



Löter – Tipps

Johnson Matthey & Brandenberger AG Metal Joining

Sil-fos™, Sil-fos™ 5 und Silbralloy™

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemein.....	1
2. Werkstattpraxis	2
3. Sil-fos™	3
4. Sil-fos™ 5	3
5. Silbralloy™	4
6. Lieferformen	4

1. Allgemein

Sil-fos™, Sil-fos™ 5 und Silbralloy™ sind Hartlötlegierungen aus Silber, Phosphor und Kupfer. Da Phosphor auf Kupfer eine deoxydierende Wirkung hat, kann Kupfer ohne ein zusätzliches Flussmittel gelötet werden. Zum Lötten von Kupferlegierungen, wie Messing oder Bronze, muss ein zusätzliches Flussmittel verwendet werden.

Verbindungen zwischen Kupfer oder Kupferlegierungen, die mit Sil-fos™, Sil-fos™ 5 und Silbralloy™ erzielt werden, sind sehr stark und haben eine gute Dehnbarkeit. In dieser Hinsicht sind sie den einfachen Loten aus Phosphor-Kupfer überlegen.

Stahl, Nickel und auf Nickel basierende Legierungen sollten nicht mit diesen phosphorhaltigen Lotlegierungen gelötet werden, da trotz guter Fliesseigenschaften die Verbindungen auf diesen Materialien sehr spröde sind.

Sil-fos™ entspricht:

Grossbritannien	BS 1845: 1977 CP1
Vereinigte Staaten	ASTM B260-56T, BCuP-5 WS A5.8-56T, BCuP-5 ilitary III ed (QOS-561-d) - III S - BCuP-5
Deutschland	DIN8513:1986 / L-Ag15P EN1044:1999 / CP102 ISO 17672:2010 / CuP284



Sil-fos™ 5 entspricht:	Großbritannien	BS 1845:1977 CP4
	Vereinigte Staaten	ASTM B260-56T, BCuP-3
	Deutschland	DIN 8513:1986 / L-Ag5P EN1044:1999 / CP104 ISO 17672:2010 / CuP281
Silbralloy™ entspricht:	Grossbritannien	BS 1845:1977 CP2
	Deutschland	DIN 8513:1986 / L-Ag2P EN1044:1999 / CP105 ISO 17672:2010 / CuP279

Im vergossenen Zustand besitzen diese Lote die in der untenstehenden Tabelle aufgeführten Eigenschaften.

	Sil-fos™ (15% Ag-Cu-P)	Sil-fos™ 5 (5% Ag-Cu-P)	Silbralloy™ (2% Ag-Cu-P)
Schmelzbereich, °C	644-800	644-815	644-825
Zugfestigkeit, N/mm ²	250	250	250
Dehnung, %	≥10	≥7	≥5
Elektrische Leitfähigkeit Sm/mm ²	7	5	5
Spezifisches Gewicht g/cm ³	8.4	8.1	8.1
Härte, HV	187	192	195

2. Werkstattpraxis

Die besten Lötresultate werden mit Lötspaltbreiten von 0,05 - 0,125 mm erreicht. Um befriedigende Verbindungen zu erzielen, sollte der Lötspalt auf 0,04 bis 0,2 mm beschränkt werden.

Diese Lotlegierungen haben relativ ausgedehnte Schmelzbereiche und die Grundwerkstoffe, die gelötet werden, besitzen fast ausnahmslos eine hohe Wärmeleitfähigkeit. Deshalb müssen die Werkstücke rasch auf die Löttemperatur gebracht werden, z.B. mit einem Azetylen-Sauerstoff Brenner.

Flammen mit Propan/Butan/Erdgas und Druckluft sind aufgrund der geringen Wärmeleistung nicht zu empfehlen.

Beim Löten von Kupferlegierungen wird zuerst eine wässrige Flussmittel-Paste mit einem Pinsel auf die Verbindungsstelle aufgetragen. Kupfer bedarf keines Flussmittels, es sei denn, dass eine aussergewöhnlich tiefe Verbindung gefordert wird. Die Werkstücke sollten dann schnell auf rund 700°C erwärmt werden, bevor die Lotlegierung angesetzt wird.

Sobald das Lot geflossen ist, sollte die Wärmezufuhr unterbrochen werden. Das Lot sollte nicht länger als nötig im geschmolzenen Zustand gehalten werden. Fertige Verbindungen, die ein schlechtes Eindringen des Lotes zeigen, können nicht durch erneutes Erhitzen und eines weiteren Zusetzens von Lot ausgebessert werden.

Wenn „Zähkupfer“ gelötet wird, sollte man beachten, dass sich die Qualität dieses Materials verschlechtern kann, wenn es unter reduzierenden Bedingungen auf eine hohe Temperatur erhitzt wird.



Zähkupfer (eine Bezeichnung, welche die meisten Kupfersorten mit hoher Leitfähigkeit, ausgenommen sauerstofffreie Materialien, umfasst) enthält Kupferoxyd im gelösten Zustand, und es besteht die Gefahr, dass dieses Kupferoxyd durch eine reduzierende Flamme deoxydiert wird, wodurch kleine Lunker im Metall entstehen.

Deshalb sollte eine neutrale oder eine leicht oxydierende Flamme auf Kupfer verwendet werden, wenn nicht mit Sicherheit festgestellt werden kann, ob es sich um ein phosphordeoxydiertes oder sauerstofffreies Kupfer handelt.

3. Sil-fos™

Obgleich die Liquidustemperatur mit 800°C ziemlich hoch liegt, bleibt bei Temperaturen über 700°C nur ein kleiner Teil der Lötlegierung in fester Form. Aus diesem Grund können zufriedenstellende Verbindungen bei einer Temperatur die unterhalb der Liquidustemperatur liegt erzielt werden. Sil-fos™ ist eine verhältnismässig dehnbare Legierung, die zu Drähten bis 0,25 mm Durchmesser gezogen, bzw. zu 0.12 mm dicken Folien gewalzt werden kann. Es werden damit Verbindungen erzielt, die gute Dehnbarkeit besitzen und die bis zu einem bescheidenen Masse ohne Rissbildung verformt werden können. Sil-fos™ produziert etwas rauhe Fugen gräulicher Farbe, und sofern es unbehindert über das Werkstück fließen kann, wird dessen Oberfläche ebenfalls rau. Der Gebrauch dieser Lötlegierung wird deshalb in jenen Fällen nicht empfohlen wo bestes Aussehen gewünscht wird oder wenn nachträgliche Verzinnungs-, Weichlötungs- oder Galvanisierungsverfahren nötig sein sollten.

Sil-fos™ kann erfolgreich bei Widerstandslötverfahren verwendet werden, wenn es als Folienformteil zwischen die Komponenten aus Kupfer gelegt wird. Da kein Flussmittel nötig ist, besteht bei seiner Verwendung keine Gefahr einer Verunreinigung der Elektroden oder einer Schwächung der Verbindung infolge von Flussmitteleinschlüssen.

Die wichtigsten Anwendungsgebiete von Sil-fos™ sind in der Kälteindustrie, in der Elektroindustrie und bei sanitären Installationen.

Der Gebrauch von Sil-fos™ wird nicht empfohlen, wenn das Lot stark schwefeligen Gasen bei erhöhten Temperaturen ausgesetzt wird. An der Luft liegt seine maximale, andauernde Betriebstemperatur bei rund 200°C. Bei hohen Temperaturen entsteht eine selektive Oxydation des in der Legierung enthaltenen Phosphors, was eine Schwächung der Lötverbindungen zur Folge hat.

In Verbindung mit Kupfer besitzt Sil-fos™ ein sehr niedriges elektro-chemisches Potential, und es verhält sich bei einer Vielzahl von Korrosionsbedingungen ähnlich wie Kupfer.

Bei geeigneten reduzierenden Bedingungen (z.B. in Schutzgas-Atmosphäre von gekracktem Ammoniak oder gekracktem Stadtgas) können Messing und ähnliche Kupferlegierungen ohne Flussmittel mit Sil-fos™ gelötet werden.

4. Sil-fos™ 5

Die Liquidustemperatur liegt bei 815°C, doch wie bei Sil-fos™ bleibt bei Temperaturen über 700°C nur ein kleiner Teil der Lötlegierung in fester Form. Daher können auch bei Sil-fos™ 5 zufriedenstellende Verbindungen bei einer Temperatur, die unterhalb der angegebenen Liquidustemperatur liegt, erzielt werden.

Sil-fos™ 5, wenn auch nicht ganz so dehnbar wie Sil-fos™, erzielt Verbindungen, die bis zu einem bescheidenen Masse ohne Rissbildung verformt werden können.

Sil-fos™ 5 hat ähnliche Eigenschaften und Verarbeitungsmethoden wie Sil-fos™ und ist deshalb bei vielen Anwendungsgebieten eine kostengünstigere Alternative zu Sil-fos™.

Wie bei Sil-fos™ besteht das wichtigste Anwendungsgebiet von Sil-fos™ 5 in der Kälteindustrie, der Elektroindustrie und bei sanitären Installationen.



Der Gebrauch von Sil-fos™ 5 wird nicht empfohlen, wenn das Lot stark schwefeligen Gasen bei höheren Temperaturen ausgesetzt wird oder bei Betriebstemperaturen von über 200°C.

5. Silbralloy™

Silbralloy™, dessen Eigenschaften und Verwendungsmethoden jenen von Sil-fos™ ähnlich sind, wird an erster Stelle zur Herstellung von Lotverbindungen zwischen Rotorstangen und Endringen aus Kupfer bei der Erzeugung von Rotoren für elektrische Induktionsmotoren, sowie zum Löten von Nähten und Beschlägen für Warmwasserbehälter aus Kupfer, verwendet. In der britischen Norm B.S.699 wird der Gebrauch einer Legierung wie Silbralloy™ zum Löten von Warmwasserbehältern ausdrücklich empfohlen. Ihre Korrosionsbeständigkeit in Verbindung mit Kupfer in Wasserleitungsanlagen hat sich seit vielen Jahren bewährt.

Durch den geringen Silbergehalt ist dieses Lot nicht so duktil wie die Sil-fos™ Legierungen. Wir empfehlen bei dynamisch belasteten Konstruktionen den Einsatz von höher silberhaltigen Loten.

Silbralloy™ sollte, wie Sil-fos™ und Sil-fos™ 5, nicht verwendet werden, wenn es heissen, schwefelhaltigen Gasen ausgesetzt ist, oder im Betrieb unter oxydierenden Bedingungen bei Temperaturen von über 200°C.

6. Lieferformen

Sil-fos™	Stäbe rund	dia 1.0 mm, 1.5 mm, 2.0 mm, 3.0 mm	
	Stäbe vierkant	v.k. (1.5 x 1.5 mm auf Anfrage), 2 x 2 mm, 3 x 3 mm	
	Stäbe flach	1.2 x 5 mm (1.2 x 3 mm auf Anfrage)	
	Folien	0.12	x 80 mm / x 100 mm breit
		0.125 mm	x 2 mm / x 3 mm breit
		0,2 mm dick	x 80 mm / x 100 mm breit
		0,4 mm dick	x 25 mm / x 40 mm / x 100 mm breit
Sil-fos™ 5	Stäbe rund	dia 1.5 mm, 2.0 mm, 3.0 mm	
	Stäbe vierkant	v.k. (1.5 x 1.5 mm auf Anfrage), 2 x 2 mm, 3 x 3 mm	
Silbralloy™	Stäbe rund	dia (1.5 mm, 2.0 mm auf Anfrage), 3.0 mm	
	Stäbe vierkant	v.k. (1.5 x 1.5 mm auf Anfrage), 2 x 2 mm, 3 x 3 mm, 4 x 4 mm	

Andere Abmessungen sowie fertige Einsatzringe sind auf Anfrage lieferbar.