). Poi le piastre sono state tagliate alle dimensioni previste. I campioni per le prove di sbottonamento sono stati prima puntati in piano e poi piegati con un'attrezzatura per conformarli alle dimensioni volute. Le velocità delle macchine di test sono state di 10 mm/min per le prove di taglio e di 100 mm/min per quelle di sbottonatura.

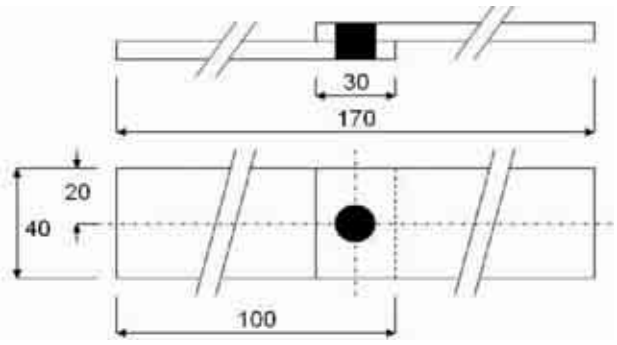


Fig. 9 – Dimensioni (in mm) dei campioni per la prova di taglio [20]

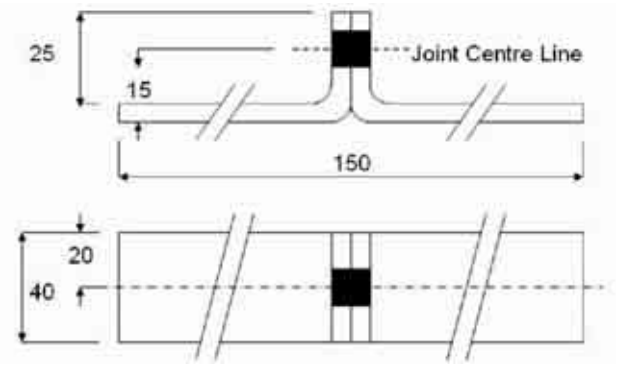


Fig. 10 – Dimensioni (in mm) dei campioni per le prove a sbottonamento [20]

In 3 dei 4 campioni a lamiere sovrapposte, la scelta di quale delle due lamiere venga strappata dall'altra influisce sul risultato. Ad esempio se viene tirata solo la lamiera inferiore (che è più sottile) la resistenza alla rottura è molto inferiore rispetto alla condizione di tirare contemporaneamente entrambe le lamiere. I carichi usati in queste prove sono illustrati alle figg. 7 e 8.

I giunti J5, J6, J5A e J6A sono stati sottoposti a test solo con la "P" e la "R", in quanto l'attrezzatura per la "A" non era in grado di produrre giunti su 3 o 4 spessori o con adesivi. La "P" e la "R" hanno dimostrato di essere in grado di produrre giunti "buoni" quando fra le lamiere esiste adesivo allo stato viscoso (non ancora cotto).

L'attrezzatura impiegata per la "R" era una servopinza elettrica **HENROB** che usava rivetti con gambo Φ 5 mm. Quella per "P" era una pinza pneumatica Olofström GWT-500 a media frequenza in corrente continua comandata da un controllo Bosch PSU6000 o Matuschek IGEL. Quella per la "A" era una servopinza-robot Kawasaki. I parametri delle macchine di ogni processo venivano ottimizzati per ogni configurazione di giunto.

RISULTATI

I tre processi discreti di unione sono stati confrontati per evidenziarne le differenze nei tempi, nelle prestazioni meccaniche quasi-statiche, nella monitorizzazione dei processi, nei consumi d'energia, nei materiali di consumo e nei costi delle macchine e attrezzature.

TEMPI di PROCESSO

I tempi totali per produrre i vari giunti sono visibili in fig. 11.
Il grafico non include i tempi morti di movimentazione del robot tra un giunto e l'altro. Alla data della prova, questo studio era concentrato sull'ottimizzazione della qualità dei giunti piuttosto che sulla riduzione dei tempi di processo, quindi è possible che i tempi indicati si possano ridurre.

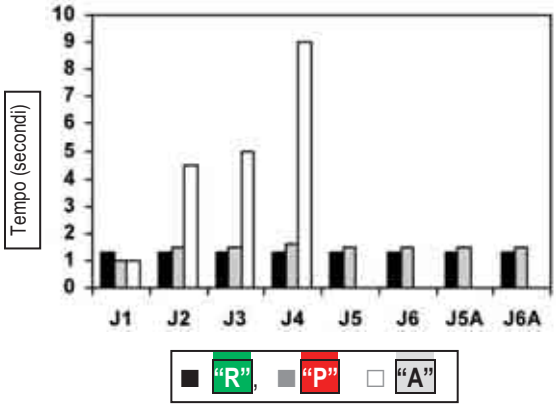


Fig. 11 – Tempi-ciclo totali per realizzare i vari tipi di giunti

Il tempo di processo per la "R" era di 1,3 sec per tutti i vari tipi di giunti, quello per la "P" variava da 1,2 a 1,6 sec e quello per la "A" era di circa 1 sec per giunti con lamiere sottili (ma aumentava di molto, fino a 9 sec, per lamiere spesse.

CARICO di ROTTURA QUASI-STATICO.

Le figg. 12 e 13 mostrano carichi e allungamenti nei due test. L'energia assorbita per ogni processo è determinata dall'integrazione dell'area compresa tra la curva e l'asse delle ascisse.I triangoli neri indicano il max carico di ogni curva..

Fig. 12 – Risultati tipici dei test a taglio (2+2 mm, 5754-0)

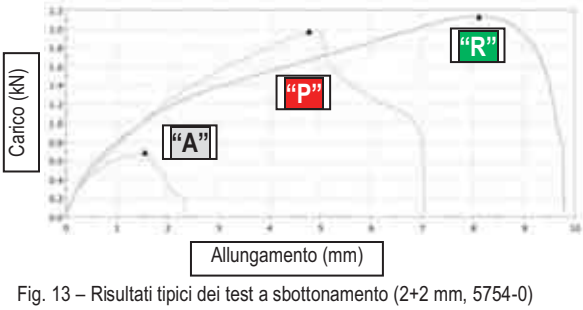


Fig. 13 – Risultati tipici dei test a sbottonamento (2+2 mm, 5754-0)

Ai fini della nostra analisi di confronto tra queste tre tecnologie, abbiamo considerato che le migliori proprietà meccaniche statiche e dinamiche della "R" consentano una quantità INFERIORE DI RIVETTI rispetti ai punti saldati, a parità di resistenza della struttura.

Il confronto dei costi si è quindi basato su quantità diverse di giunti nella struttura di un'autovettura, pari a 3000 giunti RIVETTATI o 4000 giunti PUNTATI o SALDATI per ATTRITO.

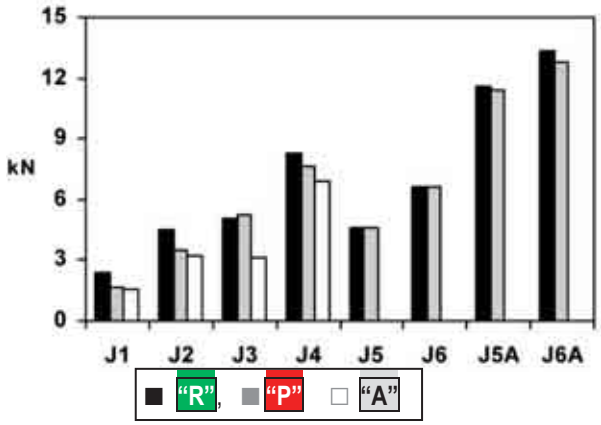


Fig. 14 – Confronto tra i valori medi ottenuti nei test a taglio

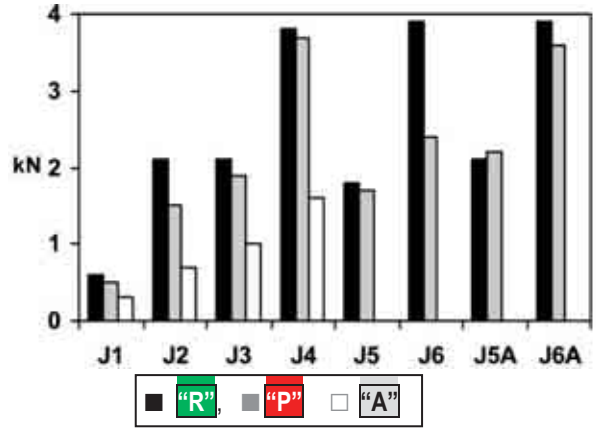


Fig. 15 – Confronto tra le resistenze medie allo sbottonamento

I risultati dei test a taglio di cui alla fig. 14 per giunti J5A e J6A puntati e rivettati con adesivo sono molto simili fra loro e indicano che, dopo la cottura, l'adesivo diventa il metodo di giunzione dominante per la resistenza a taglio.

La fig. 15 mostra invece che la resistenza allo sbottonamento della "R" **è generalmente maggiore della** "P" e della "A". L'ulteriore deformazione della lamiera necessaria per strappare un giunto rivettato conferisce una maggior resistenza allo sbottonamento rispetto a giunti puntati o saldati per attrito.

I test allo sbottonamento dei giunti saldati per attrito da J1 a J4 hanno dato risultati inferiori rispetto a quelli su giunti rivettati e puntati.

L'aggiunta di adesivo nei giunti rivettati J5A e J6A ha avuto poco effetto sulla resistenza rispetto ai giunti J5 e J6. Tuttavia l'aggiunta di adesivo nei giunti puntati J5A e J6A ha aumentato la resistenza alla sbottonatura, in particolare per i giunti J6A, portandone i valori vicino a quelli dei giunti rivettati

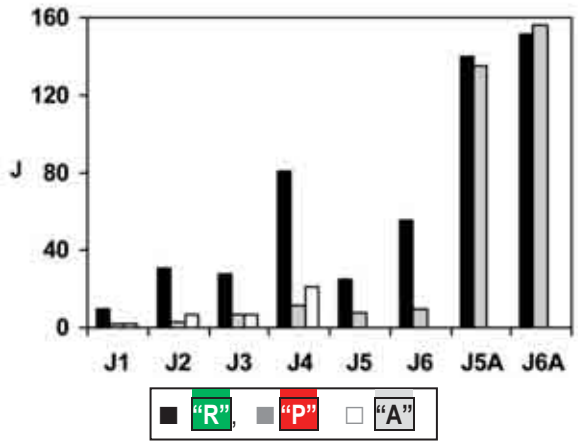


Fig. 16 - Confronto tra l'energia media assorbita per la rottura nei test di resistenza a taglio

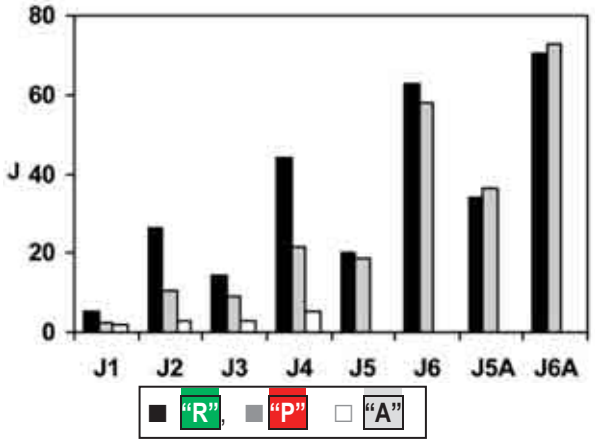


Fig. 17 - Confronto tra l'energia media assorbita per la rottura nei test di sbottonamento

Nei test di sbottonamento si nota che la differenza tra l'assorbimento di energia tra la "R" e la "P" non è così importante come nei test a taglio (confrontare la fig. 12 con la 13). Questo perché nella "P" la lamiera dev'essere strappata lasciando il "chiodo" come indicato in fig. 2 e il lavoro per questa operazione è confrontabile con quello necessario per strappare la lamiera dal rivetto. La puntatura per attrito ha invece dato risultati limitati in questo test.

MONITORAGGIO IN-PROCESS, TEST NON- DISTRUTTIVI e SMANTELLAMENTO

Con un buon sistema di monitoraggio in-process (per mantenere costante la qualità dei giunti) e con l'utilizzo di rapide e affidabili tecniche non-distruttive di test è possibile abbassare significativamente i costi riducendo la necessità di smantellare e ispezionare regolarmente le scocche delle vetture. La frequenza e il costo di questi test sono all'incirca uguali per i 3 metodi di unione qui considerati, assumendo che i rispettivi sistemi di monitorizzazioni in-process e di test non-distruttivi abbiamo la stessa efficacia.
Per la "R" è disponibile in commercio un sistema in-process che monitorizza l'operazione di inserimento del rivetto. La

qualità dell'inserimento del rivetto è verificabile sia con un controllo visivo che con un test distruttivo durante lo smantellamento della scocca, confrontando le sezioni dei giunti con quelle campione. Diverse aziende stanno lavorando allo sviluppo di test non-distruttivi a ultrasuoni per la "R".
Attualmente per la puntatura per attrito non esistono né sistemi di monitoraggio in-process pronti per l'applicazione in produzione né sistemi di test non distruttivi. Comunque si stanno analizzando sistemi a ultrasuoni non distruttivi per la saldatura per attrito lineare continua che potrebbero essere adattati alla puntatura per attrito [32]

La "P" dispone di molte opzioni per monitorare in-process la formazione del punto: la più popolare è la misurazione dei segnali elettrici durante la saldatura [33]. Alcuni recenti sistemi che monitorizzano la durata degli elettrodi si basano su variazioni di segnali elettrici e determinano quando è necessaria la manutenzione degli elettrodi stessi. Per la "P" sono disponibili vari sistemi in-process a ultrasuoni [34]. La principale preoccupazione è data dai costi supplementari e dal dover sistemare in una zona molto vicina ai portaelettrodi il gruppo tasmittente e ricevente. I sistemi di monitoraggio a ultrasuoni in-process (già sviluppati per la puntatura dell'acciaio) sono principalmente impiegati per registrare dati di saldatura ai fini dell'assicurazione qualità piuttosto che per regolare il processo di saldatura.
Nella "P" la qualità di un punto saldato è comunemente definita dalla sezione minima del "chiodo" che resta sulla lamiera dopo la prova distruttiva allo sbottonamento [35]. Questo test è altamente efficace ed è usato correntemente per giunti saldati a punti sia su acciaio che su alluminio. Tuttavia è un test distruttivo e quindi non è praticabile come controllo frequente della qualità in una produzione in serie. L'uso diffusissimo della puntatura nell'acciaio e la necessità di ispezionare i punti saldati per ridurre i costi di smantellamento ha portato allo sviluppo di vari sistemi di controllo non-distruttivi post-saldatura a ultrasuoni [36]. Vari studi hanno valutato l'applicazione della stessa tecnologia per la puntatura dell'alluminio. Il principale svantaggio di questa tecnologia è che richiede un training molto alto per operatori specializzati che devono interpretare dei risultati [37].

CONSUMO ENERGETICO

L'energia richiesta da ogni processo varia col variare degli spessori e dei materiali delle lamiere impiegate ed è difficile effettuare misurazioni accurate. In questo studio il comsumo approssimativo di energia dei 3 processi è stato determinato confrontando le letture dei nostri strumenti con i valori che risultano ai costruttori.

In questo studio è stato usato un sistema di "P" basato su tecnologia MFDC in grado di erogare una corrente max di saldatura di 40.000 A. Il range di correnti utilizzate per le prove andava da 22.000 a 34.000 A. Un recente studio sul consumo d'energia di una saldatura in MFDC indicava che il rendimento con cui viene trasformata l'energia elettrica in energia termica nel punto da saldare è del 37% [38]. Il consumo d'energia tipico di pinze di puntatura misurato alla Warwick University è stato tra i 7 e i 20 Wh per ogni punto. Considerando il valore più alto (20 Wh) per 1000 punti si ha un consumo di 20 kWh. Dei 3 processi messi a confronto in questo studio, la puntatura è l'unico che ha bisogno di acqua di raffreddamento. Il costo dell'energia necessaria per fornire acqua raffreddata a circuito chiuso non è stato considerato in quanto è di molto inferiore a quello dell'energia elettrica necessaria per eseguire il punto.

L'attrezzatura per la "A" usata in questo studio ha 2 servomotori, ciascuno da 2 kW, per ruotare lo stelo in velocità e dargli la pressione. I servomotori si possono arrestare ad ogni punto. Il tempo-ciclo varia da 1 a 9 sec a seconda del tipo di giunzione. Considerando un tempo-ciclo medio di 3,5 sec, per 1000 punti il consumo d'energia è di 2 kWh.

La pinza di "R" per questo studio era dotata di un servomotore da 2 kW per caricare un volano ed esercitare la foza necessaria per applicare il rivetto. Assumendo che il tempo-ciclo medio per muovere la pinza e inserire il rivetto sia di 4 sec e che il servomotore da 2kW giri continuamente, il consumo d'energia per 1000 rivettature sarebbe di 2,2 kWh.

Il costo dell'energia elettrica ad uso domestico e industriale varia di molto a seconda degli stati e delle regioni. Ad es. nel 2001 il costo dell'energia per uso domestico era di 0,06 $/kWh a Washington e di 0,12 $/kWh nel New England. Il costo dell'energia elettrica ad uso industriale è anche influenzato dalla vicinanza dei generatori all'utilizzatore e il prezzo può essere oggetto di trattative. In questo studio è stato considerato il costo tipico dell'energia elettrica in Inghilterra di 0,072 $/kWh.

L'energia elettrica per produrre un'autovettura che abbia 3000 rivetti o 4000 punti risulta di:

- 5,76 $ (80 kWh) per la "P"
- 0,57 $ (8 kWh) per la la "A"
- 0,47 $ (6.6 kWh) per la "R".

Considerando di produrre 150 vetture/giorno (35.000/anno) il consumo annuale di energia elettrica è di:

- 201.600 $ per la "P"
- 19.950 $ per la la "A"
- 16.450 $ per la "R".

Il confronto dei costi riportato nelle figg. 18 e 19 indica che anche se avvenissero significativi aumenti del costo dell'energia elettrica non si avrebbero effetti importanti nella variazione dei costi di ciascun processo.

CONSUMABILI

Il costo dei rivetti ha tendenza a diminuire con l'aumentare delle quantità. Ai fini di questo studio, è stato usato il prezzo medio praticato per i rivetti autoperforanti da alcune aziende. Considerando il prezzo di un rivetto uguale a 0,04 $, per produrre un'autovettura con 3000 rivetti l'incidenza sarà di 120 $. Per 35.000 vetture il costo annuale in rivetti sarebbe di circa 4.200.000 $. I diagrammi di confronto di fig. 18 e 19, rispettivamente per costi totali in 5 e 10 anni, indicano che la "R". per raggiungere i livelli della "P" o della "A" dovrebbe avere rivetti a costo "zero".

La breve durata degli elettrodi in rame nella "P" è il principale ostacolo per l'uso della "P" nell'alluminio. Recenti studi alla Warwick University a seguito di test eseguiti alla Alcan International's Banbury Research Laboratories[1]hanno dimostrato che è possible far durare gli elettrodi per più di 10.000 punti effettuandone la regolare spazzolatura e ravvivatura per mantenerli in buone condizioni. La ragione per curare al massimo le condizioni degli elettrodi è che è possibile realizzare ottime puntature solo se gli elettrodi subiscono danni minimi [1]. Il costo tipico di una coppia di elettrodi in CuCrZr è di 2 $. Con una manutenzone regolare abbiamo assunto, per la nostra analisi dei costi, di sostituire gli elettrodi ogni 4000 punti. Produrre 35.000 vetture/anno, ciascuna con 4.000 punti, sostituendo una coppia di elettrodi ogni 4.000 punti, comporterebbe un costo in elettrodi di circa 70.000 $/anno.

Prove eseguite in produzione hanno dimostrato che il perno terminale del gruppo di puntatura per attrito "A" (che ha un costo di 450 $) può realizzare oltre 1.000.000 di giunti su spessori sottili [21].

Se in una linea fossero installati 164 pinze "A" e fosse sostituito il loro perno rotante ogni 3 anni, il costo dei consumabili per la "A" sarebbe si 24.600 $.

COSTO delle PINZE

L'alta conducibilità termica ed elettrica dell'alluminio comporta correnti e forze di saldatura maggiori di quelle relative all'acciaio. Per la "P" ciò significa pinze di maggior peso e robot di maggior portata [1,12]. Le pinze per la "R" e per la "A" pesano all'incirca come quelle per la "P" dell'alluminio. Tipicamente vengono richiesti robot con 150 kg di portata ae il costo dei robot non varia sostanzialmente per queste 3 applicazioni. L'effetto principale del costo del robot sul costo generale di un impianto per produrre 35.000 vetture all'anno è che è richiesta una quantità maggiore di robot per i metodi di giunzione "meno flessibili".

Con la "P" una stessa pinza può realizzare giunti su una grande quantità di sezioni, mentre con la "R" o con la "A" per le stesse sezioni sono necessari più tipi di pinze o la presenza di cambi-pinza sui robot. L'economia potenziale nel caso della "P" è data dal fatto che le pinza sono più "flessibili", costano meno e richedono meno robot rispetto a più tipi di pinze e a più robot per la"R" e per la "A" (ved. confronto dei costi alle figg. 18 e 19. Più avanti sono state fatte approssimazioni basate sui tempi morti medi tra un punto e l'altro per determinare il numero di pinze e di robot richiesti nel confronto generale dei costi.

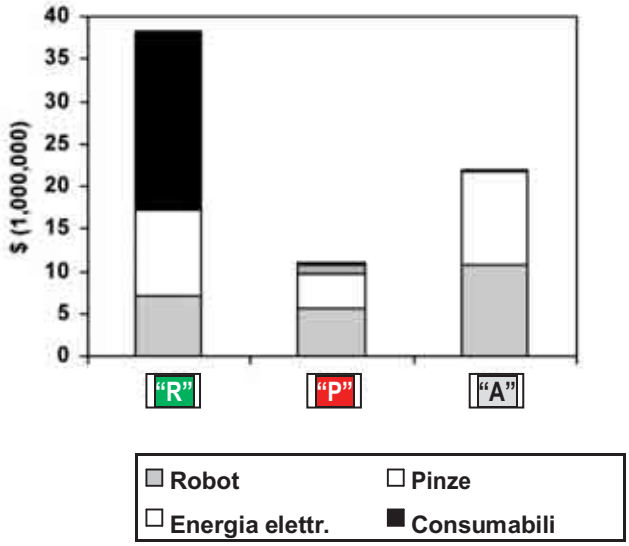


Fig. 18 – Il grafico confronta le differenze di costo tra "R", "P" e "A" per una una linea in grado di produrre 35.000 vetture/anno per **5 ANNI**

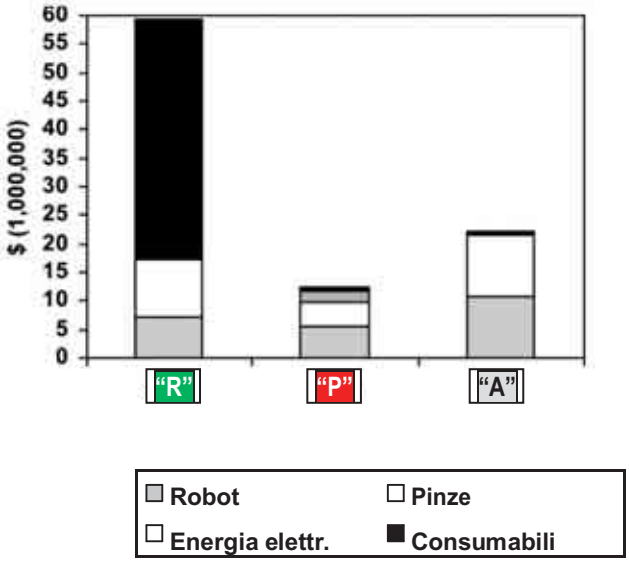


Fig.19 - Il grafico confronta le differenze di costo tra "R", "P" e "A" per una linea in grado di produrre 35.000 vetture/anno **per 10 ANNI**

I fabbricanti di autoveicoli, in lnea con l'ecologia ambientale, cercano oggi di riutilizzare i robot esistenti invece di acquistarne di nuovi. La maggior parte degli stabilimenti inglesi in cui sono installati moderni sistemi di puntatura per l'acciaio, hanno standardizzato i controlli MFDC, apportando così flessibilità ai sistemi e garantendo agli stessi di poter coprire una vasta gamma di correnti di saldatura.
La differenza di costo tra un controllo MFDC per l'acciaio e di uno per le elevate correnti richieste dall'alluminio non è

significativa, anche se deve essere comunque conteggiata per il confronto dei costi. Considerando che le pinze di puntatura possono raggiungere più sezioni di diversa geometria e che per sezioni di difficile accesso vengano studiate pinze speciali, si stima che per 35.000 vetture/anno la quantità di pinze necessaria sarebbe di:
- 160 pinze per la "R",
- 125 pinze per la "P"
- 240 pinze per la "A"

I costi delle pinze per le 3 tecnologie, desunti dai prezzi standard dei costruttori sono all'incirca di:
- 63.000 $ per la "R",
- 30.000 $ per la "P"
- 45.000 $ per la "A"

Combinando questi valori, il costo stimabile delle pinze per una linea da 35.000 vetture/anno è di:
- 10.000.000 $ per la "R",
- 4.000.000 $ per la "P"
- 11.000.000 $ per la "A"

Impiegando robot dotati di cambio-pinza si è stimato che il numero di robot richiesti per produrre 35.000 vetture/anno è di:
- 80 robot per la "R",
- 62 robot per la "P"
- 120 robot per la "A"

Assumendo che il prezzo tipico di un robot sia di 90.000 $ il costo relativo ai robot per produrre 35.000 vetture/anno è di:
- 7.000.000 $ per la "R",
- 5.500.000 $ per la "P"
- 11.000.000 $ per la "A"

Per i ravvivatori e gli altri accessori per la regolare manutenzione degli elettrodi nel caso della "P" si è assunto un valore di 2.500 $ per ogni robot, ossia 155.000 $ per 62 robot .

La "P" richiede normalmente l'installazione di sottostazioni elettriche ogni 10 saldatrici. Il costo per l'acquisto e l'installazione di una sottostazione è di circa 120.000 $ (ossia 2.000 $/pinza). Nell'analisi dei costi della "P" il costo di una pinza include già questo valore. Se il veicolo viene fabbricatio in uno stabilimento dove già si producono vetture in acciaio, le infrastrutture elettriche esistenti per la puntatura possono già essere adatte alla saldatura dell'alluminio, considerando i ridotti assorbimenti di corrente dalla rete effettuati dai moderni alimentatori trifase a inverter in MFDC rispetto ai loro predecessori in corrente alternata monofase.

MANUTENZIONE

I costi di manutenzione per ogni pinza (manodopera e ricambi) possono essere considerate uguali per tutti i tre processi trattati. Tuttavia la quantità richiesta di pinze, di robot, di isole e di gruppi di movimentazione dei pezzi sarà maggiore per i processi meno flessibili. Quindi è ragionevole pensare che i costi di manutenzione potrebbero essere minori per la "P". I costi di manutenzione non sono stati inclusi in questo confronto dei costi in quanto le loro differenze tra le tre tecnologie sarebbero insignificanti rispetto agli altri valori.

COSTI di MANODOPERA

La quantità di stazioni manuali che richiedono la presenza di operatori invece di robot dovrebbe risultare all'incirca uguale per i 3 metodi di unione. Il costo della "R" per sostituire sulle pinze manuali le cassette contenenti i rivetti ogni 1000 giunti non è molto diverso da quello nella "P" per cambiare gli elettrodi ogni 4.000 punti. Quindi il costo della manodopera per la manutenzione non è stato incluso in questo confronto dei costi

CONFRONTO COMPLESSIVO dei COSTI

Al fine di consentire un confronto dei costi relativamente semplice, i tre processi sono stati confrontati considerando di realizzare tutti i giunti su una scocca con uno stesso metodo di produzione. Questo approccio dovrebbe dare utili indicazioni sui costi comparativi di una linea di produzione dove un processo di unione viene usato per la maggioranza dei giunti. La quantità approssimativa di giunti richiesti per unire una scocca completa con i singoli metodi di unione è di:
- 3.000 rivetti per la "R",
- 4.000 punti per la "P"
- 4.000 punti per la "A"

Il calcolo dei costi delle pinze si è basato sui prezzi medi forniti dai costruttori specializzati nelle 3 tecnologie ed è stato focalizzato sull'identificazione di quei costi che risultavano significativamente diversi per ogni tecnologia. I costi relativi a operazioni non legate alla realizzazione dei giunti e altri costi generali non sono stati considerati in quanto risulterebbero molto simili per ciascuno dei processi. L'analisi (ved. figg. 18-19) si basa sull'acquisto di pinze nuove di fabbrica per produrre 35.000 vetture/anno e non rappresenta il costo totale per installare e rendere operativa una linea.
I costi stimati per acquistare le pinze, renderle operative ed effettuarne la manutenzione, sono stati riuniti in un foglio elettronico al fine di identificare i fattori che più influivano sui costi totali. Questo database si è rivelato uno strumento efficace per un'analisi sensibile, identificando parametri in cui piccole variazioni avevano influenze significative sui costi totali e viceversa parametri in cui ampie variazioni che comportavano pochissimi effetti.
I risultati identificavano nella "P" la tecnologia economicamente più vantaggiosa rispetto alla "R" e alla "A" per produrre la maggioranza dei giunti su una scocca. L'analisi indicava che era il possible aumento del costo dei rivetti a rendere la "R" il processo più costoso. Per la "P" l'analisi dimostrava che i fattori più importanti per il costo erano il consumo di energia e la frequente sostituzione degli elettrodi.

DISCUSSIONE

Quasi certamente in futuro per assemblare una scocca in alluminio verrà utilizzata una *combinazione* di metodi di unione. Non c'è infatti un solo metodo che sia perfettamente adatto per produrre tutti i giunti su una scocca in alluminio,

specie se la scocca è realizzata con un mix di acciaio, estrusi e fusioni di alluminio e materiali altoresistenziali. Attualmente, per tutti i tre processi menzionati in questo studio, è necessario l'accesso da entrambi i lati della giunzione. Questo limita la possibilità di unire tubi estrusi flangiati o accoppiamenti in cui sarebbe necessario eseguire grandi fori di accesso da un lato dell'estruso.
Per semplicità, i metodi di unione sono stati confrontati ipotizzando che ciascuno di essi venga usato per realizzare la maggior parte dei giunti di una scocca di una vettura in Al. Questo criterio fondamentale di valutazione indica che la "P" è il processo più economico anche se comporta frequenti manutenzioni agli elettrodi. Un'analisi più approfondita potrà probabilmente indicare *specifiche* zone di assemblaggio per le quali la "R" la "A" o la clinciatura potrebbero essere più economiche. Una pinza di puntatura progettata per la saldatura dell'acciaio difficilmente sarà in grado di fornire una corrente o una forza di saldatura sufficienti per saldare l'alluminio. Viceversa, una pinza di puntatura progettata per saldare l'alluminio è perfettamente in grado di saldare l'acciaio (con servopinze in MFDC) e offre quindi la flessibilità di saldare con una stessa pinza componenti sia in acciaio che in alluminio. Una piena ottimizzazione del processo per entrambi i materiali richiederà semplicemente il cambio di geometría degli elettrodi e l'adozione di una strategia leggermente diversa nella manutenzione. La "R" offre la stessa flessibilità con l'aggiunta di poter unire manteraili diversi. Comunque è molto improbabile che una scocca prevalentemente in acciaio venga assemblata con la "R" a causa del costo dei rivetti.
Un fattore di costo che non è stato incluso in questo studio è la complessità di usare:

- rivetti con diverse lunghezze
- matrici con diversi profili.

Infatti, per realizzare una gamma completa di spessori e di combinazioni di materiali sono necessari più tipi di rivetti e una procedura per il cambio matrice.

In futuro potrà essere possible produrre con la "A" dei sandwich con 3 o 4 spessori; la pinza usata per questo studio poteva peró unire solo due spessori. Al momento è necessario avere diversi perni rotanti per diverse combinazioni di giunti. Per il tempo di processo abbastanza lungo (da 5 a 9 sec per lamiere spesse) e per la necessità di disporre di flange larghe per l'inserimento dell'adesivo separatamente sui due lati delle flange, la "A" sarebbe inapplicabile alla maggior parte delle zone di una scocca.

La "P" è più sensibile della "R" e della "A" alle condizioni superficiali della lamiera e allo spessore dello strato di ossido esistente. A differenza dell'acciaio, la maggior parte del calore richiesto per saldare l'alluminio con la "P" è generato dalla maggior resistenza elettrica sugli strati esterni di ossido. Per la stabilità del processo e la sua consistenza è molto importante che la superficie di questi strati resti stabile nel tempo e non vari da lotto a lotto. I materiali forniti all'industria auto per la "P" vengono puliti e pretrattati con cura (normalmente dal fornitore stesso dell'alluminio) per offrire lo stato superficiale più adatto al processo. Le superfici pretrattate possono restare inalterate a lungo: durante questo studio non si sono notati problemi per saldare materiali pretrattati a un anno di distanza dallo stoccaggio e con leggeri graffi superficiali.
Una considerazione importante per la ."P" dell'alluminio è di assicurarsi che le lamiere pretrattate non vengano stoccate in ambiente umido, in quanto questo favorisce la crescita dello strato di ossido. Un aumento sensibile dello spessore di ossido causato da non buone condizioni di stoccaggio può comportare un surriscaldamento del punto con una conseguente minor durata degli elettrodi.
Il maggior assorbimento di energía prima della rottura di un giunto puntato può essere vantaggioso in quanto offre migliori prestazioni al crash-test e aumenta la sicurezza del guidatore. Questi vantaggi sono applicabili a quelle aree critiche che da questo vantaggio vengono migliorate

CONCLUSIONI

La "R" offre grandi prestazioni nei test meccanici con massimi carichi quasi-statici e i più elevati assorbimenti d'energia dinamica. Le sue principali limitazioni sono la necessità di diverse conformazioni dei rivetti e delle matrici per produrre giunti diversi e la necessità per la lamiera inferiore di essere sufficientemente spessa per consentire al rivetto di espandersi e fornare così un "gancio" robusto. Il possibile aumento del costo dei rivetti è il maggior problema economico per la "R". Potrebbe essere ridotto usandola solo dove le sue prestazioni meccaniche particolari ne giustificano il costo supplementare oppure per l'unione di materiali diversi fra loro.
La "P" offre la flessibilità di eseguire giunti con diverse configurazioni con una stessa pinza e la possibilità di passare dall'alluminio all'acciaio. Con un basso costo delle pinze e dei consumabili la "P" è il processo più economico per la produzione di vetture in grandi volumi.

I ben noti problemi della breve durata degli elettrodi e della conseguente povera qualità del punto possono essere superati con un'opportuna programmazione del controllo elettronico e con precise procedure di manutenzione dell'elettrodo. L'industria auto attualmente non ha confidenza con la puntatura dell'alluminio per grandi volumi e saranno necessari vari studi per superare questa situazione. La puntatura per attrito "A" consuma poca energia per ogni punto ed è un proceso attraente per applicazioni con giunti molto simili e in materali di basso spessore (come ad es. pannelli per chiusure). Se si potranno migliorare i lunghi tempi del processo con materiali di spessore elevato, la poca flessibilità delle pinze e il loro limite nell'unione di multistrati, questa tecnologia potrebbe diventare un processo largamente usato in futuro. La combinazione di un processo discreto di unione con un adesivo strutturale per creare giunti ibridi offre la possibilità di utilizzare le migliori caratteristiche di ciascun metodo di unone per compensare le deficienze dell'altro. Inevitabilmente, una struttura complessa come la scocca di un autoveicolo richiede parecchie tecnologie di unione e potrebbe sembrare appropriato impiegare parecchie, ciascuna altamente ottimizzata per specifiche applicazioni. Ma troppe

tecnologie usate per una singola operazione (l'assemblaggio) sarebbero proibitive per i costi di installazione e di manutenzione. Bilanciare correttamente i metodi di unione dipenderà da molti fattori e fra questi: il progetto del veicolo, i requisiti delle prestazioni, i volumi produttivi ipotizzati, i problemi economici e ambientali, la riparabilità e altri. Le caratteristiche principali dei 3 metodi discreti di unione analizzati n questo studio sono riassunti nella Tab. 2.

"R" Rivettatura Autoperforante

+ Offre le migliori proprietà meccaniche
+ Consente l'unione di materiali diversi
- Il costo dei rivetti può aumentare
– Le pinze hanno meno flessibilità

"P" Saldatura a Punti per Resistenza

+ Basso costo delle Pinze
+ Buona flessibilità e automazione delle pinze
– Consistenza dei punti da verificare
– Necessità di manutenzione degli elettrodi

"A" Saldatura a Punti per Attrito

+ Unisce materiali sottili
+ Bassi costi operativi
– Lunghi tempi di processo per materiali spessi
– Bassa flessibilità delle pinze

Tab. 2 – Riassunto delle caratteristiche positive e negative dei tre metodi di unione messi a confront in questo studio

ALTRI STUDI IN CORSO

E' in corso uno studio più ampio che confronta l'uso di nuove leghe di Al per l'industria Auto. La prossima fase di tale studio potrà includere test comparativi di fatica che verranno condotti senza adesivi cotti, in quanto la loro aggiunta maschererebbe le proprietà della resistenza a fatica dei giunti discreti.

Si stanno anche analizzando I vantaggi di poter regolare la forza sugli elettrodi nelle servopinze di puntatura mentre ha luogo la saldatura. Potrà anche essere impiegata una macchina di test ad alto rapporto di deformazione per eseguire prove comparative sull'assobimento di enegia che simuleranno le condizioni di crash.

RINGRAZIAMENTI

Vogliamo rtingraziare le seguenti aziende per il loro supporto nel programma di ricerca Advanced Body Joining: Advantage West Midlands, Bosch Rexroth, Henrob, Kawasaki Heavy Industries, Matuschek e Novelis Technology AG.

BIBLIOGRAFIA

1. Boomer, D.R., Hunter, J.A. and Castle, D.J., "A New Approach for Robust High-Productivity Resistance Spot Welding of Aluminium", SAE Technical Paper 2003-01-0575, 2003.
2. Williams, N.T. and Parker, J.D., "Review of Resistance Spot Welding of Steel Sheets: Part 2, Factors Influencing Electrode Life", International Materials Reviews, Vol. 49(2), pp 77-108, 2004.
3. Scamans, G.M., "Aluminium Vehicle Structures: Myths and Realities", Light Metal Surface Science Annual Conference, Trondheim, June 2005.
4. Selwood, P.G., Law, F.J., Sheasby, P.G. and Wheeler, M.J., "The Evaluation of an Adhesively Bonded Aluminum Structure in an Austin-Rover Metro Vehicle", SAE Technical Paper 870149, 1987.
5. Maddison, A., Sheasby, P.G. and Davies, N.C., "A Method of Fabricating Structures from Aluminium Sheet and Structures Comprising Aluminium Components", UK Patent 2167,443A, 1986.
6. Maddison, A., Wilson, I. and Sheasby, P.G., "Structural Adhesive Bonds: Environmental Effects", Automotive Engineer, pp 67-69, 1997.
7. Cornille Jr., H.J., Weishaar, J.C. and Young, C.S., "The P2000 Body Structure", SAE Technical Paper 982405, 1998.
8. Ellis, M. and Tautscher, A., "Aluminium Material & Process Selection within the Jaguar XJ BIW", 5th Materials for Lean Weight Vehicles Conference, Warwick, UK, November 2003.
9. Mortimer, J., "Jaguar uses X350 car to pioneer use of self-piercing rivets", Industrial Robot, Vol. 28(3), pp 192-198, 2001.
10. "Lightweight construction: Space frames for small and large series", Aluminium, Vol. 81(3), pp 148-153, 2005.
11. Stanley, Popplewell and Francis, "Method and Means for Spot-welding of Aluminium and Aluminium Alloys", UK Patent 481,165, 1938.
12. Barnes, T.A., "Joining Techniques for Aluminium Spaceframes Used in Automobiles: Part I - Solid and Liquid Phase Welding", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 99, pp 62-71, 2000.
13. Barthelemy, P., "Servo Weld Gun - Present and Future", AWS Sheet Metal Welding Conference XI, Paper 3-7, Detroit, May 2004.
14. Newton, C.J., Browne, D.J., Thornton, M.C. and Boomer, D.R., "The Fundamentals of Resistance Spot Welding Aluminium", AWS Sheet Metal Welding Conference VI, Paper E2, Detroit, October 1994.
15. Weber, A., "A New Look at an Old Technology", Assembly Magazine, http://www.assemblymag.com/ Issue: 6 Jan 2004.
16. Han, L., Chen, Y.K., Chrysanthou, A. and O'Sullivan, J.M, "Self-Pierce Riveting – A New Way for Joining Structures", Proceedings of 2002 ASME Pressure Vessels and Piping Conference, 446(2), pp 123-127, 2002.
17. Bampton, C.C. and Wooten, J.R, "Method for producing High Strength Rivets from Cryomilled Aluminum Alloys", Patent Application WO 2004/067207-A1, August 2004.
18. Krause, A, "A Comparative Study of the Fatigue Behaviour of Spot Welded and Mechanically Fastened Aluminium Joints", SAE Technical Paper 950710, 1995.
19. Kallee, S.W. and Mistry, A., "Friction Stir Welding in the Automotive Body-in-White Production", 1st International Symposium on Friction Stir Welding, California, June 1999.
20. Blundell, N.,and Han, L. "A Comparative Study between Self-Pierce Riveting and Spot Friction Joining", JSAE Annual Congress, 2005
21. Sakano, R., "Development of Spot FSW Robot System for Automotive Body Members", Proceedings of the 3rd International Symposium on FSW, Kobe, Japan, 2001.
22. Arul, S. G., Pan. T., Lin, P., Pan, J., Feng, Z., "Microstructures and Failure Mechanisms of Spot Friction Welds in Lap Shear Specimens of Aluminium 6111-T4 Sheets", SAE Technical Paper 2004-01-1330, 2004.
23. Lin, P., Pan, J. and Pan, T., "Investigation of Fatigue Lives of Spot Friction Welds in Lap Shear Specimens of Aluminium 6111-T4 Sheets Based on Fracture Mechanics", SAE Technical Paper 2005-01-1250, 2005.
24. Mazda press release, "Mazda Develops World's First Steel and Aluminum Joining Technology Using Friction Heat", http://www.mazda.com/publicity/ 2 June 2005.
25. Okamoto, K. et al., "Development of Friction Stir Welding Technology and Machine for Aluminum Metal Assembly", SAE Technical Paper 2005-01-

ALESSIO - Specialisti in Rivettatura AUTOPERFORANTE -Tel 348 998 16 53 Fax 0142 85602 E-mail: ataless@tin.it www.alessiorivettatura.it

1254, 2005.
26. Chang, B.H., Shi, Y.W. and Dong, S.J., “A Study of the Role of Adhesives in Weld-Bonded Joints”, Welding Research Supplement, AWS, Vol. 78(8), pp 275-279, August 1999.
27. Briskham, P., “Cyclic Stress Durability Testing of Lap-Shear Joints Exposed to Hot-Wet Conditions”, International Journal of Adhesion and Adhesives, Vol. 20, pp 33-38, 2000.
28. Sheasby, P.G., Gao, Y. and Wilson, I., “The Robustness of Weld-Bonding Technology in Aluminium Vehicle Manufacturing”, SAE Technical Paper 960165, 1996. 29. Hetrick, E., Jahn, R., Reatherford, L., Skogsmo, J., Ward, S., Wilkosz, D., Devine, J., Graff, K. and Gehrin, R., “Ultrasonic Spot Welding: A New Tool for Aluminium Joining”, Welding Journal, AWS, Vol 84(2), pp 26-30, 2005.
30. Singh, S., Hahn, O. and Zhang, G., “Selecting the Optimum Joining Technology – Assessment and Evaluation of Relevant Criteria”, IIW Doc III-1186-01.
31. Alcan Automotive, “AA6111 Product Data Sheet”, October 2001.
32. Hou, W., Mangialardi, E. and Hu, J., “Characterization for Quality Monitoring of a Self-Piercing Riveting Process”, AWS Sheet Metal Welding Conference XI, Paper 8-3, Detroit, May 2004.
33. Osman, K.A., Hao, M., Newton, C.J., Boomer, D.R., Thornton, M.C., Higginson, A.M., Sheasby, P.G., and Kelly, H.R., “Monitoring of Spot-Weld Quality in Aluminium Structures: A Comprehensive Approach”, 6th EAEC conference, Paper 97A2III19, pp 685-693, Cernobbio, Italy, July 1997.
34. Sutter, J., “In-Process Ultrasonic Weld Inspection and Adaptive Control”, AWS Sheet Metal Welding Conference XI, Paper 8-6, Detroit, May 2004.
35. US Military Specification, “Welding, Resistance: Spot and Seam”, MIL-W-6858D, 28 March 1978
36. Hawkings, R. and Rabinovich, S., “Progress in Ultrasonic Inspection of Resistance Spot Welding”, AWS Sheet Metal Welding Conference XI, Paper 8-5, Detroit, May 2004.
37. Spinella, D.J., Brockenbrough, J.R., Fridy, J.M., “Trends in Aluminum Resistance Spot Welding for the Automotive Industry”, Welding Journal, AWS, Vol. 84(1), pp 34-40, Jan 2005.
38. Li, W., Feng, E., Cerjanec, D. and Grzadzinski, G.A., “Energy Consumption in AC and MFDC Resistance Spot Welding”, AWS Sheet Metal Welding Conference XI, Paper 3-4, Detroit, May 2004.
CONTACTS

Paul Briskham Tel. +44 (0)7771 862850 Email: paul.briskham@warwick.ac.uk Richard Hewitt Tel. +44 (0)2476 575358 Email: richard.hewitt@warwick.ac.uk Douglas Boomer Tel. +44 (0)1295 702804 Email: douglas.boomer@innovaltec.co

Attilio Alessio

PRESENTATA UNA NOVITÀ ASSOLUTA NEI PERNI DA FISSARE SU LAMIERE PER SCOPI DI MESSA A TERRA, FISSAGGIO, RIFERIMENTO O ARRESTO.

I PERNI AUTOPERFORANTI

I perni autoperforanti sono la naturale evoluzione dei rivetti autoperforanti. Vediamo di seguito i vantaggi di questa metodologia di assemblaggio e le tecnologie al suo supporto.

DIFFERENZE TRA RIVETTI E PERNI AUTOPERFORANTI

Il rivetto autoperforante viene usato in genere per unire più lamiere mentre il perno è invece più usato per inserirsi in genere a una sola lamiera anche se puó unire più lamiere, come i rivetti.

I rivetti in genere hanno un gambo da 3 a 5 mm mentre i perni ne hanno uno da 5 e 6 mm. I rivetti hanno lo scopo di unire lamiere; i perni quello di collegare vari componenti con la lamiera.

Nei rivetti viene spesso richiesto che la testa non sporga dalla prima lamiera. Nei perni invece la testa è dotata di un gambo che puó essere lungo anche 25 mm per scopi di messa a terra, fissaggio di componenti o riferimenti.

METODO DI APPLICAZIONE

A differenza dei perni saldati a scarica capacitiva, che possono essere sparati da un solo lato della lamiera, le pinze che applicano i perni autoperforanti devono avere accesso alla lamiera da entrambi i lati.

Gli applicatori dei perni autoperforanti sono cilindri idraulici ad alta pressione e a doppio effetto dotati di un sistema di singolarizzazione che presenta al punzone un solo perno per volta nella posizione dovuta.

GRANDI SUPERFICI PIANE

Per l'applicazione dei perni autoperforanti su grandi superfici piane, è possibile realizzare macchine speciali con più applicatori sistemati sulla struttura di una macchina multipla, oppure sono possibili soluzioni robotizzate. A questo proposito la società Henrob, inventrice dei perni, ha sviluppato pinze ultraleggere di grande sbraccio che possono applicare i perni, per esempio, su pavimenti di auto e su grandi strutture di vagoni ferroviari.

IL PROBLEMA DEI GRANDI SBRACCI

Com'è noto, l'applicazione dei perni autoperforanti richiede forze che sono da 10 a 20 volte quelle in gioco nella saldatura a resistenza (cioè invece di 200-500 kg oc-

VANTAGGI DEI PERNI RISPETTO ALLA SALDATURA A SCARICA CAPACITIVA

- Notevole miglioramento della resistenza a trazione, a taglio e allo sbottonamento del perno;
- zero difetti sulla tenuta;
- certezza della ripetibilità del giunto;
- certezza della resistenza, garantita dalla sezione stessa del perno;
- trattamento termico certificato: il perno è bonificato e sono possibili 7 livelli di durezza;
- il perno è dotato della protezione superficiale del tipo voluto dal cliente;
- è un processo meccanico ad alta pressione invece che elettrotermico come la saldatura;
- è ad alto rendimento a differenza della saldatura dove, come tutti i processi termici, molta parte dell'energia si disperde in calore;
- la protezione superficiale del componente su cui si fissa il perno resta intatta;
- si ritorna a una tecnologia pulita, silenziosa ed ecologica;
- il giunto è stagno;
- i perni autoperforanti possono venire usati anche con lamiere preverniciate;

APPLICAZIONE IN AMBITO AUTOMOTIVE
Esempio di una scocca di autovettura assemblata con rivetti e perni autoperforanti. Il pavimento è dotato di decine di perni autoperforanti invece di quelli tradizionali saldati a scarica capacitiva.

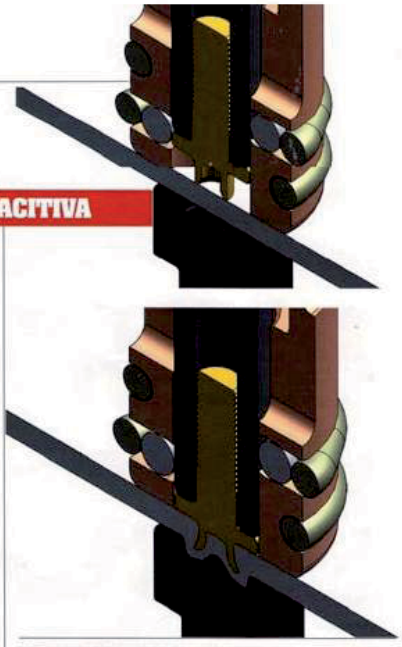
corre applicare 3.000-5.000 kg). Con queste forze sorge il problema del peso delle pinze derivante dalla struttura che devono avere: infatti una struttura a "C" ricavata dal pieno con uno sbraccio (ad es.) di 1000 mm e in grado di esercitare forze di 5.000 kg ha facilmente un peso superiore ai 250 kg. Ma non è tanto un problema per il robot, in quanto oggi esistono sul mercato robot con payload >350 kg, quando un problema di energia.
Cioè, il fatto di dover spostare continuamente una massa così grande per inserire un perno o un rivetto autoperforante a ogni punto, comporta a fine giornata un costo in kWh che può mettere in crisi il bilancio economico del processo di rivettatura rispetto ad altri processi.

TRASFORMAZIONE DELLA FLESSIONE IN UN MOVIMENTO RETTILINEO

Henrob ha realizzato profondi studi su queste nuove strutture ultraleggere, in collaborazione con prestigiosi Istituti Politecnici europei, calibrandole per una DETERMINATA GAMMA DI FORZE e trasformando la naturale deformazione per FLESSIONE in un MOVIMENTO VERTICALE secondo una retta, perfettamente rispondente al modello di moto necessario per il processo d'inserimento di elementi autoperforanti, siano essi rivetti che perni. Ciò ha consentito di realizzare, per esempio per i pianali delle autovetture o per i vagoni ferroviari o i treni, la rivettatura di perni autoperforanti con pinze di sbraccio superiore a 1.000 mm.

TIPI DI PERNI AUTOPERFORANTI

Le possibili configurazioni dei perni autoperforanti non si limitano a perni con gambi filettati. Con la tecnologia Henrob si possono realizzare facilmente modifiche alle esecuzioni standard per adattarle alle varie esigenze dei clienti, dall'inserimento a pressione di tubi flessibili sui gambi seghettati a varie esecuzioni speciali per esempio con snodi sferici. Tutti i perni possono essere inseriti in lamiere singole con spessori da 1,5 a 4mm e con una stessa matrice (sull'alluminio). Henrob costruisce perni standard da M5 e M6 ma non costruisce perni da M8 in quanto quelli da M6 resistono più di quelli saldati da M8 e li sostituiscono naturalmente anche con vari accorgimenti di adattamento. Per esempio,

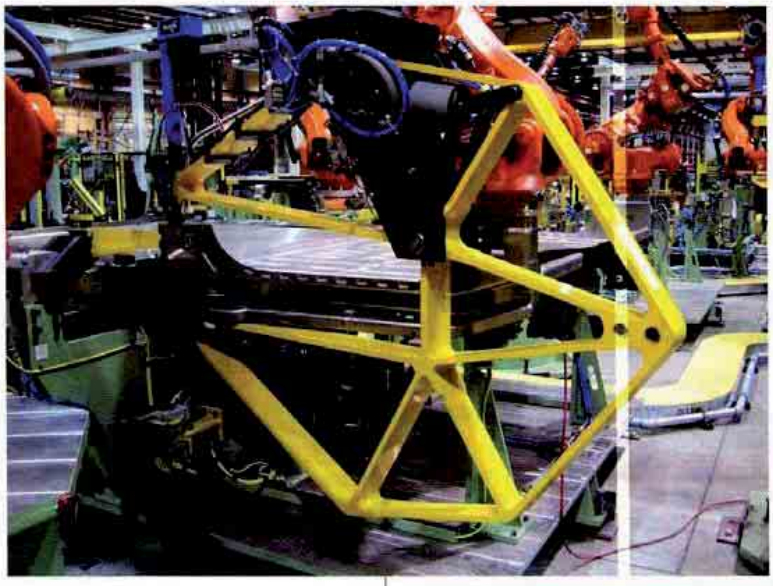


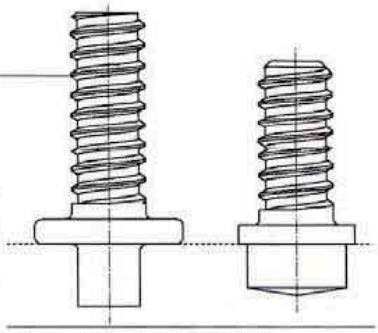
INSERIMENTO NELLA LAMIERA
La sezione di sinistra mostra un perno autoperforante da M6 un istante prima dell'inserimento nella lamiera. La sezione di destra mostra il perno inserito nella lamiera dove ha creato la bugna, contenuta nella matrice che le ha conferito la forma.

quando il perno deve collegarsi a un cavo con un occhiello da 8mm e il gambo del rivetto autoperforante da M6 è troppo piccolo, Henrob propone un dado dotato di un filetto da M6 e di un profilo esterno con la forma tipica di quello da M8 che si accoppia perfettamente con la flangia standard diam. 12mm e sostituisce in tutto e per tutto un perno saldato da M8. Per i perni autoperforanti, Henrob offre tutta una gamma di rivestimenti protettivi superficiali ma raccomanda la nichelatura-zincatura elettrolitica come trattamento preferenziale in quanto offre un'ottima resistenza alla corrosione e una facile avvitatura dei dadi.

APPLICAZIONI

I perni autoperforanti sono potenzialmente applicabili in moltissimi prodotti. L'industria auto li usa come perni di messa a terra, come punti di ancoraggio, come riferimenti o come fissaggio delle staffette dei tubi idraulici per i freni. Nelle porte, i perni autoperforanti sono anche impiegati come spine per gli alzacristalli. Le auto Aston Martin AMV8 e DB9 impiegano oltre 2.000.000 di perni autoperforanti all'an-





IMPIANTO PER L'INSTALLAZIONE
Grande pinza ultraleggera al lavoro su un pavimento di auto.

PERNI A CONFRONTO
Perno M6 autoperforante (a sinistra) e perno saldato (a destra).

ERRORE DI FISSAGGIO
Perno inserito con parametri scorretti.

no. Alla Jaguar XK8 DOE sono state completate con successo le prove per l'omologazione e l'introduzione in produzione dei perni Henrob. Le prove sono state eseguite inserendo 50.000 perni con una pinza-robot stressata con orientamenti estremi . Altri gruppi Auto europei e americani applicano ormai i perni autoperforanti Henrob su ogni parte del veicolo.

MACCHINE PER L'APPLICAZIONE DEI PERNI

I perni autoperforanti vengono in genere sparati pneumaticamente da un vibratore in un tubo che alimenta una macchina fissa, una pinza manuale o robotizzata o vari elementi rivettanti sistemati su macchine automatiche progettate per una certa tipologia di componenti.

I grandi sottogruppi AUTO, come cofani, porte, bauli e addirittura pianali o pavimenti di un'autovettura, dopo l'assemblaggio possono essere movimentati da robot manipolatori sotto presse di rivettatura che inseriscono i perni o i rivetti autoperforanti nelle zone volute. La grande pressa ha uno sbraccio di 2500 mm e inserisce i perni o rivetti con una forza di 5.000 kg. ■

IN BREVE

1) I perni possono essere filettati o lisci
2) Sono già stati adottati dall'industria auto (Aston Martin, ecc.)
3) Sono ora sul mercato in due misure (M5 e M6)con lunghezze da 10 a 25 mm.
4) Possono essere usati su lamiere singole o multiple
5) Possono essere applicati su acciaio, alluminio e altri metalli in lamiere o estrusi
6) Con una stessa matrice si possono applicare perni su lamiere di Al di spessori da 1 a oltre 3 mm senza variare i parametri del processo
7) Su questi spessori i perni autoperforanti da M6 resistono a coppie > 20 Nm
8) Garantiscono un'elevata continuità elettrica (un perno da M6 ha una resistenza elettrica <100 μΩ su una lamiera di Al NG5754 da 2,5mm)
9) Viene assicurata un'Assoluta Perpendicolarità dei perni alla lamiera (senza inclinazioni o distorsioni)
10) È possibile ridurre la quantità di tipi di perni presenti in un lamierato perché a es. un perno autoperforante da M6 resiste come un perno saldato da M8
11) Consentono la max. ripetibilità della giunzione, in quanto è la sezione stessa del perno che la garantisce. I perni sono controllati al 100%, più volte, in diverse stazioni e con metodi diversi..
12) Perni inseriti su spessori diversi (in una gamma predefinita) usano la stessa matrice
13) Sono insensibili a piccole variazioni nelle caratteristiche e nelle dimensioni dei materiali
14) Vengono inseriti rapidamente, con un tempo ciclo totale massimo di 3-4 sec
15) La bugna che si forma dal lato matrice ha un Φ di 9 mm e una profondità di soli 1,5 MM, cosa che consente un ottimo accostamento della maggior parte dei pannelli
16) I perni autoperforanti resistono a coppie molto elevate: un perno da M6 resiste il doppio di un perno da M8 saldato
17) Vengono inseriti con un processo senza scintille o fumi, e non rovinano la protezione di Zn, Al o Sn.
18) E il processo è pulito, silenzioso, meccanico, ecologico ed economico.

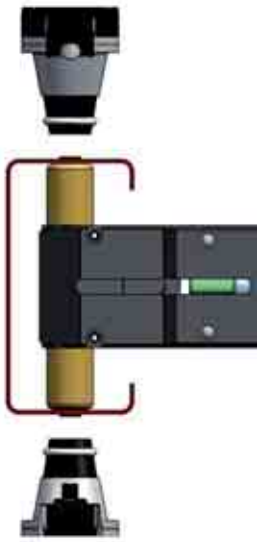
Pinze a “E” per la doppia rivettatura di profili a “C”

Per "rivetta tura" non viene intesa la rivettatura tradizionale ma quella autoperforante, cioè quella tecnologia di nicchia che sta prendendo sempre più piede e che inserisce ad alta pressione nelle lamiere da unire un rivetto temprato. Il rivetto costituisce esso stesso il giunto ad alta resistenza che realizza l'unione delle lamiere e offre anche un buon valore estetico. L'assemblaggio di profilati a "C" comporta il rovesciamento, nel corso di ogni ciclo, della pinza di rivettatura. **Henrob** ha realizzato una pinza doppia a "E" che durante il ciclo può sempre mantenere lo stesso orientamento. Le pinze a «E» sono pinze dotate di 2 elementi rivettanti e sono state progettate per applicare 2 rivetti per volta su due piani paralleli. Gli elementi rivettanti sono perfettamente standard, sono componibili per realizzare macchine speciali.

Pinze manuali e automatiche
Le pinze manuali possono essere dotate di un sistema girevole di sospensione che consente di ruotarle liberamente a 360°. Le matrici si autocentrano all’interno della struttura a “C” da rivettare e si espandono alla quota esatta predefinita e variabile.

Alcuni vantaggi rispetto alla saldatura a punti

Miglioramento della resistenza della giunzione sia a trazione, che a taglio e a sbottonamento
Zero difetti nella tenuta
Certezza della ripetibilità del giunto
Certezza della resistenza, garantita dalla sezione stessa del rivetto
Trattamento termico certificato: il rivetto è bonificato e sono possibili 7 livelli di durezze
Protezione superficiale del tipo voluto dal cliente: zincatura, alluminatura, brunitura, cromatura, verniciatura, ecc.
Non esistono vapori di zinco, di stagno o fumi di oli da estrarre. Non esistono acque di raffreddamento da trattare o refrigeratori a circuito chiuso da accoppiare alle macchine
Anche esticamente i rivetti danno l'impressione di una maggior rubustezza dell'assemblaggio
La rivettatura autoperforante puó venire utilizzata anche con lamiere preverniciate e in quel caso i rivetto sono del colore della lamiera di base. Il consumo d'energia elettrica è molto basso e non comporta spunti



Per informazioni: Tel.348.9981653

1 - La parte centrale della pinza è dotata di un sistema automatico di espansione (regolabile) che consente alle due matrici di assumere distanze diverse.
2 - Pinza a "E" manuale al lavoro su intelaiature.

DICEMBRE 2010
www.lamieranews.it