

Mikrolegierte Lote – auf die Menge kommt es an

Die Verbesserung der Eigenschaften von bleifreien Loten ist seit mehreren Jahren im Fokus der Forschung und Entwicklung, wobei insbesondere der Mikrolegierung eine besondere Bedeutung zukommt [u.a. 1]. Wie auch die detaillierte Analyse aktueller Ergebnisse [2] erneut verdeutlicht, kommt es dabei insbesondere in Hinblick auf mögliche Wechselwirkungen zwischen den Legierungselementen wie Nickel und Phosphor sehr genau auf die jeweilige Menge an.

So ist in ELSOLD SN100(Ag) MA-S Loten der Phosphorgehalt auf typischerweise ca. 40 ppm eingestellt und liegt damit in einem Bereich, in dem der positive Effekt des Phosphors hinsichtlich reduzierter Oxidation und Krätzebildung voll wirksam ist und zugleich auch die Vorteile des Nickels hinsichtlich Gefügeausbildung, Fließvermögen, Abreißverhalten und der minimierten Gefahr von Brückenbildung gezielt genutzt werden können. Die Analyse der aktuellen Forschungsergebnisse bestätigt somit die eigenen Entwicklungsergebnisse von ELSOLD und die positiven Erfahrungen bei zahlreichen Kunden.

■ Einfluss auf das Gefüge

Durch Zugabe von Nickel wird die sich beim Erstarren bildende Gefügestruktur des Lotes positiv beeinflusst. Das Gefüge wird homogener, die sonst bei Sn-(Ag)-Cu-Loten üblichen großen Primärdendriten verschwinden. Dies bringt auch Vorteile hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften mit sich und wirkt z.B. Erstarrungsrissen entgegen. [1, 2]

Auch wenn Phosphor diese Wirkung auf das Gefüge etwas verringert, verbleibt bei den Phosphor-Gehalten, die in MA-S Loten vorliegen ein klarer Vorteil. Erst ab ca. 800 ppm Phosphor – also dem 20-fachen, dessen was in ELSOLD MA-S Loten vorliegt würde der Vorteil des Nickels aufgehoben werden. [2]

■ Fließvermögen, Abreißverhalten und Gefahr von Brückenbildung

Ähnlich wie bei der Wirkung auf das Gefüge weist Nickel hier einen sehr positiven Einfluss auf, der durch Phosphor nur leicht gemindert wird. Gegenüber nicht mikrolegierten Loten wurde in [2] beim Abreißverhalten, und damit der Gefahr der Brückenbildung, bei Nickelzugabe eine Verbesserung von 65% erreicht, bei kombinierter Nickel- und Phosphorzugabe immerhin noch von 53%. Das Fließvermögen wird durch Nickel um 32% und in Kombination mit MA-S typischen Phosphorgehalten um 20% verbessert. Erst bei sehr hohen Phosphorgehalten über 200 ppm geht die Verbesserung auf ca. 8% zurück.

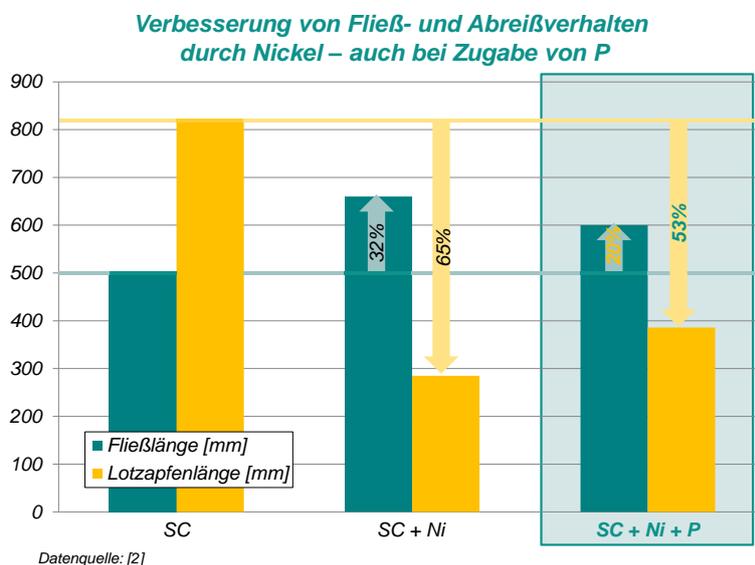
■ Bindung von Nickel durch Phosphor im Lotbad

Die Beobachtung, dass erst bei sehr hohen Phosphorgehalten die Nickelwirkung aufgehoben wird, wird auch von [3] bestätigt. Hier wurde festgestellt, dass der wirksame Nickelgehalt von Zinnschmelzen durch Zugaben von mindestens 500 ppm Phosphor reduziert werden kann, indem der Phosphor das Nickel bindet. Bei den für MA-S typischen Werten von max. 50 ppm wurde ein konstanter Nickelwert gemessen.

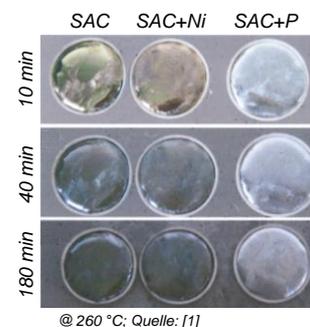
■ Reduzierung der Oxidation und Krätzebildung

Während Nickel kaum Auswirkungen auf das Oxidationsverhalten hat, weist Phosphor hier eine sehr positive Wirkung auf. Vermutlich durch die Entstehung komplex aufgebauter Zinn-Phosphor-Mischoxide bildet sich eine Schutzschicht auf dem Lot, die dieses vor weiterer Oxidation und Krätzebildung schützt [1]. Jedoch kommt es auch hierbei auf die genaue Menge an. So wurde bei 700 ppm Phosphor zusätzlich die vermehrte Bildung von intermediären Sn-P-Phasen beobachtet, die diese Schutzschicht stören würden [4]. Bei MA-S typischen Gehalten von ca. 40 ppm führt Phosphor in Kombination mit der ähnlichen, unterstützenden Wirkung des Germaniums und der durch die spezielle Herstellung mittels Frischens erzielte hohe Reinheit der Lote zu der bekannten geringen Krätzebildung der MA-S-Lote.

Zusammenfassend kann also festgehalten werden, dass Nickel und Phosphor jeweils spezifische positive Wirkungen auf das Verhalten bleifreier Lote haben, wodurch beide ihre Berechtigung als Mikrolegierungselement erlangen. Da die Effekte teilweise gegenläufig sind, ist ein sehr gezielter Einsatz erforderlich. Eine Aufhebung der positiven Effekte des Nickels durch den Phosphor tritt jedoch erst ab mehreren hundert ppm Phosphor auf, eine negative Synergie konnte selbst dann nicht festgestellt werden. Bei den MA-S typischen Phosphorgehalten von ca. 40 ppm bleiben die Vorteile des Nickels weitestgehend erhalten und werden optimal mit dem Schutz vor Oxidation und Krätzebildung kombiniert.



Verbesserung des Oxidationsverhaltens durch P



Literatur

- [1] W Dong, Y Shi, Y Lei, Z Xia, D Guo: Effects of small amounts of Ni/P/Ce element additions on the microstructure and properties of Sn3.0Ag0.5Cu solder alloy, *J Mater Sci: Mater Electron* (2009) 20:1008-1017
- [2] P Corviseri: Das Geheimnis Nickel-dotierter Lote, *productronic* 07 / 2013, 20-21
- [3] Patent EP 2 243 590 A1: Method of regulating nickel concentration in lead-free solder containing nickel, Nihon Superior Sha Co., Ltd Suita-shi Osaka 564-0063 (JP), 2010
- [4] AP Xian, GL Gong: Surface oxidation of molten Sn-0.07 wt% P in air at 280 °C, *J Mater Res*, Vol 23, No 6, 2008, 1532-1536