

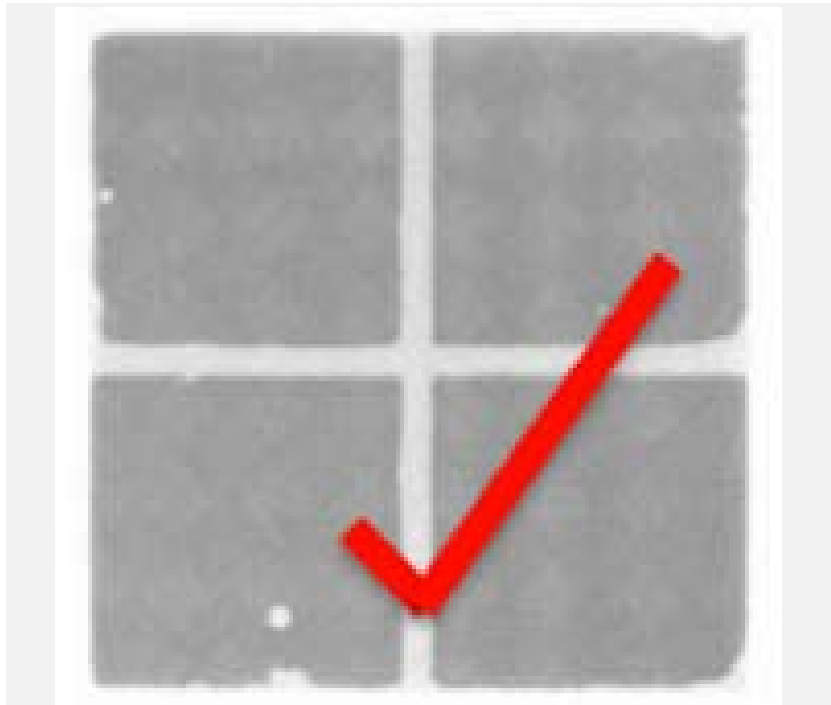
FED

Fachverband für Design,
Leiterplatten- & Elektronikfertigung

ASSCON
Vapor Phase Technology

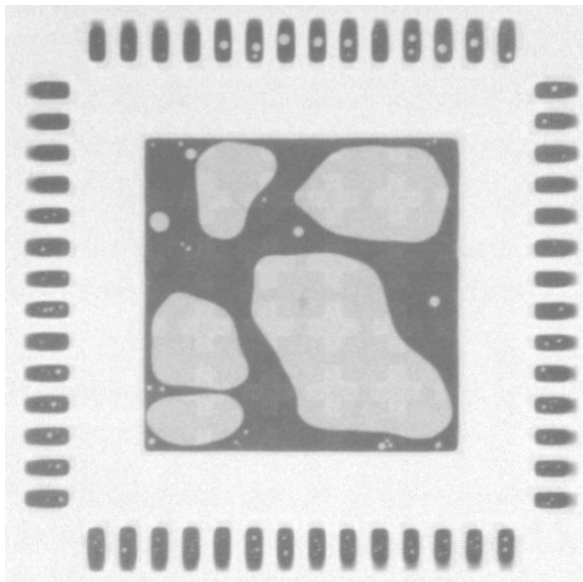
Dampfphasen Vakuum-Löten

Maßnahmen zur Reduzierung von Lunkern



asscon.de

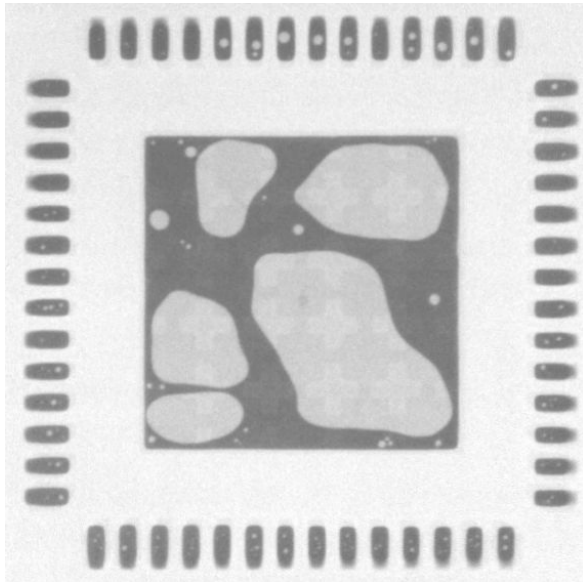
Der Lunker



Woraus bestehen Lunker?

- Kristalline Einschlüsse von Flussmittel
- Gasblasen aus Lösemitteln, eingelagerter Feuchte, nicht polymerisiertem Lötstopplack
- Reaktive Gase, die bei Beseitigung von Oxydschichten durch Flussmittel entstehen
- Metallische Fehlstellen
- Lufteinschlüsse beim Aufbringen der Lotpaste

Der Lunker

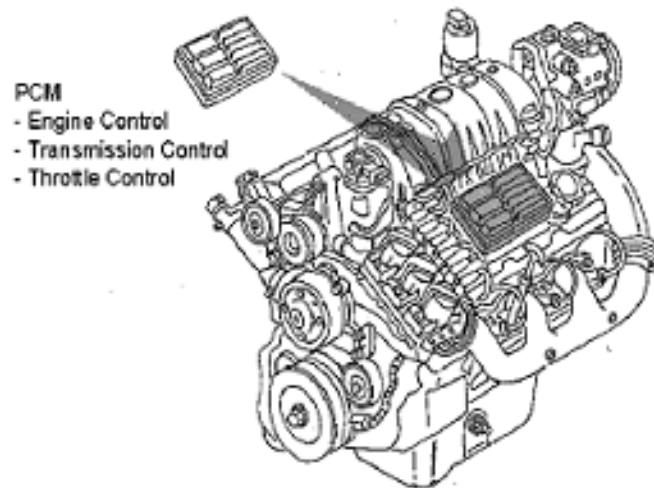


Welche negativen Folgen haben Lunker?

- Reduzierte Festigkeit von Lötstellen
- Reduzierte Vibrationsfestigkeit
- Eingeschränkte Wärmeabfuhr von Bauteilen und Strukturen
- Leistungseinschränkungen bei Hochfrequenzanwendungen
- Reduzierte Belastbarkeit und Lebensdauer von Baugruppen

Automotive/Power application

Welche Lunkerraten werden künftig gefordert?



Generell < 10%
Für spezielle Anwendungen < 5% (z.B. Sensorik assisted driving)
Leistungsanwendungen < 2%

Klassische Reflowverfahren liegen heute im Bereich 15% bis 40% Voidrate im Mittel

In Zukunft ist Vakuum in vielen Bereichen ein „**MUSS**“

LED Vorteile Beispiel CREE



CREE XTE LED Farbtemperaturänderung durch Überhitzung. Untersuchungsergebnisse:

Bei LED Anwendungen werden 3000 h Lebensdauer bei 90° C Arbeitstemperatur ohne jegliche Farbtemperaturänderung gefordert.

Höhere Voidraten lassen LED´s überhitzen, was sehr schnell zu Qualitätseinbußen führt.

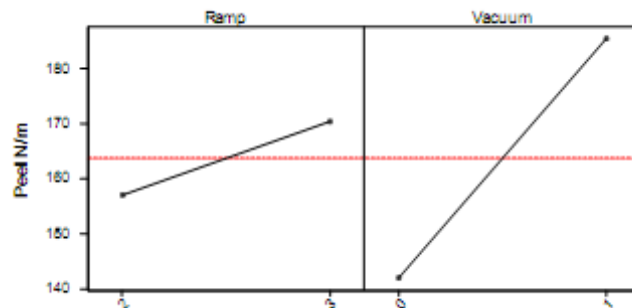
Bei Voidraten unter 10% werden die 3000h Lebensdauer problemlos erreicht.

Lötstellenfestigkeit

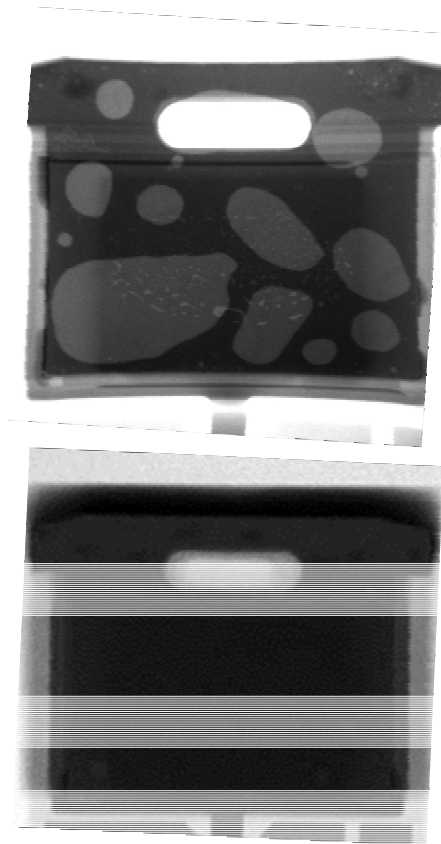
Neben deutlich besseren elektrischen Werten bietet eine Vakuumbehandlung auch mechanisch festere Lötstellen. Untersuchungen zeigen, dass bis zu 30% höhere Abzugskräfte erreicht werden.

ASSCON

Main Effects Plot - NV Single Module - Data Means for Peel N/m on Heatsink



Packungsdichte



Anwendung: Ein Leistungsregler zum Betreiben eines DC-Motors mit einer maximalen Dauerleistung von 100 A. Wieviele MOS FET mit 10 A werden auf der Baugruppe benötigt?

Standardfertigung:

Konstruktionsrichtlinie
bei 30% Lunkerrate

$$10 \text{ A} \times \text{Faktor } 0,7 = 7,0 \text{ A}$$

Sicherheitsfaktor 1,5

Max. Leistung pro MOS FET

$$7,0 \text{ A} \times \text{Faktor } 1/1,5 = 4,67 \text{ A}$$

22 Komponenten sind für diese Anwendung erforderlich.

Fertigung unter Einsatz von Vakuum:

Konstruktionsrichtlinie
bei 3% Lunkerrate

$$10 \text{ A} \times \text{Faktor } 0,97 = 9,7 \text{ A}$$

Sicherheitsfaktor 1,5

Max. Leistung pro MOS FET

$$9,7 \text{ A} \times \text{Faktor } 1/1,5 = 6,47 \text{ A}$$

16 Komponenten sind für diese Anwendung erforderlich.



Vakuum gelötet sind 25% weniger Komponenten erforderlich:
Signifikante Reduzierung von Baugruppengröße und Kosten.

Maßnahmen zur Reduzierung

Maßnahmen zur Reduzierung von Lunkern können getroffen werden durch Optimierung der vor dem Löten stattfindenden Fertigungsschritte oder auch durch den Einsatz von Vakuumtechnik.

Materialien

Je höher die Qualität der zu verarbeitenden Materialien, umso konstanter und fehlerfreier ist die Serienproduktion

- Bauteil und LP Metallisierung.
Hohe Qualität, sehr gute Benetzbarkeit, niedriger Oxidanteil, auf wenig Schwefel und Phosphorgehalt achten.
- LP Qualität.
Hohe Harzqualität, gute Herstellungsprozesse. Lagerung.
- Lötstopplack.
Qualitativ hochwertige Lacksysteme verwenden.
Auf komplette Durchpolymerisation achten um die Ausgasungsraten zu minimieren.



Materialien

Lotpastenqualität.

- Auf angepasste Chemie achten, die möglichst vollständig vor Erreichen des Schmelzpunktes ausgasen kann.
- Pasten mit möglichst wenig Chemie einsetzen.
- Darauf achten, dass kein recyceltes Lotpulver verwendet wird.
„Virgin material grade A“.

Bei recyceltem Pulver ist Schwefel und Phosphor in erheblichen Mengen vorhanden. Dies führt zu einer überproportional hohen Lunkerbildung. Selbst nach einem Vakuumprozess bilden sich im noch flüssigen Zustand neue Lunker.

Materialien

Amtech's PREMIUM solder is manufactured from grade "A" virgin metals and meets or exceeds IPC Standards (J-Std-006).

<u>Element</u>	<u>J-STD-006 Spec.</u>	<u>Typical Amtech Analysis</u>
Tin	62.5-63.5	62.75-63.5
Antimony	< 0.02	< 0.02
Copper	< 0.08	< 0.001
Silver	< 0.05	< 0.001
Bismuth	< 0.10	< 0.01
Iron	< 0.02	0.0003
Arsenic	< 0.03	0.0009
Zinc	< 0.003	0.0003
Aluminum	< 0.005	0.0003
Cadmium	< 0.002	< 0.001
Sulfur	NA	0.0003
Phosphorus	NA	0.0005
Nickel	< 0.01	0.0003
Lead	Rem-37%	Remainder
Gold	< 0.05	< 0.001
Indium	< 0.10	0.003



Produktdesign

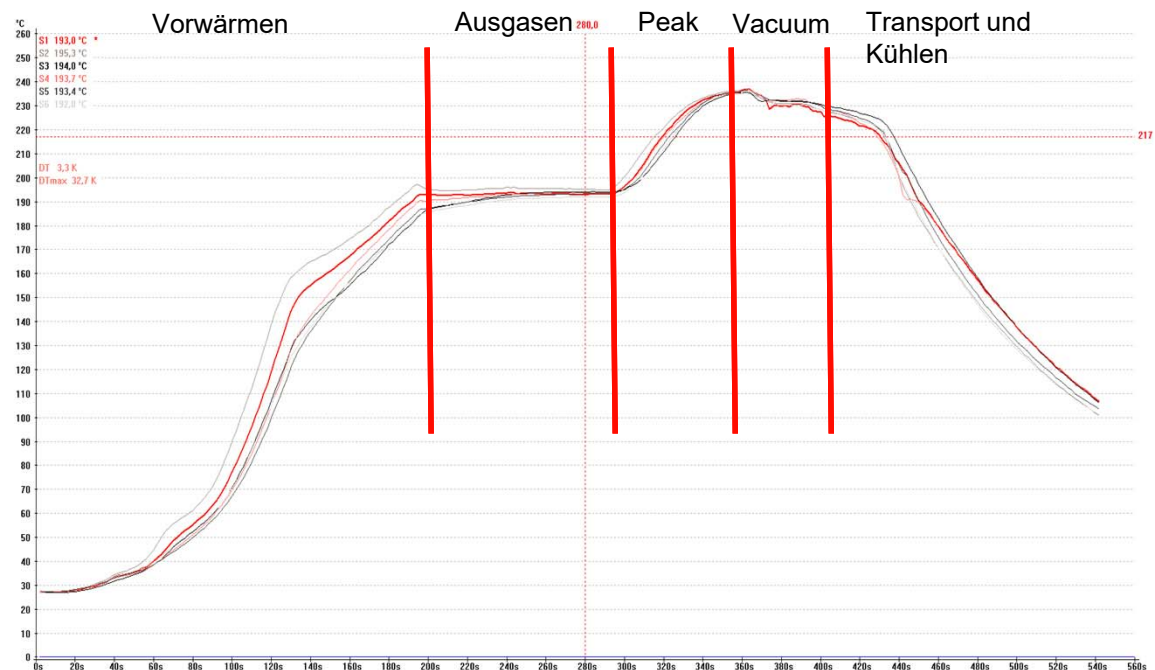
Beim Produktdesign muss schon in der Entwicklungsphase der Grundstein für eine spätere problemlose Serienproduktion gelegt werden.

Auf folgende Dinge muss geachtet werden:

- Vias in oder direkt neben Pads immer pluggen
- Möglichst kleine Pads in Relation zum Bauteilanschluss
- So wenig Lotpaste wie möglich vorsehen
- Bei großflächigen zu verlötenden Strukturen ausreichend Ausgasungsöffnungen vorsehen

Die optimale Profilgestaltung

- Max. 240° C
Spitztemperatur
- Wenn Rampenprofil
notwendig Rampe
zwischen 190 und 200° C.
- Rampendauer ca. 90 sec.
- Delta T in Rampe und
Peak 2 bis 5° C
- Temperatur im Vacuum
ca. 10° C über Liquidus
- Sofortiges Kühlen nach
VAC Ende

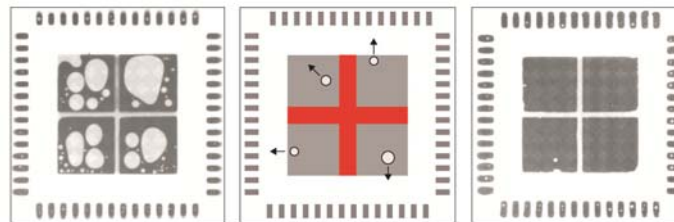


Ausgasung Pastenchemie

- Das Profil muss so gestaltet werden, dass möglichst viel Pastenchemie vor Erreichen des Liquidus ausgasen kann.
- Vorzugsweise langsame Linearprofile.
- Bei Pasten mit „schwierigem Ausgasungsverhalten“ hilft eine Rampe knapp unterhalb des Liquiduspunktes (optimal 10 bis 20° C darunter) Das lässt die Pastenchemie optimal ausgasen.

Einsatz von Vakuumtechnik

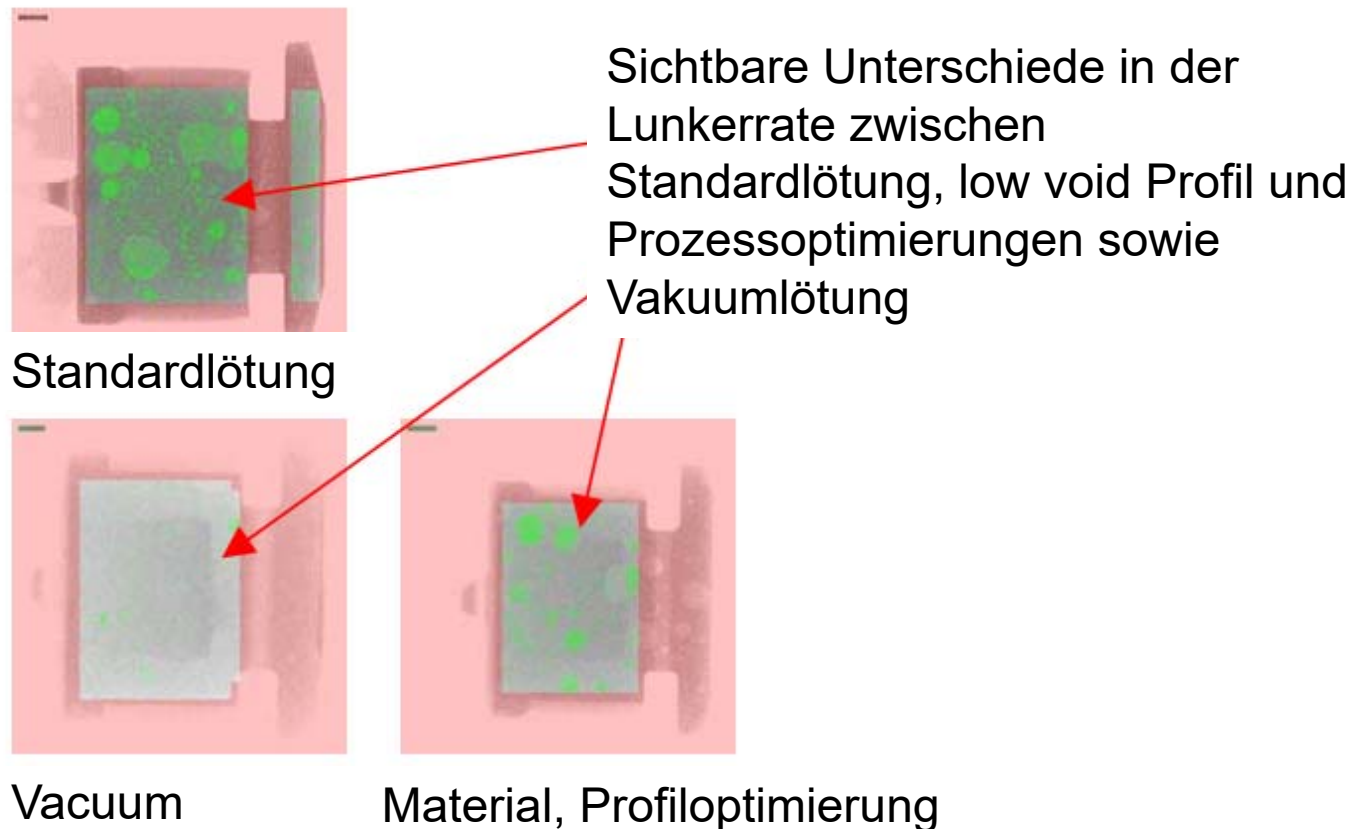
Eine Lötung von Produkten mit einem garantiertem Voidanteil kleiner 15 bis 20% ist unter Einhaltung der bekannten Prozesslimits nur mit Vakuumlötanlagen möglich.



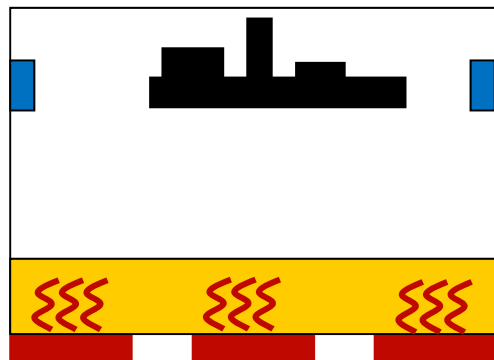
Das Vakuumverfahren im Dampfphasen-Lötprozess hat Asscon bereits 1997 gemeinsam mit einem Industriepartner entwickelt. Bis heute hält Asscon das Verfahrenspatent (Europäisches Patent EP 1 036 626 A2).

2010 entwickelt Asscon diesen Prozess weiter zum Multi Vacuum-Verfahren. Im Multi Vacuum-Lötprozess wird eine Baugruppe während eines Lötvorgangs mehrfach unter Vakuum gesetzt, sowohl vor als auch während des Aufschmelzens der Lotpaste. Besonders geeignet zum Löten extremer, überdurchschnittlich großer Anschlussflächen (z.B. für Leistungselektronik). Multi Vacuum – Der Lötprozess der Zukunft.

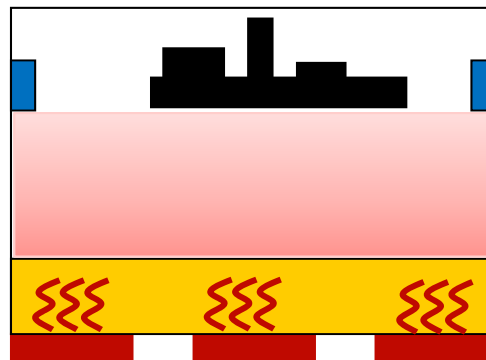
Voidreduktion durch klassische Maßnahmen und Vacuumtechnik



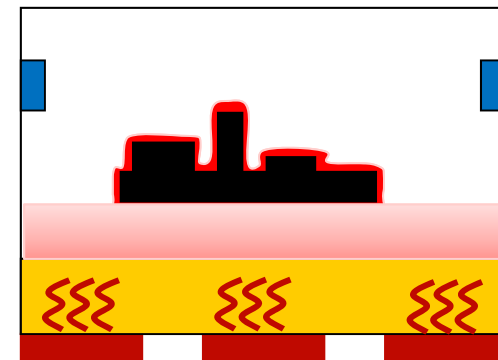
Standardlötprozess - Ablauf



- Prozessflüssigkeit wird bis zu ihrem Siedepunkt aufgeheizt (z.B. 230C für bleifreie Anwendungen)
- Siedepunkt ist zugleich die Prozesstemperatur

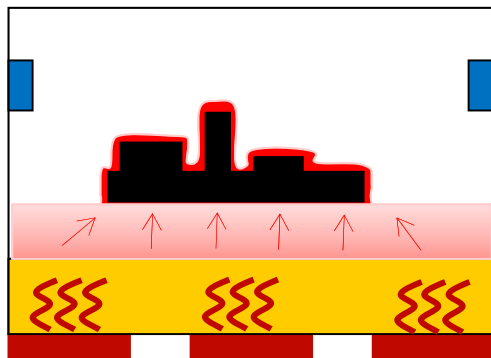


- Energiezufuhr erzeugt Dampf
- Dampfzone baut sich auf
- Dampftemperatur entspricht Siedetemperatur der Prozessflüssigkeit
- Lötprozess kann beginnen

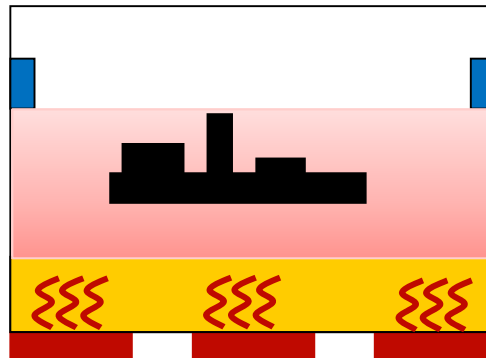


- Baugruppe fährt in die Dampfzone
- Dampf kondensiert auf der Baugruppe und bildet einen geschlossenen Flüssigkeitsfilm um die gesamte Baugruppe
- Dampfzone stabilisiert sich auf Höhe der Baugruppe

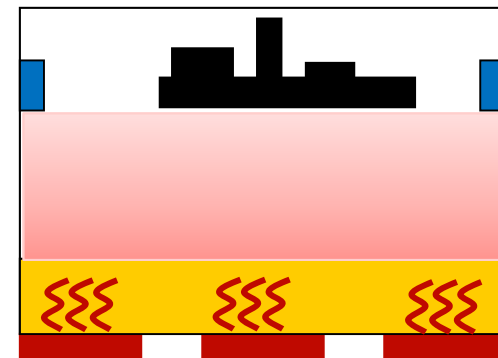
Standardlötprozess - Ablauf



- Flüssigkeitsfilm schließt Oxidation vollständig aus
- über den Flüssigkeitsfilm wird die Energie auf die Baugruppe übertragen
- die Energieübertragung wird über die Dampferzeugung und damit über die Kondensation geregelt

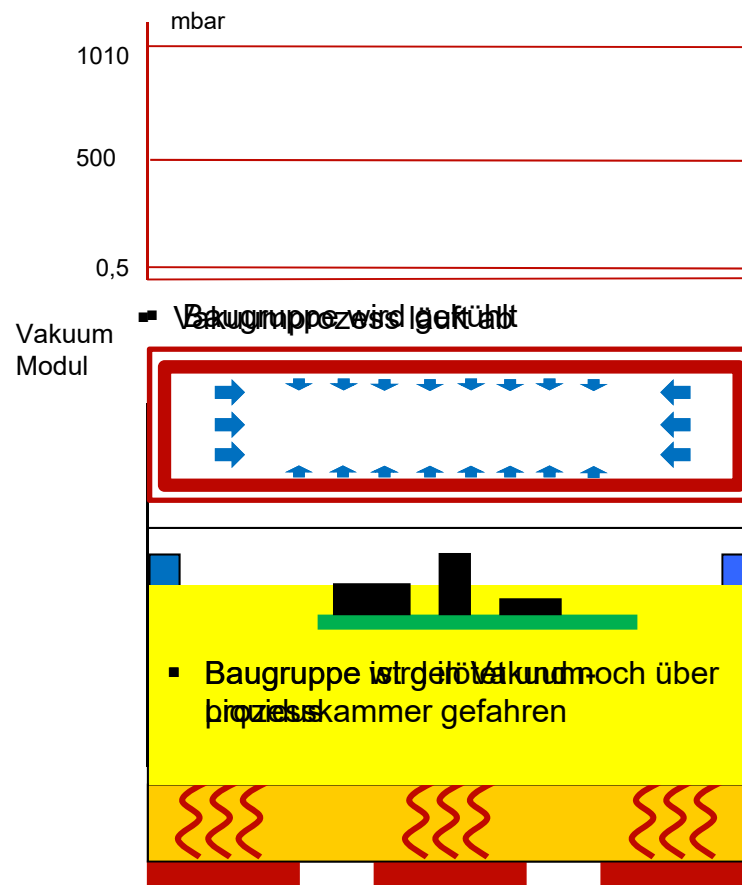


- mit dieser regelbaren Energieübertragung / Kondensation wird das eingestellte Lötprofil erreicht
- Baugruppe erwärmt sich bis zur Dampftemperatur
- Kondensation stoppt automatisch und Dampfzone steigt wieder an



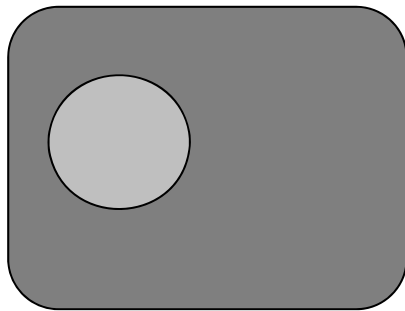
- Lötvorgang ist beendet
- Baugruppe fährt aus der Dampfzone heraus
- Prozessflüssigkeit dampft von Baugruppe sofort vollständig ab
- trockene Baugruppe fährt in Vakuum- und Kühlzone

Vakuumlöten- Prozessablauf

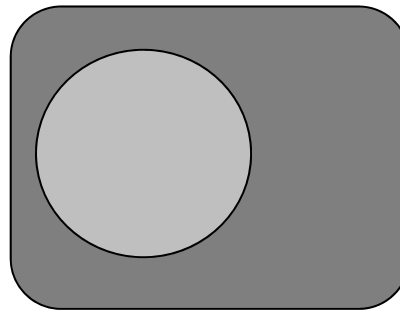


- Baugruppe wird aus Vakuumprozesskammer herausgefahren

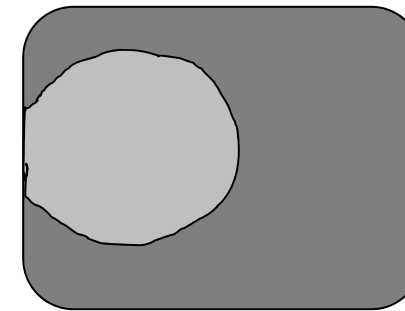
Vakuumprozess – Die Lötstelle



- Lötstelle mit Lunker
- Umgebungsdruck, **1 bar**
- Druck der Gasblase in der Lötstelle entspricht Umgebungsdruck

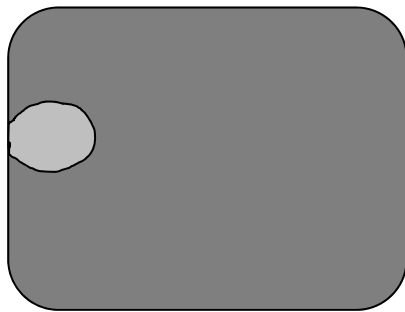


- Start Vakuum, **0,5 bar**
- Reduzierung des Umgebungsdrucks lässt Lunker „wachsen“
- Druck im Inneren des Lunkers passt sich Umgebungsdruck an

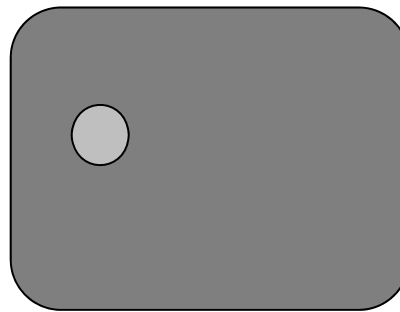


- Erhöhen des Vakuums, **0,1 bar**
- Lunker „wächst“ weiter und durchbricht Oberfläche des Lotes
- Entlüftungskanal entsteht

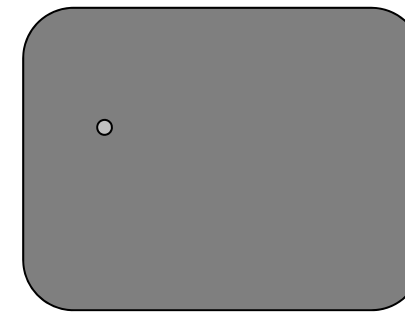
Vakuumprozess – Die Lötstelle



- Druck nähert sich Endvakuum, **50 mbar**
- Lunker wird kleiner
- Flüssiges Lot benetzt die Fläche des Lunkers



- Endvakuum erreicht, **0,5 mbar**
- Oberflächenspannung des flüssigen Lots schließt Entlüftungskanal
- Lunker zieht sich zusammen



- Druck geht zurück auf Umgebungsdruck, **1 bar** (Vakuunkammer belüftet)
- Umgebungsdruck komprimiert Lunker weiter
- Lot erstarrt

Ergebnis: Lunkerraten bis weit unter 1% in der Serie erreichbar – auch bei großflächigen Strukturen.

Clean Vacuum Technology



Was zeichnet „Clean Vacuum Technology“ aus?

- Klare Trennung von Löt- und Vakuumzone (unmittelbar übereinander angeordnet)
- Vakuummodul außerhalb der heißen Dampfzone
- Programmierbare Heizungen halten Lötgut während des gesamten Vakuumprozesses auf Löttemperatur

Clean Vacuum Technology...



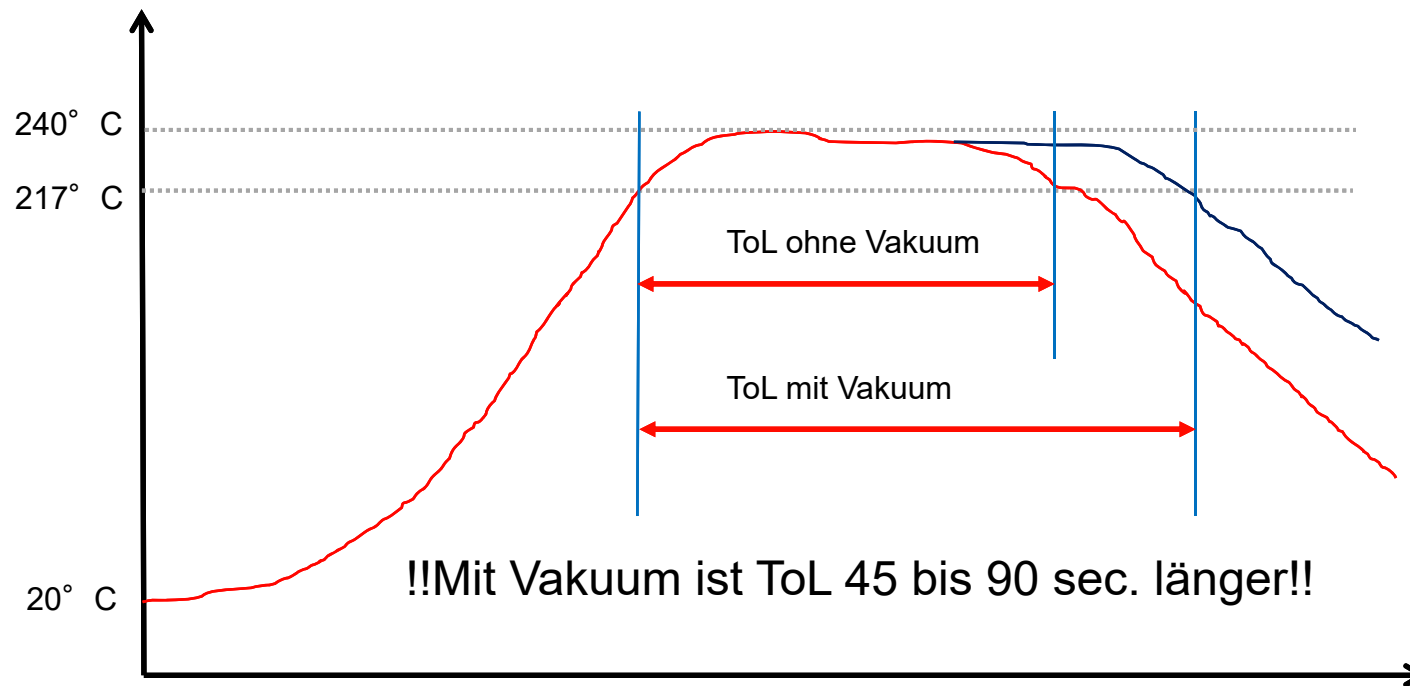
... bedeutet für Ihre Fertigung:

- Verkürzung der Prozesszeit TOL um bis zu 60%.
- Keine Lötfehler infolge nasser Baugruppen (Verrutschen, blow off).
- Sofortiges Kühlen der Baugruppe nach der Vakuumbehandlung garantiert optimale Lötstelle.
- Reduzierung von Wartungszeiten und –kosten.

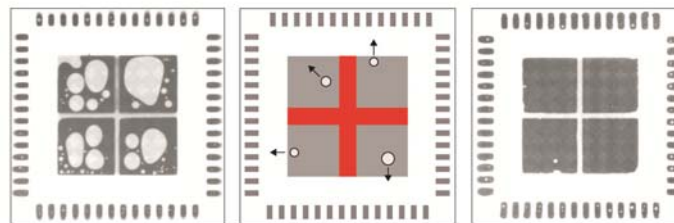
ToL bei Vakuumprozessen

- ToL unter Vakuum ist je nach Produkt und verwendeter Vakuumtechnologie zwischen 45 und 90 sec. länger als bei normalen Reflowanwendungen da der Vakuumprozess immer an den Lötprozess anschließt
- Die geänderten Rahmenbedingungen müssen in der Prozessdokumentation niedergelegt werden.
- Durch die längeren ToL Zeiten müssen ggf. neue Freigaben von Lieferanten/Kunden eingeholt werden.

ToL Vergleich mit/ohne Vakuum

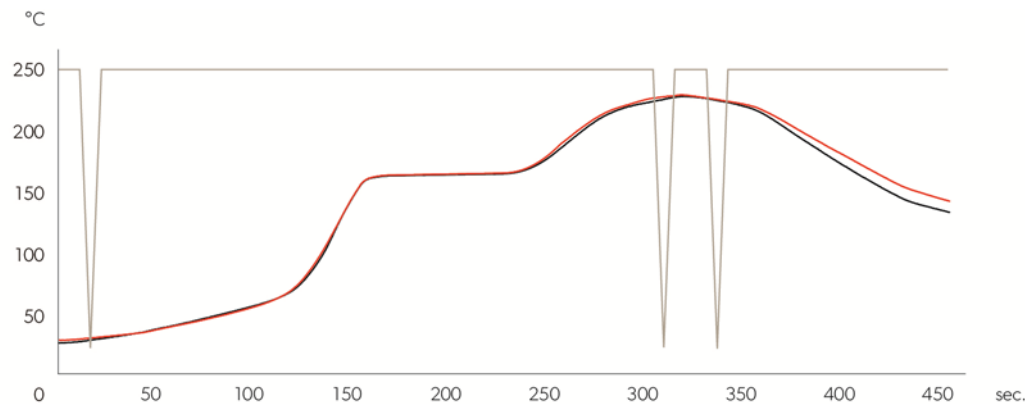


Multi Vacuum



Im Multi Vacuum-Lötprozess wird eine Baugruppe während eines Lötvorgangs mehrfach unter Vakuum gesetzt, sowohl vor als auch während des Aufschmelzens der Lotpaste. Besonders geeignet zum Löten extremer, überdurchschnittlich großer Anschlussflächen (z.B. für Leistungselektronik).

Multi Vacuum



Vakuumprozesse **vor dem Aufschmelzen** der Lotpaste besonders geeignet zur

- Entfernung von Lufteinschlüssen aus dem Fügen der Lötpartner
- Eliminierung von Lunkerpotential schon vor dem Aufschmelzen.

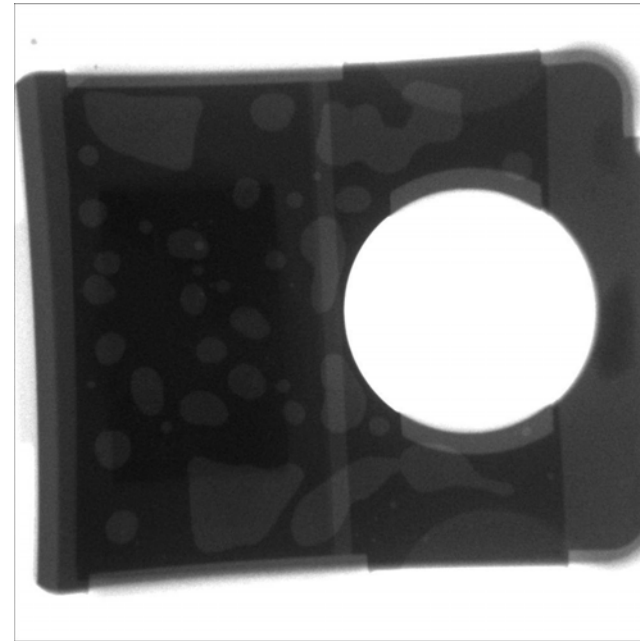
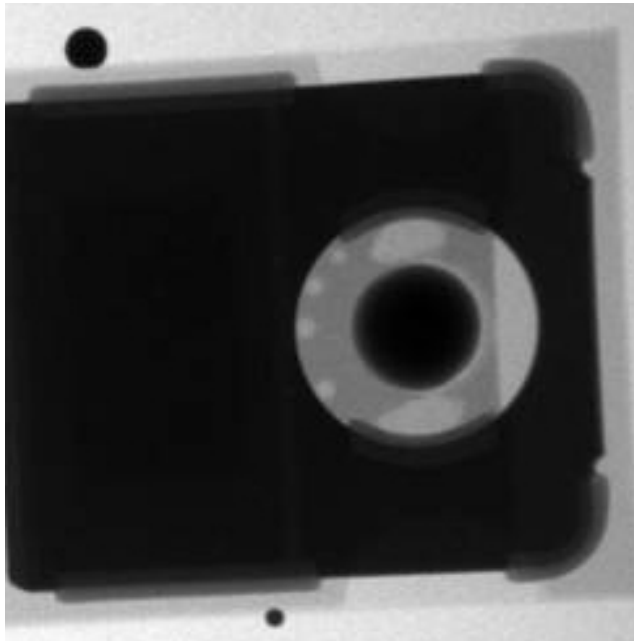
Mehrfache Vakuumprozesse **im Liquidus**

- ermöglichen niedrigste Lunkerraten
- Besonders geeignet für Produkte mit sehr großflächigen Lötanbindungen

Dampfphasen Vakuum Löten

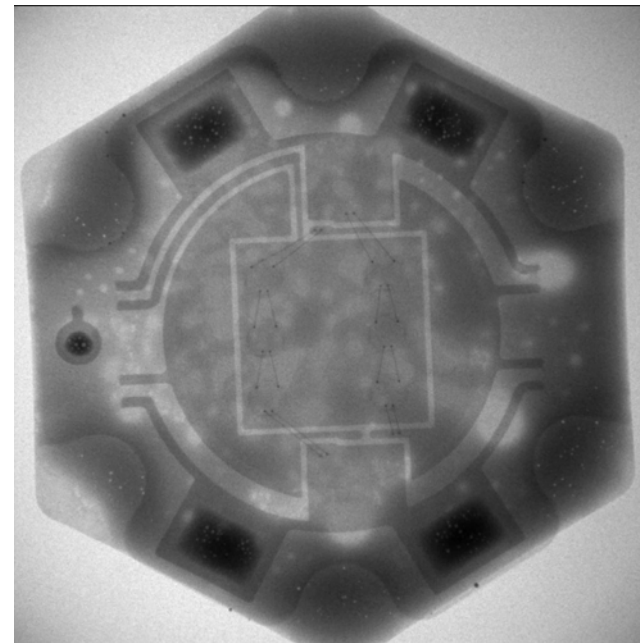
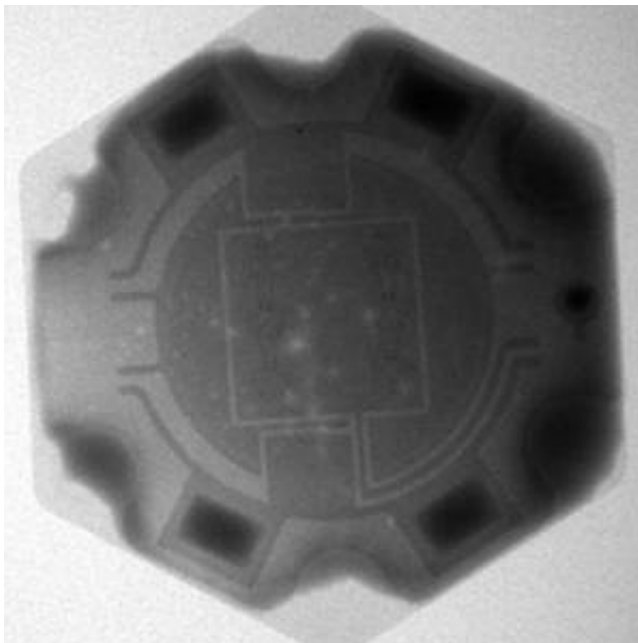
Ergebnisse einer Vakuumbehandlung an typischen Bauteilen, bei denen eine lunkerfreie Lötstelle die Leistungsfähigkeit des Bauteiles verbessert.

Ergebnis mit und ohne Vakuum



Großes MOS FET

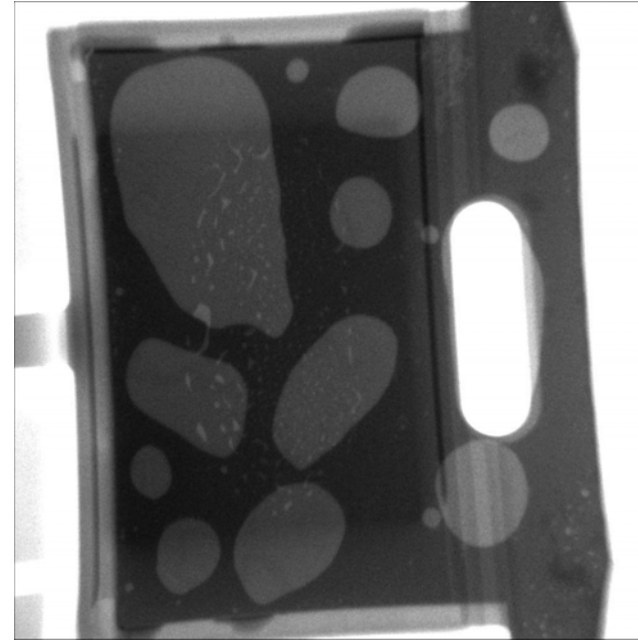
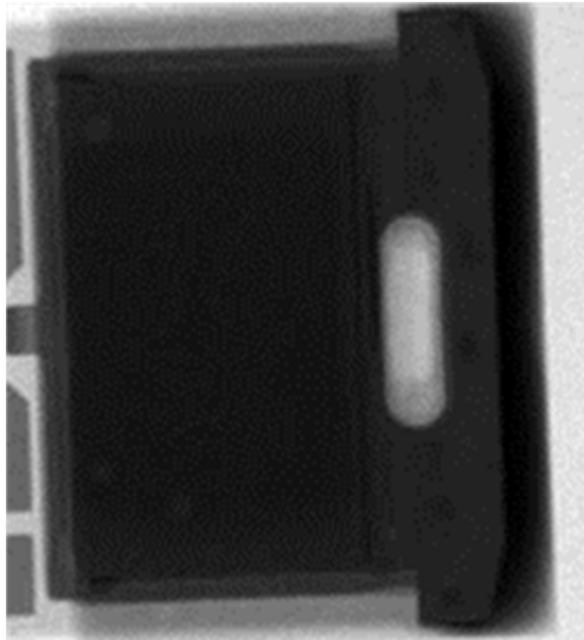
Ergebnis mit und ohne Vakuum



10 W LED

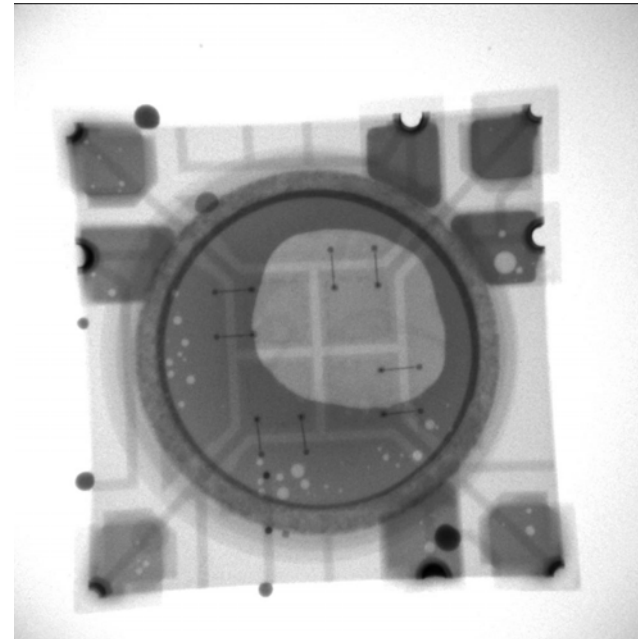
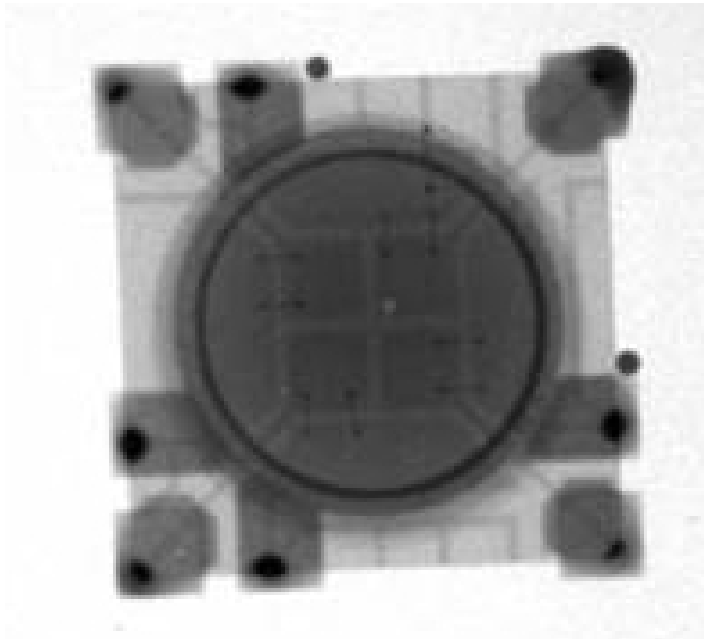
Anwendungsbeispiele aus der Praxis

Ergebnis mit und ohne Vakuum



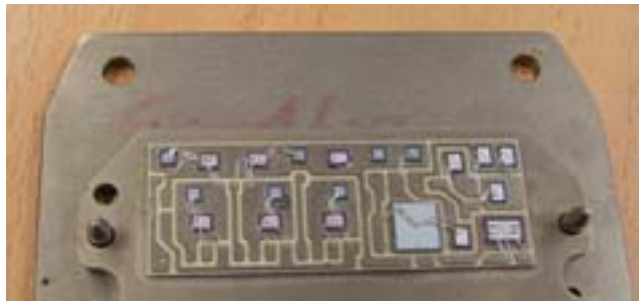
kleines MOS FET

Ergebnis mit und ohne Vakuum



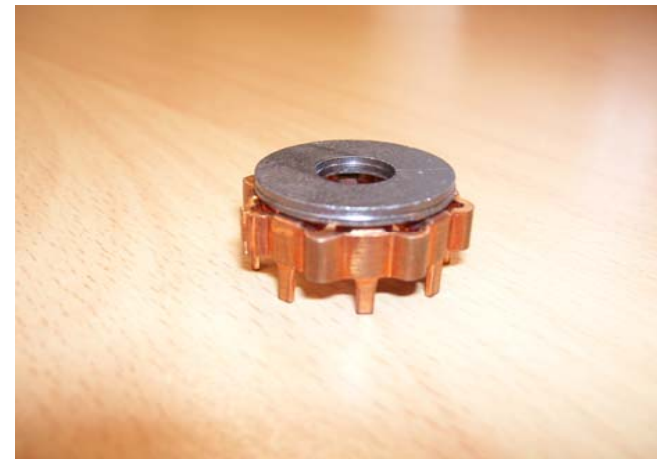
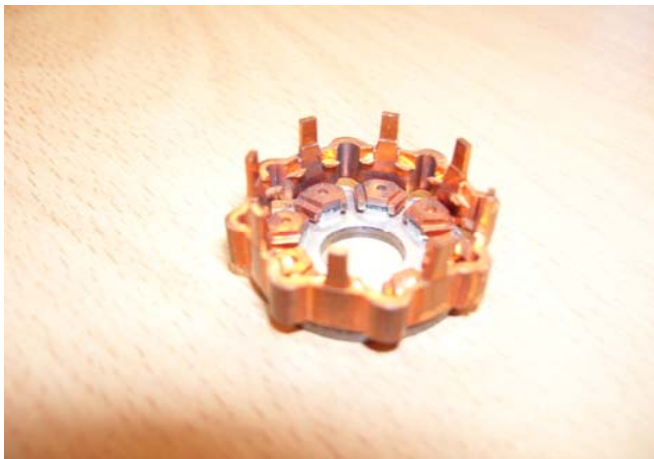
5 W LED

Projektbeispiele



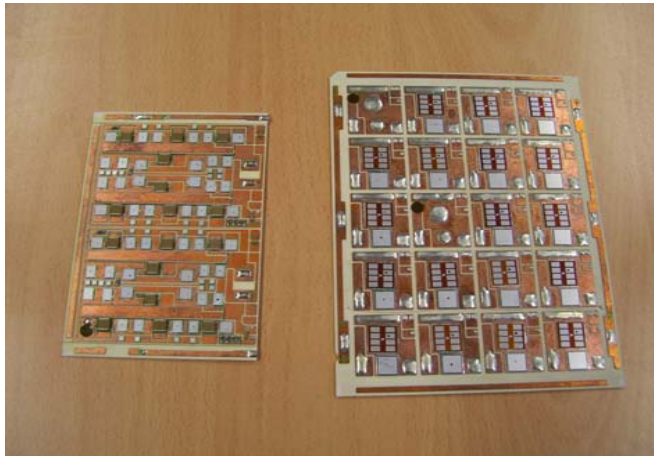
- Simultanlötung DIE / keramischer Grundträger / metallische Grundplatte
- Lunkeranteil < 1%

Projektbeispiele



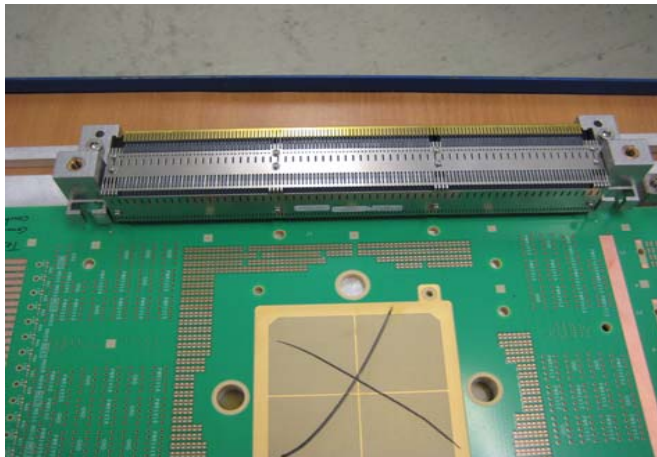
- Pumpenrotor für Hochdruck Benzinpumpen

Projektbeispiele



- Produktion von Powermodulen in beliebigen Größen und Leistungsstufen mit Lunkerraten bis zu unter 1%.
- Taktzeiten bei z.B. 5 x 7“ Keramikmodulen bis zu 15 sec. pro Keramik.
- Bei 20 Einzelmodulen pro 5 x 7“ Keramik liegt die Taktzeit pro Bauteil bei weit unter 1 sec.

Projektbeispiele



- Verlötung von Hochleistung SMD Steckern auf Backplanes mit bis zu 64 Lagen.
Steckergewicht > 0,5 kg,
- Mehrere hundert Kontaktstellen.
- Max. zul. Temperatur 235° C.

Projektbeispiele



- Leistungsboards mit extrem hohem Kupferanteil in den Innenlagen.

Projektbeispiele



- Verlötung von Antennenteilen

SENTINEL 1 bis 3



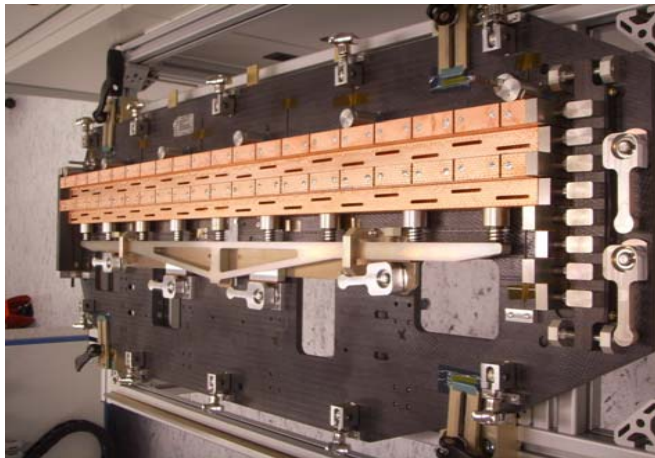
Alle Bilder mit freundlicher Genehmigung der ESA und Fa. Haberer SPACE Tech

- Weltweit leistungsfähigster Radarsatellit für Erdbeobachtungsaufgaben. Herzstück ist die weltweit leistungsfähigste Radarantenne.
- Der Start der 3 Satelliten erfolgte 2014 und 2016 und geplant April 2018.

Die Herausforderung:

- Die Produktion der Antennenteile basierend auf Kohlefaserstrukturen mittels Dampfphasen Vakuumlöten.
- Die Einzelstrukturen sind knapp einen Meter lang. Im Simultanlötverfahren werden alle für die Funktion notwendigen Teile in einem einzigen Lötvorgang miteinander verbunden.

SENTINEL 1 bis 3



- Präparation der Antennenteile in einer Lötvorrichtung.
- Die Lötvorrichtung besteht aus Kohlefaser, Titan, Aluminium und Edelstahl. Das Gesamtgewicht der Vorrichtung incl. Antenne liegt bei weit über 20 kg.
- Die Löt-dauer incl. Vakuumbehandlung liegt bei 10 Minuten.

Projektbeispiele



- Vollflächige Verlotung von großflächigen Rogers Leiterplattenmaterialien in massive Aluminium Oxid Trägerstrukturen.
- Lunkeranteil liegt bei diesen großen Strukturen unter 4% unter Anwendung der Multivakuum Löttechnik.

Löttechnik unter Vakuum

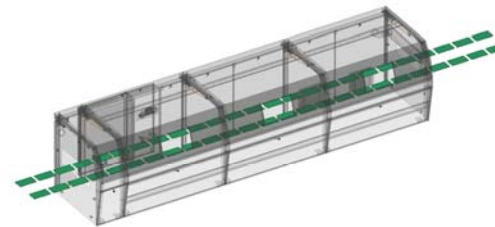
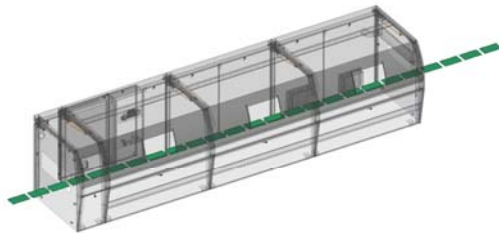
In der Löttechnik besteht die Aufgabe darin, die Anforderung eines Vakuumprozesses großserientauglich umzusetzen.

- Hoher Durchsatz durch entsprechend große Vakuumkammern. Einzel- und Doppeltransport.
- ToL Reduzierung durch Clean Vacuum Technology.
- Vakuumgerechte reproduzierbare Profilierung durch Dynamic Profiling.



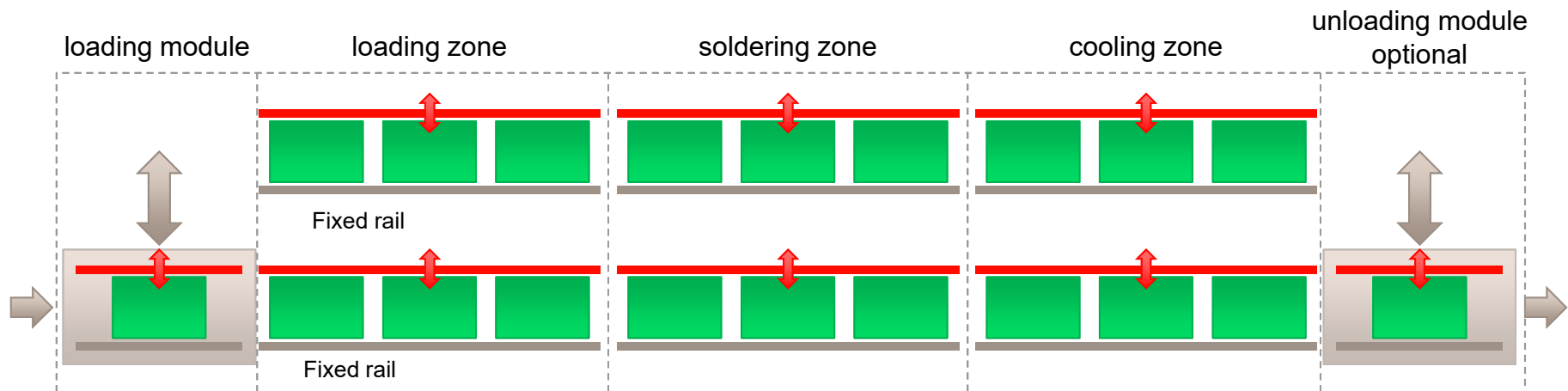
Durchsatzzerhöhung

- Vakuumkammern bis zu 1,4 m Länge. Es können bis zu 8 (16 Doppelspur) Eurokarten gleichzeitig mit Vakuum behandelt werden. Alternativ können auch Großformate wie z. B. 2 x 600 mm oder 1 x 1200mm verarbeitet werden (z.B. LED Produkte).
- Einzel- und Doppeltransport je nach Durchsatzanforderung.
- Prozesszeiten von unter 20 sec. pro Produkt sind je nach Anlagenkonfiguration möglich.
- Es werden keine Werkstückträger verwendet. Es kommen klassische Pin and Chain Transporte mit Mittenunderstützung zum Einsatz.



Symmetrische Zonenauslegung

Beispiel Doppelspurtransport



front side

Vielen Dank für Ihren Besuch!