

Soldadura de metales por ultrasonidos

Una visión de esta tecnología flexible y potente

SOLDADURA DE PLÁSTICO

SOLDADURA DE METAL

CORTE

LIMPIEZA

CRIBADO



North Billerica (EE.UU.), 11/2022

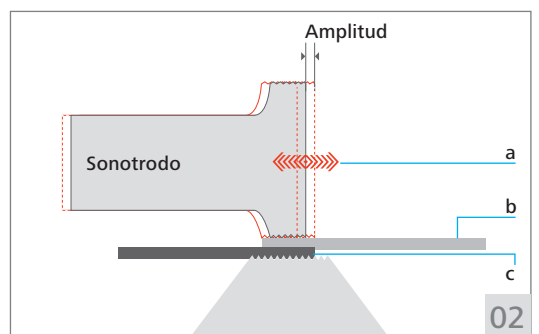
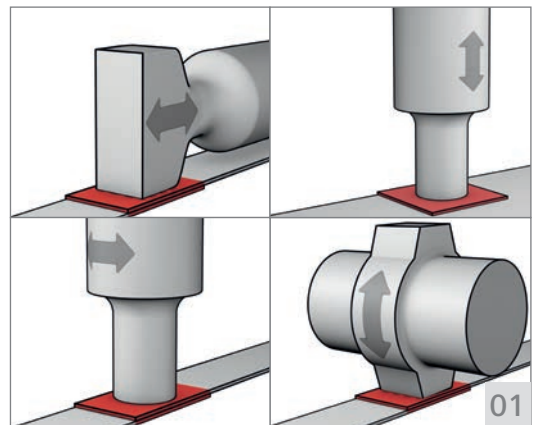
Como tecnología que se ha utilizado ampliamente para aplicaciones de soldadura y unión en múltiples industrias durante décadas, se trata de una evolución natural que la tecnología ultrasónica esté convirtiéndose rápidamente en el proceso preferido para las aplicaciones de soldadura de metales en muchos de los componentes de los conectores y mazos de cables que se fabrican para los vehículos híbridos y totalmente eléctricos. Con un enfoque cada vez mayor en el uso de ultrasonidos para aplicaciones de soldadura de metales, Greg Ruscak de Telsonic, Gerente de Aplicaciones de Telsonic en Boston, describe en este artículo informativo los principios, métodos, beneficios y, fundamentalmente, los factores que influyen en la calidad de la soldadura.

Visión general de la tecnología

Telsonic ha desarrollado cuatro procesos de soldadura por ultrasonidos diferentes, dos lineales y dos de torsión, que pueden aplicarse a una amplia gama de aplicaciones de soldadura de plásticos y metales. Los procesos lineales se realizan de forma horizontal o vertical y los procesos torsionales, que son exclusivos de Telsonic, se conocen como SONIQTWIST® y PowerWheel®.

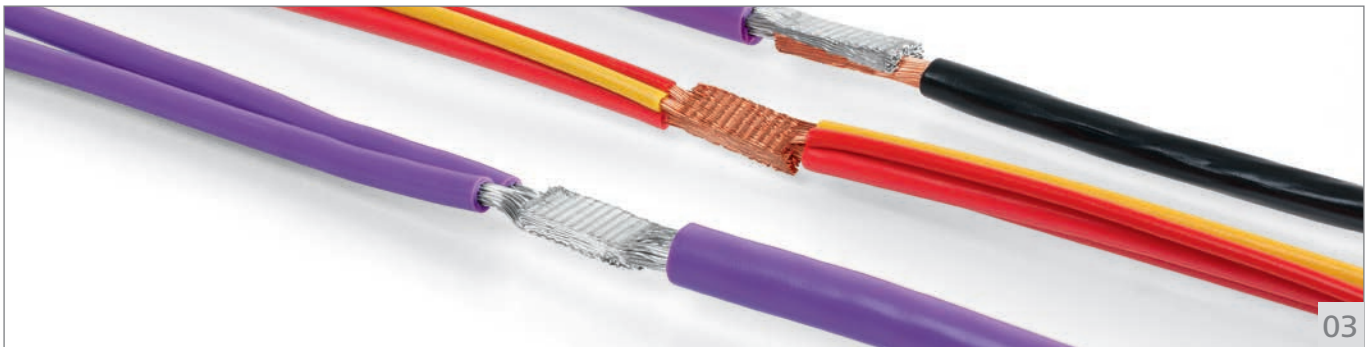
Es importante entender los principios de cada uno de los diferentes procesos, así como identificar los beneficios que aporta cada uno de ellos. El siguiente diagrama ilustra los principios básicos del proceso de soldadura lineal. A medida que el sonotrodo se mueve hacia adelante y hacia atrás, lo que se denomina amplitud, la pieza que se está soldando también se mueve sobre la parte inferior, que se está sujetando fijamente en el yunque.

El término "amplitud" describe el grado de expansión y contracción longitudinal del sonotrodo. La amplitud está relacionada con el efecto de desbaste en la interfaz del cordón de soldadura. Este movimiento de desbaste en combinación con la presión es el responsable del proceso de soldadura. El proceso de soldadura lineal puede realizarse en la disposición horizontal mostrada o en la orientación vertical.



01 De izquierda a derecha – Horizontal lineal, Vertical lineal, SONIQTWIST® y PowerWheel®

02 a. Los movimientos relativos dentro del hilo y en la dirección del terminal producen el proceso de soldadura
b. La pieza a soldar se mueve con el sonotrodo (en la zona de soldadura)
c. La parte inferior está fijada al yunque y no debe moverse



03

El proceso de soldadura lineal por ultrasonidos cumple muchos de los requisitos de las aplicaciones de soldadura de metales y es capaz de unir metales distintos. Las soldaduras resultantes proporcionan una muy buena conductividad eléctrica y soldaduras fuertes sin cambios estructurales en el material base.

El proceso de soldadura torsional SONIQTWIST® de Telsonic abre nuevas oportunidades y aplicaciones. Este proceso único da lugar a unas vibraciones lineales mínimas en la pieza, una característica importante en aplicaciones en las que puede haber sensores u otros componentes electrónicos. Otras ventajas de esta técnica son la capacidad de actuar exitosamente en aplicaciones de acceso limitado y la rapidez de los ciclos de proceso. SONIQTWIST® también puede usarse para la soldadura de plásticos y metales, y en aplicaciones con láminas o películas, el uso de SONIQTWIST® elimina la posibilidad de que se produzca un efecto "membrana" u ondulación en la superficie. (Ver imagen 01a en la página 1)

En aplicaciones de soldadura metálica con grandes diámetros de cable, terminales de gran tamaño o terminales tubulares, y soldadura de terminal a terminal, la tecnología PowerWheel® de Telsonic ofrece la solución óptima. Proporcionando una excelente accesibilidad a la zona de soldadura, PowerWheel® es capaz de soldar hasta 200mm² de material de cobre a la vez que consigue soldaduras hasta un 30% más estrechas. Este proceso también mejora significativamente la compactación del alambre y proporciona una excelente resistencia a la soldadura. (Ver imagen 01b en la página 1)

Factores que influyen en la calidad de la soldadura

Selección material

Existen diversos factores que afectan a la calidad de la soldadura, como los materiales que se unen, el estado de la superficie, los parámetros de soldadura y el equipo utilizado, el diseño de la pieza y, por supuesto, la influencia humana. Los tipos de metal más adecuados para el proceso de soldadura por ultrasonidos son el aluminio y el cobre. En general, cuanto más puro sea el material, más adecuado será para la soldadura por ultrasonidos. Sin embargo, tras la evaluación, el latón (por ejemplo, Ms63, CuZn37) que no contenga plomo, la alpaca y el bronce (hasta el 8.5% Sn), pueden considerarse dependiendo de la aleación individual. Además, los revestimientos de oro, plata y níquel sobre un sustrato de cobre también son adecuados para el proceso de soldadura por ultrasonidos en función de ciertos parámetros.

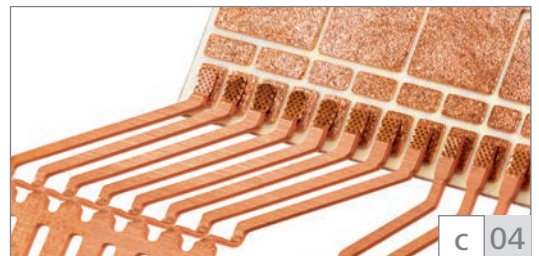
En el caso del níquel (Ni), el grosor del recubrimiento debe ser de entre 3 y 12 µm, siendo preferible el proceso químico de niquelado y con una presencia de fósforo inferior al 1%. En el caso de los recubrimientos de plata (Ag), lo ideal es que tengan un grosor de entre 3 y 5 µm sobre una base de níquel (Ni), y la superficie debe ser lisa y fina o pulida si es posible. El oro (Au) proporciona una buena soldabilidad, y el proceso de recubrimiento debe llevarse a cabo como último paso, tras cualquier operación de punzonado o doblado. Al soldar por ultrasonidos el aluminio, es importante que éste tenga una pureza de al menos el 99.5%, y no debe estar anodizado, anodizado duro o revestido de ninguna manera.



a 04



b 04



c 04

03 Empalmes de cables de combinaciones de cobre y aluminio

04 Algunos ejemplos de aplicaciones de SONIQTWIST® son (a): Perno soldado al conector de corriente, (b): Latas metálicas selladas herméticamente, y (c): Conexión eléctrica en IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)

Estado de la superficie

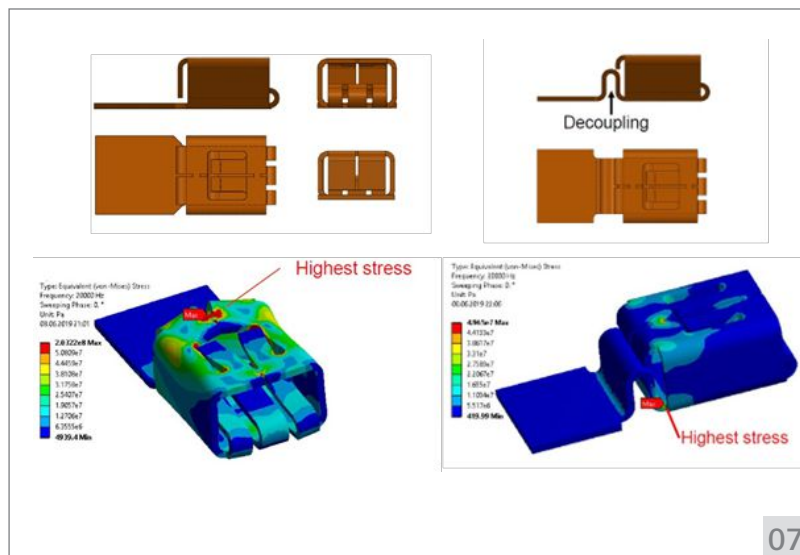
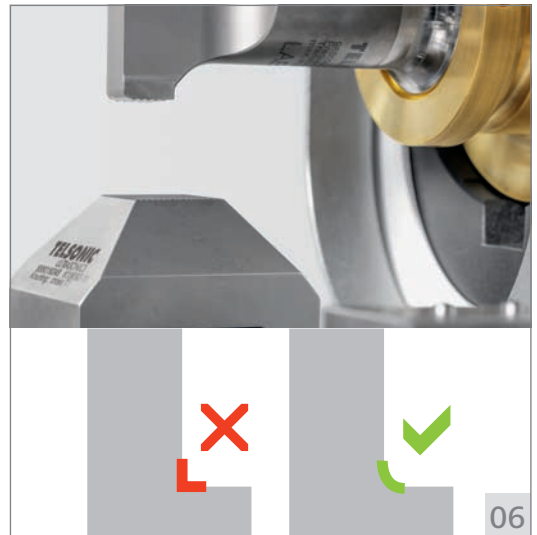
Otros factores relacionados con el material y que pueden afectar a la calidad del proceso de soldadura son la presencia de aceites de extracción y aditivos que influirán negativamente en la calidad de la soldadura. Los procesos de fabricación, que pudieran haberse realizado antes de la soldadura, como el punzonado, el laminado o el corte por láser pueden inducir el endurecimiento del material y, una vez más, tener un impacto negativo en el proceso de soldadura por ultrasonidos. Además, las superficies irregulares o rugosas, las superficies oxidadas o revestidas de plomo o estaño y las superficies que contienen rellenos no serán adecuadas para la soldadura por ultrasonidos.

También es importante mantener la uniformidad en la especificación del material que se usa, y considerar que el material procedente de diferentes proveedores podría ser lo suficientemente diferente como para afectar negativamente al proceso de soldadura.

Diseño y configuración de la pieza de trabajo

Como en cualquier proceso de fabricación, es preciso revisar una serie de aspectos relacionados tanto con el diseño de los componentes como con la configuración del proceso, para garantizar unos resultados de soldadura por ultrasonidos eficaces y uniformes.

En la configuración básica, es importante cerciorarse de que el yunque esté colocado directamente debajo de la zona de soldadura. También es importante que el yunque y el sonotrodo estén estriados. Al soldar terminales, la fuerza que los retiene desempeña un papel importante en la calidad de la soldadura resultante, y los terminales sólo deben presentar pequeñas superficies salientes o, preferiblemente, ninguna.



- 05 El estado de la superficie del material repercutirá en la calidad del proceso de soldadura
- 06 Directrices de diseño del contacto
- 07 El diseño original – IZQUIERDA estaba causando altas tensiones y fallas. – DERECHA, el diseño de desacoplamiento de Telsonic eliminó el problema

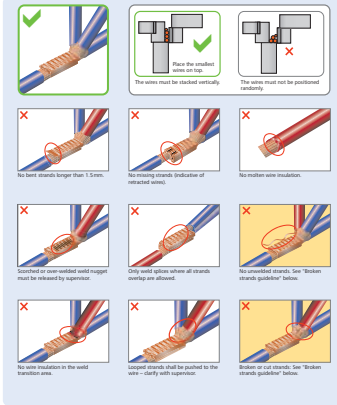
Otra característica que hay que tener en cuenta es que no debe haber esquinas ni bordes filosos en el contacto.

La importancia de cerciorarse de que el componente está diseñado correctamente puede ilustrarse con el siguiente ejemplo. Esto muestra la simulación MEF del mundo real de un contacto con un acoplamiento duro, donde el diseño incorrecto del terminal estaba causando fallas. Un hilo de cobre se soldaba longitudinalmente en la superficie de contacto y la vibración ultrasónica se transmitía al contacto de la clavija, que se veía sometido a un gran esfuerzo.

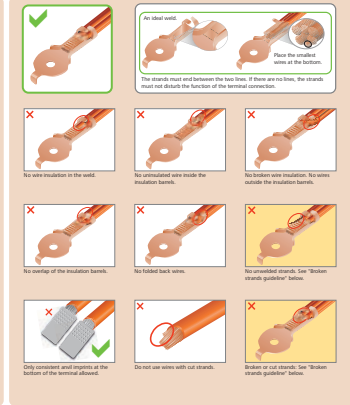
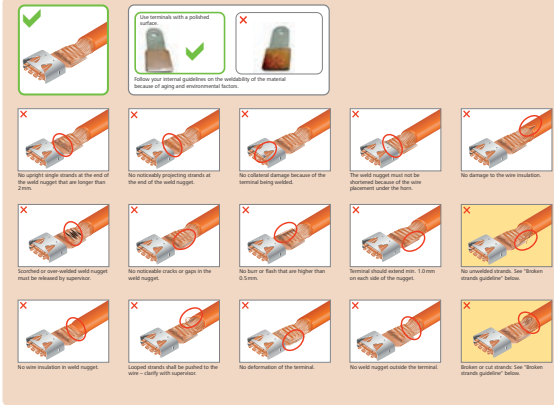
Al involucrar a Telsonic en el proceso de diseño, se optimizó el diseño del componente desacoplando el contacto del enchufe de la superficie de soldadura. Esto significa que sólo se transmiten unas pocas vibraciones al contacto, eliminando los daños que se veían anteriormente.

Ultrasonic Metal Welding – Quality Guidelines

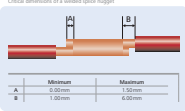
Ultrasonic Wire Splicing



Ultrasonic Wire Termination



WELD QUALITY GUIDELINE

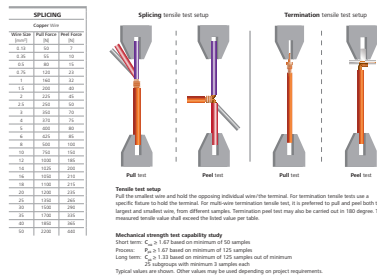


BROKEN STRANDS GUIDELINE

Minimum allowed broken or missing strands for splicing & termination in production:

Strands of cable	Broken or missing allowed
1-7	0
8-19	1
20-37	2
38 or more	max 5% of total strands in splice

TENSILE TEST METHODS & VALUES



TERMINATION

Wire Size (AWG)	Wire Size (mm)	Aluminum wire (mm)	Highly conductive (mm)
22	0.64	0.64	0.64
20	0.81	0.81	0.81
18	1.02	1.02	1.02
16	1.27	1.27	1.27
14	1.63	1.63	1.63
12	2.05	2.05	2.05
10	2.54	2.54	2.54
8	3.18	3.18	3.18
6	4.01	4.01	4.01
4	5.08	5.08	5.08
2	6.35	6.35	6.35
0	7.62	7.62	7.62
00	9.14	9.14	9.14
000	10.76	10.76	10.76
0000	12.5	12.5	12.5

WIRE SPECIFICATIONS

SAE AWG				ISO METRIC			
Wire Size (AWG)	Wire Size (mm)	Wire Size (mm)	Wire Size (mm)	Wire Size (mm)	Wire Size (mm)	Wire Size (mm)	Wire Size (mm)
22	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
20	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
18	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
16	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
14	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63
12	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05
10	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54
8	3.18	3.18	3.18	3.18	3.18	3.18	3.18
6	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01
4	5.08	5.08	5.08	5.08	5.08	5.08	5.08
2	6.35	6.35	6.35	6.35	6.35	6.35	6.35
0	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62
00	9.14	9.14	9.14	9.14	9.14	9.14	9.14
000	10.76	10.76	10.76	10.76	10.76	10.76	10.76
0000	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5

08 Siguiendo algunos pasos y recomendaciones básicas, se puede garantizar una buena soldadura

Factores que influyen y características de una buena soldadura

Hay una serie de factores que influirán en el resultado del proceso de soldadura de metales por ultrasonidos. En el caso del empalme de cables y de la terminación de cables, estos incluyen: la longitud de la pelado y la posición del cable antes de la soldadura, la altura, la anchura y la longitud de la unión de la soldadura, las posiciones del extremo del conductor y del aislamiento y, por supuesto, el tiempo de soldadura. También es importante tomar en cuenta cualquier diferencia en el tamaño de los cables, tomar medidas para evitar empalmes laterales y la colocación de cualquier terminal delicada. Si se siguen estos pasos correctamente, el proceso de soldadura de metales por ultrasonidos producirá resultados de gran calidad y consistencia. Cuando se aplica a las aplicaciones de empalme de alambre, las siguientes características definen una buena soldadura: todos los cordones de alambre están soldados y la longitud total de la soldadura es suficiente. Los extremos del cordón, o "cepillos", deben ser cortos y planos, sin cordones cortados en el exterior de la zona de soldadura y sin marcas de quemaduras. Además, todos los cables deben estar superpuestos, sin excesivos destellos o rebabas y no debe haber daños en el material aislante.

Telsonic ha elaborado un póster completo e informativo de una sola página para que sirva de guía y cubra las aplicaciones más comunes de soldadura de empalme y terminación de cables. Se destacan importantes criterios de calidad y funcionamiento mediante texto e imágenes, junto con criterios de prueba y una útil tabla de tamaños de cables.

Comprender y definir los parámetros de soldadura

Sin perjuicio de los demás criterios anteriormente expuestos, como la selección del proceso lineal o de torsión, la selección del material, el estado de la superficie, el diseño del producto y el montaje y la configuración física, es esencial que se elijan los parámetros de soldadura correctos para la aplicación considerada.

Para hacer una selección adecuada es importante entender los elementos individuales que influyen en el ciclo de soldadura. En la fórmula de la potencia influyen: el tiempo, que es la duración de las vibraciones ultrasónicas, la amplitud, que es el desplazamiento longitudinal de la vibración, y la fuerza que es la fuerza de compresión aplicada perpendicularmente (normal) a la dirección de la vibración. La potencia necesaria para

iniciar y mantener la vibración (movimiento) durante el ciclo de soldadura se define como $P \approx C \times F_o \times A \times f$ donde C=Constante predefinida, P=Potencia (vatios), F_o =Fuerza (Newton), A=Amplitud (micras), f=Frecuencia (Hz).

*Nota: la fuerza se determina multiplicando:

Fuerza=Fuerza aplicada hacia abajo×Coeficiente de fricción=Presión×Área del cilindro×Coeficiente de fricción

La energía se calcula como $E=P \times T$, donde E=Energía (julios), P=Potencia (vatios), T=Tiempo (segundos).

Por lo tanto, el proceso completo de "Soldadura a Energía" se definiría como $E \approx 4 \times F_o \times A \times f \times T$

Un sistema de soldadura de metales por ultrasonidos bien diseñado compensará las variaciones normales en las condiciones de la superficie de los metales al suministrar el valor de energía especificado. Esto se consigue dejando que el tiempo (T) se adapte a las condiciones de los materiales y proporcione la energía deseada.

Regla general para el diseño de aplicaciones al soldar cobre y aluminio

	Cobre	Aluminio
Potencia*: área de soldadura [mm ²]×potencia [W/mm ²]	33 W/mm ²	24 W/mm ²
Fuerza**: área de soldadura [mm ²]× fuerza [N/mm ²]	20 N/mm ²	15 N/mm ²
Amplitud***: al 90 % de la potencia de salida del generador	30 μm	24 μm
Fuerza de tracción (soldadura de alambre a terminal)	Dependiendo del material. El USCar 38-1 sirve de guía	

Para compensar las tolerancias y las variaciones de la aplicación, deben tenerse en cuenta los siguientes márgenes de seguridad en los cálculos:

* Diseñado para un máximo de 80% de la potencia de soldadura del generador

** Diseñado para un máximo de 90% de la fuerza de soldadura nominal

*** Diseñado para un mínimo del 80% a un máximo del 90% de la amplitud de salida del generador

09 La infografía de la parte superior destaca los diferentes modos de soldadura, parámetros y resultados en el proceso de soldadura de metales por ultrasonidos

Definición y control del proceso de soldadura

La siguiente infografía destaca los diferentes modos de soldadura, parámetros y resultados en el proceso de soldadura de metales por ultrasonidos.



El modo de soldadura **TIEMPO** se utiliza a menudo en las nuevas aplicaciones para ayudar a determinar la energía necesaria. Este modo tiene la ventaja de evitar el exceso de soldadura, gracias a un corto tiempo de soldadura. A continuación, los usuarios pueden pasar al modo de soldadura de energía una vez que se haya establecido el nivel de energía correcto. Hay que tener en cuenta que al aumentar el tiempo de soldadura también aumenta la producción de energía, si la amplitud y la presión siguen siendo las mismas.

El modo de soldadura **ENERGÍA** es el recomendado para obtener resultados más consistentes en las pruebas de tracción, y se utiliza cuando se define la energía requerida. La ventaja en este caso es que siempre se usa la misma cantidad de energía para soldar, lo que compensa las pequeñas fluctuaciones del material o de la herramienta. Al aumentar la energía también aumenta el tiempo de soldadura, si la amplitud y la presión permanecen iguales. Además, un aumento de la amplitud reduce el tiempo de soldadura, si la energía y la presión permanecen iguales, y un aumento de la presión también reduce el tiempo de soldadura si la energía y la amplitud permanecen iguales.

Influencia humana

El último factor que puede influir en el éxito o no del proceso de soldadura de metales por ultrasonidos es el de la interacción humana. Es esencial que los operarios reciban la capacitación adecuada para comprender la necesidad de cualquier preparación y manipulación del material tanto antes como después del proceso de soldadura. La repetibilidad de cualquier proceso o tarea manual también influirá en el resultado del proceso de soldadura.



10 Greg Ruscak,
Director de aplicaciones,
TELSONIC Solutions,
LLC