

Saldatura a ultrasuoni per l'utilizzo di sbarre collettrici per autoveicoli nella distribuzione ad alta tensione

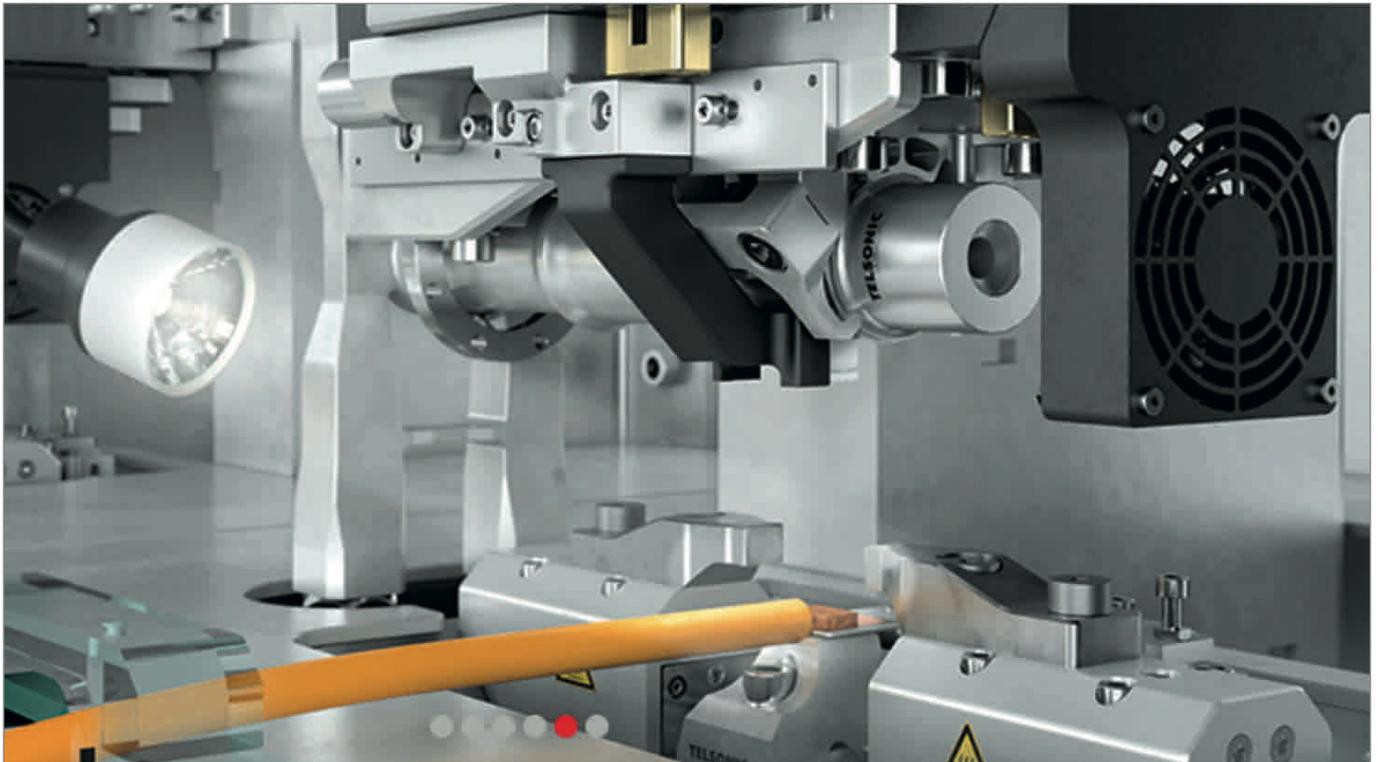
SALDATURA PLASTICA

SALDATURA METALLI

TAGLIO

PULIZIA

VAGLIATURA



Bronschhofen (CH), 06/2023

Sebbene la tecnologia alla base dei veicoli elettrici (EV) esista da tempo, l'ultimo decennio ha visto un aumento significativo della vendita di veicoli elettrici e di veicoli elettrici ibridi (HEV) come veicoli a motore privati. Grazie ai vantaggi che offrono, i veicoli elettrici sono visti da molti come il futuro dell'industria automobilistica. Con la crescita del mercato dei veicoli elettrici e ibridi, i produttori si orienteranno verso i progressi della tecnologia per migliorare l'efficienza, la potenza e le capacità di questi veicoli, inoltre la saldatura a ultrasuoni svolgerà un ruolo importante in questi progressi tecnologici. Dalla fine degli anni '80, l'industria automobilistica per la produzione dei fasci di cavi è stata la più grande utilizzatrice della saldatura a ultrasuoni, soprattutto per quanto riguarda la giunzione dei cavi. Tuttavia, le nuove applicazioni della tecnologia sono utilizzate come parte dei processi futuri che, in ultima analisi, forniranno alle case automobilistiche soluzioni a molte delle attuali carenze relative alla tecnologia relativa dei veicoli elettrici.

L'attuale panorama della produzione di veicoli elettrici

Nei veicoli elettrici si utilizzano grandi banchi di celle di batteria combinati in pacchi sigillati per ottenere la tensione e la corrente di funzionamento necessarie per alimentare il motore elettrico del veicolo. Attualmente, le due preoccupazioni principali nel settore dei veicoli elettrici e ibridi sono l'accumulo di energia e l'autonomia di guida. I produttori di apparecchiature originali (OEM) stanno affrontando questi problemi in due modi: creando batterie più grandi che consentono una maggiore autonomia e creando batterie più potenti che consentono una ricarica più rapida. Entrambi gli approcci presentano delle sfide. Sì, le batterie possono essere realizzate più grandi, ma possono arrivare solo a una certa dimensione altrimenti diventano troppo costose e pesanti per essere una soluzione praticabile.

Il cablaggio tradizionale non è il primo posto in cui normalmente si cerca l'innovazione per i veicoli elettrici, tuttavia i recenti progressi stanno avendo un impatto significativo sulla storia degli stessi, in quanto stanno fornendo agli OEM due cose di cui hanno disperatamente bisogno nelle loro architetture: meno massa e più spazio. Un modo per creare spazio e ridurre la massa è passare dal cablaggio rotondo ai conduttori piatti. Qui entrano in gioco le sbarre collettrici.

Cosa sono le sbarre collettrici elettriche?

Derivate dalla parola latina "omnibus", che si traduce in "per tutti" (come in "tutte le correnti in un particolare sistema"), le sbarre collettrici sono conduttori appiattiti che stanno diventando parte integrante dell'architettura dei veicoli elettrici. Le sbarre collettrici solitamente vengono alloggiare all'interno di quadri elettrici, quadri e cabine di distribuzione per la distribuzione locale di energia ad alta corrente. Vengono utilizzate anche per collegare le apparecchiature ad alta tensione nei cantieri elettrici e le apparecchiature a bassa tensione nei banchi di batterie. Una sbarra collettrice è una striscia o barra metallica di rame, ottone o alluminio che garantisce la messa a terra e la conduzione dell'elettricità. Le sbarre collettrici elettriche possono essere rivestite con vari materiali, come il rame, per fornire diversi limiti e variazioni di conduttività. Le sbarre collettrici sono disponibili in diverse forme e dimensioni che determinano la quantità massima di corrente elettrica che un conduttore può trasportare prima di deteriorarsi.

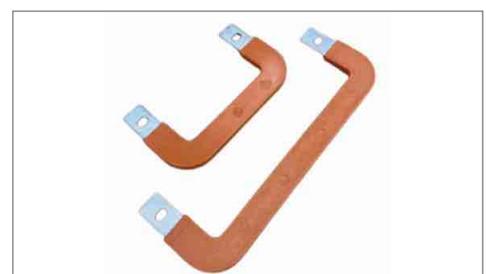
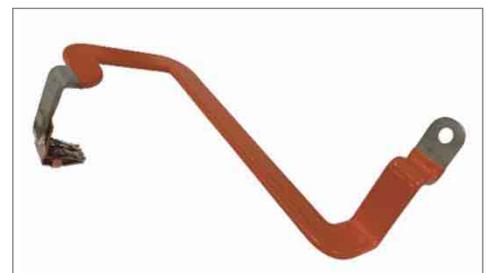
Oggi sono presenti fino a due dozzine di sbarre collettrici in un pacco batteria e tale numero è destinato ad aumentare man mano che i pacchi batteria diventano più grandi e/o più potenti, mentre lo spazio al loro interno rimane incredibilmente ridotto. La saldatura a ultrasuoni è il processo di giunzione preferito per le sbarre collettrici nelle applicazioni per i veicoli elettrici. Tuttavia, poiché la qualità di queste batterie dipende dalla loro capacità di caricarsi rapidamente, presto assisteremo a ulteriori innovazioni nel campo delle sbarre collettrici anche al di fuori del pacco batterie, al fine di instradare l'alta potenza dagli ingressi di ricarica alle batterie e verso altri motori e dispositivi ad alta potenza, aumentando la necessità di applicazioni di saldatura a ultrasuoni innovative.

Perché le aziende preferiscono le sbarre collettrici elettriche

In una prospettiva a lungo termine, si ritiene che le sbarre collettrici possano essere preferite ai cavi standard per una parte dei fasci di cavi nell'industria automobilistica. La crescente adozione di veicoli elettrici, l'economicità, la facilità di installazione e i bassi costi di riparazione e assistenza delle sbarre collettrici per autoveicoli, nonché lo sviluppo dell'infrastruttura di ricarica dei veicoli elettrici sono alcuni dei fattori chiave alla base della crescente domanda di sbarre collettrici per autoveicoli. Inoltre, si prevede che gli sviluppi tecnologici nella produzione e nell'infrastruttura di ricarica dei veicoli elettrici favoriranno il mercato globale delle sbarre collettrici per autoveicoli. Grazie a questi fattori, si prevede che il mercato genererà oltre 170 milioni di dollari nel 2030, con un CAGR del 24,6% tra 2021 e il 2030, secondo le ricerche di mercato.

I vantaggi dell'utilizzo delle sbarre collettrici:

- Costi delle strutture ridotti e installazione più rapida
- Possibilità di aggiungere, rimuovere o riposizionare l'alimentazione in modo facile e veloce, senza tempi di inattività
- Pronte per il futuro e altamente flessibili, in quanto alcune unità plug-in possono essere scollegate e ricollegate senza togliere l'alimentazione
- Non richiedono interventi di manutenzione ordinaria
- Più veloci e meno costose per l'espansione o la ristrutturazione
- Più rispettose dell'ambiente, in quanto spesso richiedono meno materiali di installazione e le prese plug-in sono riutilizzabili e facili da ricollocare
- Il conduttore piatto occupa meno spazio, con un'altezza inferiore del 70%
- Possono supportare fino al 15% di potenza in più rispetto a un cavo con la stessa sezione trasversale
- Meno peso e spazio di imballaggio, con una flessibilità di gran lunga migliore. Ad esempio, il cavo flessibile piatto in alluminio (FF-Al) da 160 mm² è una soluzione innovativa e alternativa al cavo rotondo in alluminio da 200 mm²
- Utilizzano dei bulloni per il fissaggio, che oggi è il processo più affidabile e meno costoso.
- Tuttavia ciò prevede l'utilizzo di parti aggiuntive (bulloni) e pertanto è necessario un valore di coppia specifico
- Dissipazione efficiente del calore - Più efficace dei cavi a trefoli
- Costruzioni multiple - Cu e Al, rigide alla flessione o flessibili, laminate. Si veda figura 1
- Non è richiesta la compatibilità elettromagnetica per la batteria interna
- Facilita l'automazione che migliora la sicurezza e la qualità



01 Esempi di varie sbarre collettrici - rigide alla flessione, flessibili, con design personalizzato

L'importanza dei materiali e delle dimensioni delle sbarre collettrici

Le sbarre collettrici sono solitamente realizzate in rame, ottone o alluminio resistenti alla corrosione, in tubi pieni o cavi. La forma e le dimensioni di una sbarra collettrice, che si tratti di strisce piatte, barre piene o tondini, consentono una dissipazione del calore più efficiente grazie all'elevato rapporto tra superficie e sezione trasversale.

Anche se il rame si ossida nel tempo, rimane conduttivo, ma questo spesso implica una maggiore potenza per condurre l'elettricità lungo la superficie. Sebbene non possa impedire completamente l'ossidazione per lunghi periodi, ne riduce drasticamente gli effetti. Il rivestimento della superficie delle sbarre collettrici contribuisce alla protezione dall'ossidazione.

I rivestimenti delle sbarre collettrici servono in genere a tre scopi principali:

- Per inibire la corrosione
- Incrementare la conduttività
- Per scopi cosmetici

Le sbarre collettrici laminate vengono utilizzate per evitare le correnti circolanti nei dispositivi di commutazione collegati in parallelo nei circuiti elettronici di potenza. Inoltre, grazie alle loro caratteristiche di bassa induttanza, trovano ampia applicazione della raccolta e nella distribuzione dell'energia solare ed eolica, oltre che nei veicoli elettrici. Un metodo più efficiente ed economico è quello di utilizzare un rivestimento epossidico isolante in polvere. Il rivestimento epossidico in polvere offre una resistenza dielettrica molto elevata e si lega direttamente al rame della sbarra collettrice, all'alluminio o alla placcatura in argento.

Le sbarre collettrici sono di dimensioni diverse, a seconda del loro uso specifico. Le dimensioni più comuni delle sbarre collettrici commerciali e industriali sono di 40–60 ampere, 100 ampere, 225 ampere, 250 ampere, 400 ampere, 800 ampere.

Le dimensioni attuali delle sbarre collettrici utilizzate nelle applicazioni automobilistiche sono pari a 35, 50 o 90 mm². Le sbarre collettrici sono disponibili sia in rame che in alluminio.

Le principali differenze considerate nella scelta del materiale sono le seguenti:

- Resistenza alla trazione
- Amperaggio della corrente
- Resistenza
- Peso
- Costo

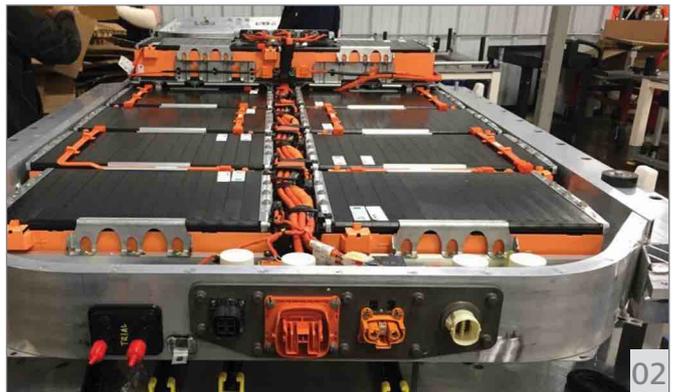
Le sbarre collettrici in alluminio sono meno costose e funzionano bene in condizioni di elevata umidità. Tuttavia, l'alluminio presenta una capacità di corrente inferiore e una resistività superiore rispetto al rame. Il rame offre caratteristiche termiche superiori rispetto all'alluminio.

I produttori di sbarre collettrici hanno la possibilità di esaminare i requisiti minimi di una sbarra destinata all'uso in un'applicazione di distribuzione di energia per veicoli elettrici e ibridi o di altro tipo, specificando i compromessi tra i costi e le scelte dei materiali e le prestazioni. Ovviamente, per le applicazioni di distribuzione di energia per veicoli elettrici e ibridi, la sicurezza del conducente è un'ulteriore preoccupazione e la selezione del materiale delle sbarre collettrici deve essere effettuata con l'intento di ottenere la massima affidabilità possibile, non solo per soddisfare i requisiti di garanzia del veicolo, ma anche per la sicurezza del conducente e dei passeggeri.

Il calcolo delle dimensioni del conduttore è particolarmente importante per le proprietà elettriche e meccaniche di una sbarra collettrice.

I requisiti di trasporto della corrente elettrica determinano la larghezza e lo spessore minimo dei conduttori. Le considerazioni meccaniche includono la rigidità, i fori di montaggio, i collegamenti e altri elementi del sottosistema. La larghezza del conduttore deve essere almeno tre volte lo spessore del conduttore. L'aggiunta di linguette e fori di montaggio modifica la sezione trasversale del conduttore, creando potenziali punti caldi sulla sbarra. La corrente massima per ogni linguetta o terminazione deve essere presa in considerazione per evitare punti caldi.

Un'altra differenza fondamentale da considerare è quella tra le sbarre collettrici solide e quelle flessibili. Per le applicazioni automobilistiche all'interno della batteria dei veicoli elettrici, si utilizzano sbarre collettrici solide (si veda figura 2).



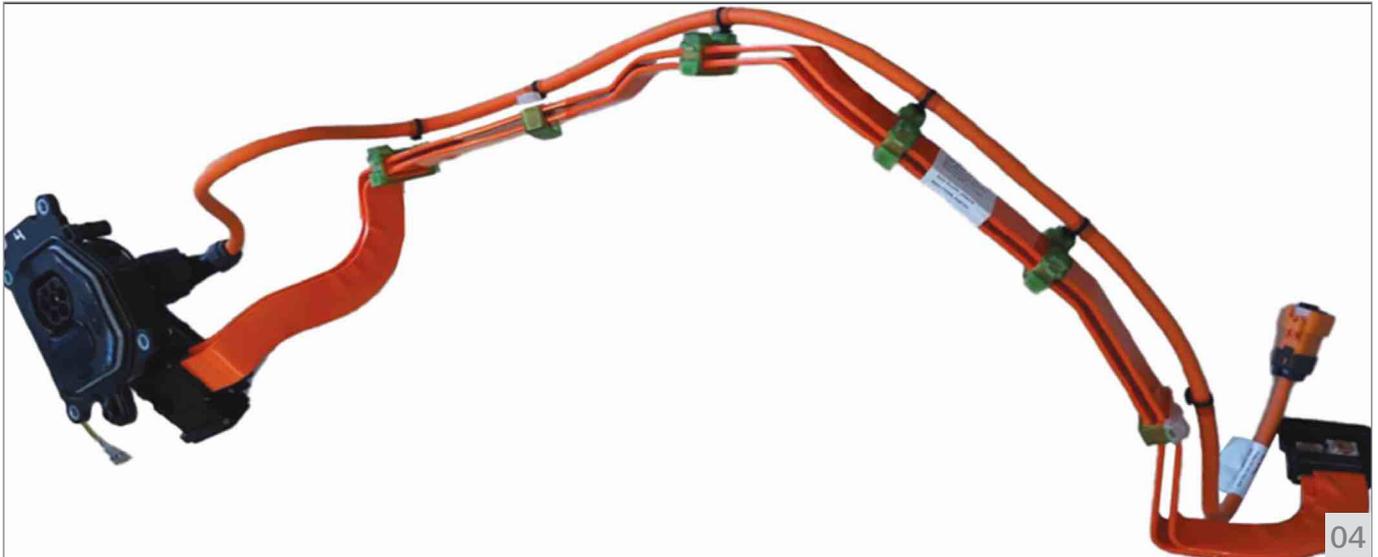
02 Interno del pacco batteria di un veicolo elettrico (presentazione del Congresso APTIVE_NA)

Sbarre colletttrici solide e flessibili

Le sbarre colletttrici flessibili vengono utilizzate in sezioni brevi quando è necessario spostare un'area particolare per il montaggio o l'applicazione. Viene utilizzato come "ponticello" elettrico. Esempi di sbarre colletttrici flessibili sono mostrati nella figura 3. Le sbarre colletttrici flessibili presentano diversi strati sottili di rame o alluminio, progettati per distribuire in modo efficiente l'energia in un sistema CA o CC. Nelle aree di assemblaggio viene saldata una pila di fogli di rame che rende le estremità rigide per i collegamenti, mentre il centro rimane flessibile. Esempi di applicazioni in cui è necessaria una sbarra colletttrice flessibile sono i seguenti:

- Veicoli elettrici, ibridi e a celle a combustibile
- Quadri e trasformatori nel settore energetico e offshore
- Applicazioni dei generatori di potenza nell'industria nautica
- Trasformatori e stazioni di ricarica
- Quadri e sottostazioni nelle applicazioni ferroviarie, negli impianti chimici e nella distribuzione ad alta tensione
- Collegamento elettrico per i generatori
- Collegamenti elettrici nei quadri elettrici





04 Cablaggio di ingresso con sbarre collettrici
(Presentazione del Congresso APTIVE_NA)

Applicazione futura delle sbarre collettrici per autoveicoli

L'innovazione delle sbarre collettrici al di fuori del pacco batteria sarà di grande interesse per il futuro, in quanto permette di instradare l'alta potenza dagli ingressi di ricarica alle batterie e verso altri motori e dispositivi ad alta potenza (si veda figura 4). L'interesse per le sbarre collettrici è in aumento da parte di tutti gli OEM e dei fornitori Tier 1, soprattutto per quanto riguarda le applicazioni ad alta tensione.

Oggi un pacco batteria possiede circa 15-20 sbarre collettrici. Per l'esterno del pacco, è necessario un processo di schermatura mediante automazione che attualmente non esiste. Al momento l'attenzione si concentra sul pacco batteria. Man mano che le innovazioni future aumenteranno l'utilizzo delle sbarre collettrici al di fuori del pacco batteria, queste nuove applicazioni creeranno opportunità significative per la saldatura a ultrasuoni, volte ad aumentare la qualità complessiva del futuro design di giunzione nell'architettura delle sbarre collettrici. La saldatura a ultrasuoni, in particolare la tecnologia di saldatura torsionale, consente la saldatura di dimensioni maggiori, un'oscillazione delicata e la possibilità di unire aree più difficili da raggiungere. Tali capacità consentiranno ulteriori implementazioni delle sbarre collettrici al di fuori dei pacchi batteria dei veicoli elettrici, man mano che il settore progredirà. La figura 5 fornisce alcuni esempi di come la saldatura a ultrasuoni possa essere implementata nelle future applicazioni con veicoli elettrici.

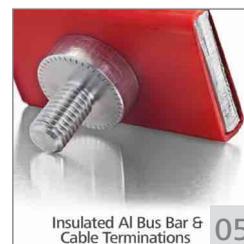
Aziende come Tesla, BMW e Ford stanno promuovendo l'adozione delle sbarre collettrici al di fuori del pacco batteria. Recentemente, l'azienda tecnologica globale APTIV ha acquisito l'azienda italiana Intercable per circa 600 milioni di dollari, per perseguire in modo mirato l'utilizzo delle sbarre collettrici per la distribuzione di alta potenza al di fuori del pacco batteria. BMW è tra i primi tre clienti che mostrano un forte interesse a perseguire questo nuovo metodo di distribuzione elettrica. Poi ci sono altre aziende in America e in Europa che stanno lavorando sulle sbarre collettrici con schermatura.



Welding of 3D Terminal to Bus Bar



Mounting Solution for Electronic Components



Insulated Al Bus Bar & Cable Terminations 05

05 Le future implementazioni della saldatura a ultrasuoni per le sbarre collettrici nelle applicazioni con veicoli elettrici

Sfide per le applicazioni al di fuori del pacco batteria

- Le sbarre collettrici al di fuori del pacco batteria necessitano di una schermatura che attualmente non è disponibile – I pacchi batteria presentano un involucro sigillato e schermato per le interferenze elettromagnetiche
- Il problema sussiste quando le sbarre collettrici devono essere piegate in prossimità – possono risultare troppo rigide o essere danneggiate in corrispondenza dell'angolo piegato
- Il processo di imbullonatura richiede parti aggiunte e un valore di coppia specifico. Le sbarre collettrici con i fori per i bulloni possono essere sostituite per le applicazioni con sbarre al di fuori del pacco batteria
- Le sbarre in collettrici alluminio richiedono una placcatura per i fori dei bulloni a causa della corrosione
- Terminazione dei connettori alla sbarra collettrice solida per facilitare l'automazione
- L'automazione non è ancora completamente possibile a causa della schermatura
- Potrebbero essere necessari nuovi standard e convalide per la saldatura e l'assemblaggio

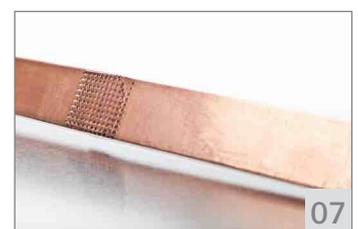
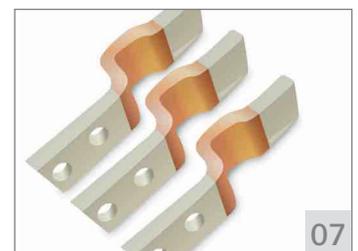
Applicazioni attuali delle sbarre collettrici per la saldatura a ultrasuoni

La tecnologia di saldatura a ultrasuoni è un processo di giunzione collaudato, che è sempre più specificata dalle case automobilistiche per l'uso nei veicoli elettrici per i collegamenti tra cavi e terminali, le sbarre collettrici, la produzione di batterie e l'elettronica di potenza. La saldatura lineare è la tecnica più tradizionale e conosciuta, utilizzata da tutti i produttori di apparecchiature come processo standard per la giunzione dei cavi. Tuttavia, come molti altri processi di giunzione, la saldatura lineare presenta limitazioni in termini di dimensioni, difficoltà di saldatura in aree più piccole e in determinate forme geometriche, problemi di orientamento della saldatura ed effetti delle oscillazioni sui componenti periferici. La tecnologia torsionale SONIQTWIST® e PowerWheel® di Telsonic hanno realizzato soluzioni innovative per le applicazioni di giunzione nei veicoli elettrici che prima erano impossibili. Queste tecniche innovative consentono molti design di giunzione in relazione alle applicazioni con sbarre collettrici che sarebbero impossibili con la saldatura lineare. Esistono già applicazioni con sbarre collettrici più piccole che attualmente utilizzano la saldatura a ultrasuoni per la giunzione. La saldatura a ultrasuoni è il processo di giunzione preferito per molte sbarre collettrici, come le sbarre piatte flessibili fino a 160mm².

In futuro, ci saranno molte nuove applicazioni che utilizzeranno la saldatura a ultrasuoni nell'implementazione delle sbarre collettrici per i fasci di cavi. Di seguito vengono descritti alcuni degli usi esistenti della saldatura a ultrasuoni nell'applicazione delle sbarre collettrici.

1. Solidificazione delle sbarre collettrici flessibili

Le sbarre collettrici flessibili devono essere solidificate nella sezione di giunzione per poterle collegare (unire) a un cavo standard o a un connettore. In alcuni casi, l'unione al cavo o al terminale e le solidificazioni possono essere eseguite con una sola fase di saldatura. A seconda delle dimensioni complessive della sbarra collettrice flessibile, la saldatura di metalli a ultrasuoni può rivelarsi una soluzione economica e di alta qualità. Utilizzando un processo di saldatura torsionale, è possibile saldare materiali con sezione trasversale fino a 200mm². Questa tecnica di saldatura evita l'indurimento del materiale di giunzione, che potrebbe causare fragilità e cambiamenti evidenti nelle proprietà del materiale. Inoltre, la solidificazione può essere automatizzata con le apparecchiature Telsonic, ad esempio TT7 PowerWheel®, come mostrato nell'applicazione di cui alle figure 6 e 7.



06 TT7-Telsonic PowerWheel®

07 Sbarre collettrici flessibile solidificate e sbarre collettrici solide saldate a sbarre solide utilizzando TT7 Telsonic PowerWheel®

2. Saldatura delle sbarre collettrici a cavi standard

Esistono applicazioni in cui la sbarra collettrice viene saldata ai cavi arancioni che verranno poi saldati ai connettori di corrente. La Figura 8 mostra un esempio di cavo corto saldato con il cavo a trefoli. Saldare un cavo corto su entrambe le estremità può presentare incongruenze nella qualità della saldatura, in quanto la prima saldatura può risultare più debole per via delle oscillazioni provocate dalla seconda saldatura. La USCAR-38 richiede il test per i cavi di lunghezza inferiore a 500 mm. Con Telsonic PowerWheel, la saldatura torsionale fornisce oscillazioni talmente delicate che, come dimostrano gli studi, gli effetti sono decisamente minori sia per i cavi a trefoli che per le sbarre collettrici flessibili, a seconda del design dei terminali (si veda figura 9). Questo permette di saldare insieme cavi più corti e connettori appropriati.



08

08 Cavo corto (200mm) saldato su entrambe le estremità

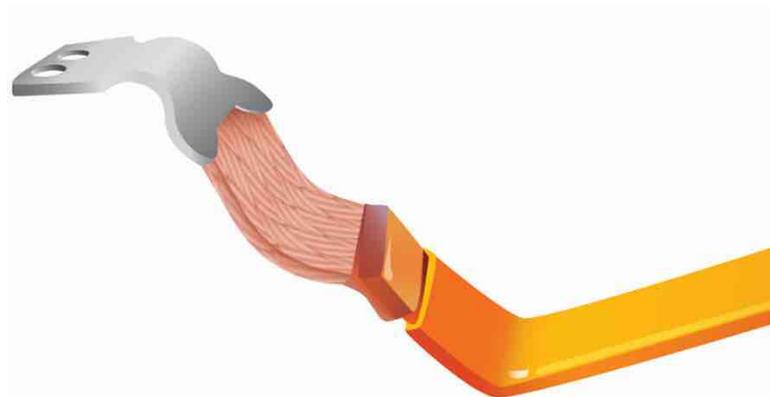


09

09 Sbarra collettrice solida saldata al cavo standard (presentazione al Congresso APTIVE_NA)

3. Saldature con cavo piatto intrecciato

In alcuni casi, al posto dei cavi arancioni, i produttori utilizzano un cavo piatto intrecciato. Il cavo piatto intrecciato viene saldato e tagliato automaticamente in pezzi di lunghezza specifica e con saldature su entrambe le estremità (si veda figura 10). Un cavo intrecciato con saldature su entrambe le estremità è noto anche come shunt. Il vantaggio di produrre gli shunt con la saldatura a ultrasuoni è rappresentato dal fatto che il calore coinvolto nella produzione dello shunt e nella saldatura dello stesso alla sbarra collettrice è minimo (si veda figura 11). In questo modo si evita la fragilità dei fili e la scalfittura dei suoi fili particolarmente sottili dovute al calore della saldatura a resistenza, un'altra tecnica che può essere utilizzata.



11 Sbarra collettrice solida collegata a un ponticello piatto intrecciato

11



10



10

10 Cavo piatto intrecciato solidificato e saldato con saldatura a ultrasuoni

Applicazioni di saldatura torsionale e possibilità per le sbarre collettrici

Le lamine delle sbarre collettrici flessibili sono laminate/placcate con materiali come il rame per evitare problemi di ossidazione. Per le sbarre collettrici solide, deve essere presente una placcatura per la sezione di collegamento dei fori dei bulloni. In caso di sbarre collettrici solide in alluminio, il contatto per il collegamento deve essere in rame. Pertanto, viene utilizzata una rondella di rame, collegata alla sbarra collettrice con una saldatura torsionale (si veda figura 12). Per tale applicazione, può essere utilizzata la collaudata tecnica SONIQTWIST® e la saldatrice Telsonic TSP (figura 13).

La casa automobilistica britannica, Jaguar, attualmente utilizza le capacità della saldatura torsionale con SONIQTWIST® e PowerWheel® per i gruppi di sbarre collettrici destinati alle distribuzioni elettriche. L'azienda utilizza le sbarre collettrici al posto dei cavi in rame al fine di ridurre in modo significativo il peso e il costo della sua auto sportiva F-TYPE (si veda figura 14). Ogni sbarra collettrice conduce l'elettricità dalla batteria nel bagagliaio del veicolo alle apparecchiature elettriche nel vano motore. Poiché l'alluminio ha una densità relativa significativamente inferiore rispetto al rame, il peso della sbarra collettrice equivale solamente al 40 - 60 per cento circa del cavo di rame convenzionale. Solo per il collegamento della batteria, ciò può comportare una riduzione del peso fino a 3 chilogrammi.

Conclusioni

Il mercato innovativo e in rapida crescita dei veicoli elettrici richiede soluzioni nuove e in via di sviluppo per le sfide future. Presto, l'utilizzo di sbarre collettrici ad alta tensione sostituirà alcune applicazioni attuali per le terminazioni con cavi ad alta tensione. Man mano che il settore si sposterà verso l'utilizzo delle sbarre collettrici al di fuori del pacco batteria, sorgeranno nuove sfide prima che la standardizzazione dei cablaggi con sbarre collettrici si affermi nell'industria automobilistica. Le sfide si presenteranno a tutti i livelli, anche per i produttori di apparecchiature di saldatura, in quanto le nuove applicazioni richiedono soluzioni di saldatura più innovative. In ogni caso, nuovi processi e idee consentiranno soluzioni più efficienti ed economiche per i fasci di cavi nel mercato dei veicoli elettrici. La saldatura torsionale è diventata un processo di giunzione importante nell'industria. Oltre alle soluzioni per le terminazioni dei cavi della batteria con una varietà di connettori, la tecnologia ha fornito soluzioni di saldatura per la regolazione del peso dei veicoli elettrici, l'imballaggio delle batterie, le sbarre collettrici, la produzione di batterie e l'elettronica di potenza. Le capacità applicative si sono ampliate al di là di quanto immaginato in precedenza. Mentre i progettisti di prodotti e gli ingegneri di processo continuano a familiarizzare con il processo di saldatura torsionale e le sue capacità, la tecnologia è posizionata in modo da contribuire a spingere l'industria dei veicoli elettrici a livelli ancora più alti. Per progredire nell'utilizzo delle sbarre collettrici è necessaria una collaborazione più stretta tra OEM, fornitori Tier 1 e fornitori di apparecchiature. Sicuramente ne sapremo di più con il tempo e verranno introdotte idee innovative, ma la saldatura a ultrasuoni sarà senza dubbio parte integrante delle soluzioni volte a raggiungere l'obiettivo di ridurre il costo dei materiali, il peso e lo spazio, nonché quello di ottenere processi di produzione a minore intensità di lavoro.

Di Saeed Mogadam, Comitato consultivo, Telsonic Solutions LLC.

Questo articolo è stato pubblicato sulla rivista Wiring Harness News, numero di gennaio 2023.



12



13



14

12 Telsonic SONIQTWIST® TSP

13 Dado in rame saldato su sbarra collettrice in alluminio con saldatrice torsionale SONIQTWIST® di Telsonic (presentazione al Congresso APTIV_NA)

14 Bullone di collegamento Leoni saldato alla sbarra collettrice