

Inhaltsverzeichnis

mit Bildhinweisen

- 1 Grundlagen für die Fertigung von Lötverbindungen
- 1.1 Grundwerkstoffe für Lötabugruppen
- 1.1.1 Grundwerkstoffarten
 - Grundwerkstoffarten für Lötabugruppen
- 1.1.2 Metallischer Grundwerkstoff
 - Chemische Elemente – Vorkommen in der Erdkruste
 - Kreislauf der Werkstoffe
 - Metalle und Halbmetalle
 - Periodensystem der Elemente – Metalle und Halbmetalle
- 1.1.2.1 Kompaktwerkstoff als metallischer Grundwerkstoff
 - Co(Ni)-Schmelzlotverbinding – Gefüge im Schliff
- 1.1.2.2 Werkstoffverbund als metallischer Grundwerkstoff
 - Werkstoffverbund mit heterogener Löt:Löt-Verbindung
 - Leiterplatte als Werkstoffverbund mit elementarer Lötverbinding
- 1.1.2.3 Verbundwerkstoff als metallischer Grundwerkstoff
 - Verbundwerkstoff mit heterogener Löt:Kleb-Verbindung
- 1.1.2.4 Schaumwerkstoff als metallischer Grundwerkstoff
 - Schaumwerkstoff mit elementarer Schmelzlotverbinding
- 1.2 Festkörperoberflächen und äußere Festkörperegrenzflächen
- 1.2.1 Oberflächen des Festkörpers
 - Tiefenbereiche verschiedener Prozesse auf den Oberflächen von Festkörpern
 - Topologie einer realen Oberfläche
- 1.2.2 Grenzflächen des Festkörpers
 - Vorbehandelte Grundwerkstoffsgrenzflächen vor dem Löten und zum Löten aktivierte Grundwerkstoffoberflächen
- 1.2.3 Grenzflächen des Festkörpers vor dem Löten
 - Aufbau technischer Oberflächen – Schema
 - Rautiefe und Verformungstiefe nach der Bearbeitung von Stahl mit verschiedenen Schleif- und Poliermitteln

Inhaltsverzeichnis

- 1.2.4.1 Fremdstoffbereich mit adsorbierten Staubteilchen
 - Umweltbedingter Schwebstaub
 - Sekundäre Staubpartikel als Reaktionsprodukte in Gasen
- 1.2.4.2 Fremdstoffbereich mit adsorbierten organischen Molekülen
- 1.2.4.3 Fremdstoffbereich mit adsorbierten Wassermolekülen
 - Phasengrenze Metall-Flüssigkeit
- 1.2.4.4 Fremdstoffbereich mit adsorbierten Gasen
 - Siliziumgrenzflächenrelief mit adsorbierten Gasmolekülen
- 1.2.5 Oberfläche des Festkörpers vor dem Löten
 - Gestaltabweichungen nach DIN 4670
 - Rautiefen bei unterschiedlichen Fertigungsverfahren
 - Rautiefen für einen selbstständigen Stoffschluss
- 1.2.6 Werkstoffbereiche auf und unter der Festkörperoberfläche – Grundlagen
- 1.2.6.1 Werkstoffbereich mit Reaktionsgefüge auf der Oberfläche
 - Zeit für die Bildung einer Sauerstoffmonolage in Abhängigkeit vom Umgebungsdruck
 - Zusammensetzung des Reaktionsgefüges nach Teilefertigung
 - Zusammensetzung des Reaktionsgefüges nach Teilefertigung und mechanischem Abrieb
- 1.2.6.2 Werkstoffbereich mit Verformungsgefüge unter der Oberfläche
 - Bearbeitungsschicht an einem Kupfereinkristall mit erhöhter Versetzungsichte
- 1.3 Homologe Temperaturen
- 1.3.1 Festigkeit von Metallen und homologe Temperatur
 - Einfluss der Temperatur auf die Festigkeit von Metallen und Metalllegierungen
- 1.3.2 Kriechwiderstand von Schmelzlotverbindungen und homologe Temperatur
 - Zulässige Betriebstemperaturen für Schmelzlotverbindungen bei einer kritischen homologen Temperatur von 0,85
- 1.3.3 Aggregatzustände und homologe Temperatur
 - Physikalische und technische Aggregatzustände
- 1.3.4 Fertigungsverfahren und homologe Temperatur
 - Homologe Temperaturen – Bedeutung für die Löt-, Schweiß- und Fertigungstechnik
- 1.4 Fügen und Fügeverbindungen
- 1.4.1 Fügen
 - Fügen – ein Fertigungshauptverfahren
- 1.4.2 Fügeverbindung
 - Formschlussverbindung – punktförmige
 - System der Fügeverbindungen

- 1.4.3 Fügeverbund
- 1.4.4 Formschlussverbindung
- 1.4.5 Kraftschlussverbindung
- 1.4.6 Stoffschlussverbindung
 - Kontakte in Fügeanschlussflächen
- 2 Lötverbindungen in Lötbaugruppen
- 2.1 Lötverbindung als Stoffschlussverbindung
 - 2.1.1 Stoffschlussverbindungen
 - Stoffschlussverbindungen – mögliche Varianten
 - Wandelverbindungen zwischen Diamant und Graphit
 - 2.1.1.1 Lötverbindung als Stoffschlussverbindung
 - Werkstoffspezifischer Aufbau der Stoffschlussverbindungen
 - 2.1.1.2 Schweißverbindung als Stoffschlussverbindung
 - 2.1.1.3 Klebverbindung als Stoffschlussverbindung
 - 2.1.2 Chemische Bindungen in Stoffschlussverbindungen
 - Bindungsarten und ihre Zwischenformen (Mischbindung) nach [1] und Zuordnung der Kleb-, Löt- und Schweißverbindungen
 - 2.1.3 Wesen der Fertigung von Lötverbindungen
 - Elementare mittelbare Lötverbindung als Werkstoffverbund mit zwei Phasen und zwei inneren Grenzflächen
 - 2.1.4 Wirkprinzip der Stoffvereinigung beim Löten
 - 2.1.5 System der Lötverbindungen
 - Gattungen, Gruppen, Klassen, Arten, Typen und Untertypen von Lötverbindungen
 - 2.1.6 Anzahl der für einen Werkstoff möglichen Stoffschlussverbindungen
 - Anzahl der für einen Werkstoff prinzipiell möglichen Stoffschlussverbindungen
 - Natürliche letal-vitale Klebverbindungen im Perlmutt
- 2.2 Metall-, Keramik- und Kunststoff-Stoffschlussverbindungen
- 2.2.1 Klebverbindungen – Lötverbindungen
 - 2.2.1.1 Metall-Klebverbindung
 - Metall-Klebverbindung – Metallrotor mit Metallwelle
 - 2.2.1.2 Keramik-Klebverbindung
 - Keramik-Klebverbindungen
 - 2.2.1.3 Kunststoff-Klebverbindung
 - Kunststoff-Klebverbindung
- 2.2.2 Lötverbindungen – Lötverbindungen
 - 2.2.2.1 Metall-Lötverbindung
 - Kupfer-Mikroreaktor mit Metall-Lötverbindungen

- 2.2.2.2 Keramik-Lötverbindung
 - Oxidkeramische Grundwerkstoffe und Zusatzwerkstoffe
 - Zusammensetzung einer Keramik-Lötverbindung
- 2.2.2.3 Kunststoff-Lötverbindung
 - Manuelles Schmelzlöten von Kunststoff-Lötverbindungen
- 2.2.3 Schweißverbindungen – Lötverbindungen
- 2.2.3.1 Metall-Schweißverbindung
 - Gefüge von Metall-Schmelzsenschweißverbindungen
- 2.2.3.2 Keramik-Schweißverbindung
 - Keramik-Schweißverbindung und Keramik-Schweißbaugruppen
- 2.2.3.3 Kunststoff-Schweißverbindung
 - Kunststoff-Schweißverbindung und Kunststoff-Schweißbauteil
- 2.3 Elementare Lötverbindung
 - Elementare mittelbare Schmelzlotverbindung durch Laserschweißen und elementare unmittelbare Presslotverbindung durch Rührreibschweißen
- 2.3.1 Elementare Presslotverbindung
 - Elementare mittelbare Titanpresslotverbindung durch Diffusionsschweißen und elementare unmittelbare Stahlpresslotverbindung durch Reibschweißen
- 2.3.1.1 Elementare unmittelbare Presslotverbindung und das Problem der Schweißbarkeit
 - Verfahren zur Fertigung von Pressschweißverbindungen und Press-lötverbindungen
 - Ultraschallfügen von Presslotverbindungen und Pressschweiß-verbindungen
 - Presslotverbindungen und Pressschweißverbindungen durch Bonden
- 2.3.1.2 Elementare mittelbare Presslotverbindung
 - Mittelbare Presslotverbindungen durch Kaltpressschweißen
- 2.3.2 Elementare Schmelzlotverbindung
 - Elementare mittelbare Schmelzlotverbindungen durch Ofenlöten und Flammlöten
- 2.3.2.1 Elementare unmittelbare Schmelzlotverbindung und das Problem des Auftragschweißens, Metallspritzens und Verbundgießens
 - Gemischte unmittelbare Kupfer-Schmelzschweiß-/Stahl-Schmelzlot-Verbindung und Aluminium-Schmelzsenschweiß-/Stahl-Schmelzlot-Verbindung durch Schmelzschweißen
 - Elementare unmittelbare Kupfer-Schmelzlot-/Silber-Schmelzlot-Verbindungen durch Schmelzlöten mit Reaktionslot
 - Elementare unmittelbare Schmelzlotverbindung durch Auftragschweißen
 - Elementare unmittelbare Schmelzlotverbindung durch Verbundgießen

- 2.3.2.2 Elementare mittelbare Schmelzlötverbindung und das Problem des Flüssigphasensinters
 - ▶ Elementare mittelbare Stahl(AgCu)Stahl-Schmelzlötverbindung und Cu(AgCu)Cu-Schmelzlötverbindung
 - ▶ Elementare mittelbare Schmelzlötverbindungen durch Flüssigphasensintern
- 2.3.3 Elementare mittelbare Kondensationslötverbindung
 - ▶ Elementare mittelbare Kondensationslötverbindungen durch galvanisches Abscheiden
- 2.4 Gemischte Lötverbindung
 - ▶ Gemischte Al(ZnAl₂)-Löt/Stahl(ZnAl₂)-Schmelzlöt-Verbindung
- 2.4.1 Gemischte Löt/Löt-Verbindung
 - ▶ Gemischte mittelbare Löt/Löt-Verbindungen durch Ofenlöten
- 2.4.2 Gemischte Löt/Schweiß-Verbindung
 - ▶ Gemischte unmittelbare Löt/Schweiß-Verbindungen
- 2.4.3 Gemischte Löt/Kleb-Verbindung
 - ▶ Gemischte unmittelbare Löt/Schweiß-Verbindungen
- 2.5 Heterogene Lötverbindung
 - ▶ Verbundwerkstoffe – Einteilung und Anwendung
 - ▶ Verbundwerkstoffe für Kühlkörper in Hochleistungselektronikbaugruppen
 - ▶ Heterogene mittelbare Löt:Kleb-Verbindung durch Schmelzlöten von WC-Hartmetall mit einem CrNiMo-Stahl
- 2.5.1 Heterogene Löt:Löt-Verbindung
- 2.5.2 Heterogene Löt:Kleb-Verbindung
- 2.6 Kombinierte Lötverbindung
 - ▶ Kombinierte Schmelzschweiß-Schmelzlöt-Verbindung
- 2.6.1 Kombinierte Löt-Stoffschluss-Verbindung
 - ▶ Kombinierte Presslöt-Schmelzkleb-Verbindung durch Kleben mit Silberpartikeln gefülltem Epoxydharz
 - ▶ Kombinierte Schmelzschweiß-Schmelzlöt-Verbindung
- 2.6.2 Kombinierte Löt-Kraftschluss-Verbindung
 - ▶ Kombinierte Presslöt-Schrauben-Verbindung
 - ▶ Kombinierte Presslöt-Querpress-Verbindung
- 2.6.3 Kombinierte Löt-Formschluss-Verbindung
 - ▶ Kombinierte Schmelzlöt-Formschluss-Verbindung zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften der Durchsetzungsfugeverbindung
 - ▶ Kombinierte Schmelzlöt-Formschluss-Verbindung zur Verbesserung der Dauerfestigkeit der Lötverbindung
- 2.6.4 Kennzeichnung der elementaren, gemischten, heterogenen und kombinierten Lötverbindung in Arbeitsunterlagen
 - ▶ Kennzeichnung elementarer, heterogener, gemischter und kombinierter Lötverbindungen in konstruktiven und technologischen Arbeitsunterlagen

- 2.7 Feste, viskose, flüssige und bewegliche Metall-Lötverbindungen
- 2.7.1 Feste Lötverbindung
 - Aggregatzustände von Stoffen
 - Aggregatzustände des Lötguts → Lötverbindungsgruppen
- 2.7.2 Viskose Lötverbindung
 - Homologe Temperaturen und mechanische Eigenschaften von Metallen
 - Aggregatzustände beim Löten → Lötverfahren und Lötverbindungstypen
- 2.7.3 Flüssige Lötverbindung
 - Zyklen bis zum Bruch von Weichlötverbindungen
 - Fest-flüssige kombinierte Löt-Löt-Verbindung
 - Aluminiuminhibitor in Lotschmelzen zur Verringerung der Flüssig-Metall-Korrosion
 - Flüssige Lötverbindungen in Steckverbindern
 - Fest-flüssige kombinierte Löt-Kleb-Verbindung – elektrischer Widerstand
 - Fest-flüssige kombinierte Löt-Kleb-Verbindung – Korngröße im Lötgut
- 2.7.4 Bewegliche Lötverbindung
 - Fertigungsverfahren Füllen nach DIN 8593
 - Flüssige Lote in Wärmetauschern und elektrischen Flüssig-Metall-Kontakten
- 3 Lötbaugruppen mit Lötverbindungen
- 3.1 Konstruktive Gestaltung
- 3.1.1 Konstruktive Aufbauvarianten
 - Konstruktive Grundvarianten der Lötbaugruppen
 - Geometrische Varianten der Lötbaugruppen
 - Geometrische Varianten der Elektronikbaugruppen
- 3.1.2 Stoßarten der Lötverbindungen
 - Stoßarten zwischen den Lötbauteilen
- 3.1.3 Montagespalt und Lötspalt
 - Spaltbreitenänderung bei Erwärmung auf Löttemperatur
- 3.1.4 Lötflächenoptimierung zur Verbesserung der Verbindungswertigkeit
 - Berechnung der Überlapp-Lötverbindungen [1] und das Problem der Einstekklötverbindungen
 - Berechnung der Festigkeit von zug- oder druckbelasteten Bundbolzen-Platte-Lötverbindungen
 - Festigkeit von Lötverbindungen – Einfluss von Lötfläche, Montagespalt, Bauteildicke, Überlapplänge und Löt-Zusatzwerkstoffen
- 3.2 Primat der Lötverbindung und Lötbarkeit
- 3.2.1 Primat der Lötverbindung
 - Lichtbogen – multifunktionale Anwendung zur Fertigung von formschlüssigen, kraftschlüssigen und stoffschlüssigen Fügeverbindungen

- 3.2.2 Lötbarkeit
 - Lötbarkeit als Gesamtheit von Lötmöglichkeit, Löteignung und Löt-sicherheit
- 3.2.2.1 Lötmöglichkeit als Element der Lötbarkeit
 - Energie- und Wärmequellen für die Fertigung von Lötverbindungen
- 3.2.2.2 Löteignung als Element der Lötbarkeit
 - Lötverfahren – Bewertung anhand von Flexibilität und spezifischem Zeitaufwand
 - Lötverfahren – Bewertung anhand lötbarer Stoßarten und Fertigungsart
- 3.2.2.3 Löt-sicherheit als Element der Lötbarkeit
- 3.3 Qualität und Qualitätsabweichungen
- 3.3.1 Qualität der Lötverbindung
- 3.3.2 Qualitätsabweichungen in Lötverbindungen
 - Fehler und Mängel – Qualitätsabweichungen in Lötverbindungen
 - Qualitätsabweichungen – Einfluss auf die Systemeigenschaften von Lötverbindungen
- 3.3.3 Fehler und Mängel in Lötverbindungen
 - Fehler und Mängel als Qualitätsabweichungen in Lötverbindungen
- 3.3.4 Fehler in Schmelzlötverbindungen
- 3.3.4.1 Risse in Schmelzlötverbindungen
 - Rissarten in Schmelzlötverbindungen
- 3.3.4.1.1 Schrumpfungs- und Ausdehnungsrisse in Schmelzlötverbindungen
 - Verformungsquellen beim Schmelzlöten mit globaler und lokaler Erwärmung
 - Schrumpfungs- und Ausdehnungsrisse in Elektronikbaugruppen
- 3.3.4.1.2 Versprödungsrisse in Schmelzlötverbindungen
 - 2. Temperaturintervall der Sprödigkeit als Ursache für Versprödungsrisse
- 3.3.4.1.3 Lamellenrisse in Schmelzlötverbindungen
 - Innere metallurgische Kerben als Ursache für Lamellenrisse
- 3.3.4.1.4 Kaltrisse in Schmelzlötverbindungen
 - Kaltrisse in Schmelzlötverbindungen und Schmelzschweißverbindungen
- 3.3.4.1.5 Untersolidusrisse in Schmelzlötverbindungen und das Problem der Löt-brüchigkeit
 - Untersolidusrisse in Schmelzlötverbindungen
 - Korngrenzenlötverbindungen neben der Schmelzlötverbindung
- 3.3.4.1.6 Warmrisse in Schmelzlötverbindungen
 - Warmrisse in Schmelzlötverbindungen
- 3.3.4.2 Durchschmelzungen in Schmelzlötverbindungen
 - Durchschmelzungen in Schmelzlötverbindungen

- 3.3.4.3 Einschlüsse in Schmelzlotverbindungen
 - Einschlüsse in Schmelzlotverbindungen
 - Entstehung von metastabilen Kristallisationskeimen in der Lötgutschmelze
 - Antiblasen im Bier und Lottropfen im Schmelzlotgut
- 3.3.4.4 Poren und Blasen in Schmelzlotverbindungen
 - Poren und Blasen in Schmelzlotverbindungen
 - Wasserstofflöslichkeit in Metallen
 - Blasen in Schmelzlotverbindungen
- 3.3.4.5 Lunker in Schmelzlotverbindungen
 - Makrolunker und Mikrolunker
 - Lunkerbildung durch Volumenschwund – Schema
- 3.3.4.6 Oberflächenbelegungen in Schmelzlotverbindungen
 - Flussmittelrückstände in Lötabugruppen mit verdeckten Schmelzlotverbindungen
 - Metalldendriten und intermetallische Phasen als Oberflächenbelegungen
- 3.3.4.7 Falschbenetzungen in Schmelzlotverbindungen
 - Unterbenetzung, Fehlbenetzung und Überbenetzung beim Schmelzloten
 - Lotzapfen, Lotspinnen und Lotperlen beim Schmelzloten
- 3.3.4.8 Lageabweichungen in Schmelzlotverbindungen
 - Lageabweichungen in Schmelzlotverbindungen von Elektronikbaugruppen
 - Grabsteineffekt als Lageabweichung
- 3.3.4.9 Gestaltabweichungen in Schmelzlotverbindungen
 - Gestaltabweichungen in Schmelzlotverbindungen
- 3.3.5 Verbindungswertigkeit zur Bewertung der Qualität
 - Zugfestigkeit von elementaren und kombinierten Stahl(Kupfer)-Schmelzlotverbindungen
 - Verbindungswertigkeit und normierte Zugfestigkeit von Stahl(Kupfer)-Lötverbindungen
 - Verbindungswertigkeit zur Bewertung der erreichten Lötbarkeit
- 3.3.6 Irdische Betriebsbedingungen
- 3.4 Eigenschaften der Lötverbindungen
- 3.4.1 Systemeigenschaften der Lötverbindung
 - Systemeigenschaften der Lötverbindung und ihre möglichen Veränderungen bis zum Lebensdauerende – Schema ohne Diffusionszone und Mischkristallschicht
 - Systemeigenschaften und Materialeigenschaften
 - Kriechwiderstand des Löt-Zusatzwerkstoffes SnPb37 und einer Cu(SnPb37)-Schmelzlotverbindung
 - Montagespalt und Zugfestigkeit von Stahl(Kupfer)-Schmelzlotverbindungen

- 3.4.2 Konstruktionseigenschaften der Lötverbindung
 - Konstruktionseigenschaften der Lötverbindungen bzw. Lötauftragungen
- 3.4.3 Funktionseigenschaften der Lötverbindung
 - Funktionseigenschaften der Lötverbindungen bzw. Lötauftragungen
 - Konstruktionslöte und Funktionslöte für die Fertigung von mittelbaren Schmelzlotverbindungen
 - Funktionslöte – Beispiele
- 3.4.4 Gebrauchseigenschaften der Lötverbindung
 - Gebrauchseigenschaften der Lötverbindungen bzw. Lötauftragungen
 - Spezifische Zugfestigkeit (links) und spezifische Streckgrenze (rechts) von metallischen und nichtmetallischen Werkstoffen
 - Spezifische Streckgrenze (rechts) von metallischen und nicht-metallischen Werkstoffen
- 3.4.5 Verbindungswertigkeit mit niedrigen Werten als prinzipieller Mangel der Lötverbindungen
 - Niedrige Verbindungswertigkeit – prinzipieller Mangel der Lötverbindungen
 - Verbindungswertigkeit von Stoffschlussverbindungen
 - Verbindungswertigkeit von Aluminiumschweißverbindungen und Aluminiuumlötverbindungen
- 3.4.6 Verbesserung der Verbindungswertigkeit durch höherwertige Löt-Zusatzwerkstoffe und Lötverfahren – 1. und 2. Gebot der Löttechnik
 - 3.4.6.1 Höherfeste Fertiglote zur Verbesserung der Verbindungswertigkeit
 - FeMn-Mischkristall-Fertiglote – Zusammensetzung
 - FeMn-Mischkristall-Fertiglote – Eigenschaften
 - FeMn-Fertiglote – Schmelzlöten von Rohrleitungen und Hochspannungsleitungen
 - Palladiumfertiglote – Schmelzlöten von CrNi-Stählen
 - 3.4.6.2 Verbundlote zur Verbesserung der Verbindungswertigkeit
 - Nickellote (teilchenverstärkte) zum Schmelzlöten der gerichtet erstarrten warmfesten Ni-Superlegierung SchS26
 - Zugfestigkeit und Gefüge der mit Nickel-Verbundloten gefertigten Lötverbindungen
 - 3.4.6.3 Adaptive Schmelzlotverbindungen zur Verbesserung der Verbindungs-wertigkeit
 - Umwandlung des Reaktions-Verbundlotes in das adaptive Verbundlötgut
 - Adaptive Erhöhung des Kriechwiderstandes durch Anwendung von Verbundloten
 - Adaptive Erhöhung der Auslöttemperatur durch Anwendung von Verbundloten
 - 3.4.6.4 Adaptive Presslötverbindungen zur Verbesserung der Verbindungs-wertigkeit
 - Wickelverbindungen mit lokalen adaptiven Presslötverbindungen
 - Gefüge der lokalen adaptiven Presslötverbindungen in Wickelverbindungen

- ▶ Welle-Naben-Pressverbindungen mit lokalen adaptiven Presslötverbindungen
- ▶ Massearmer Drehmomentbegrenzer mit Welle-Naben-Pressverbindung und lokalen adaptiven Presslötverbindungen
- 3.4.6.5 Kombinierte Lötverbindungen zur Verbesserung der Verbindungswertigkeit
 - ▶ Kombinierte stoffschlüssige Lötverbindungen
- 3.4.6.6 Übersoliduslöten zur Verbesserung der Verbindungswertigkeit
- 3.4.7 Verbesserung der Verbindungswertigkeit durch Oberflächen- und Volumendesign – 1. und 2. Gebot der Löttechnik
 - ▶ Oberflächendesign und Volumendesign von Lötverbindungen
 - ▶ Bruchverlauf in Hartmetall-Lötverbindungen und Elektroniklötbaugruppen mit 2D-Lötoberflächen
- 3.4.7.1 Oberflächendesign vor dem Löten zur Verbesserung der Verbindungs-wertigkeit
 - ▶ Gemischte Aluminium-Löt-/Titan-Löt-Verbindung mit einer Oberflächen-strukturierung – Scherfestigkeit über Anzahl der Prüfzyklen
 - ▶ Halbleiter-Lötbaugruppen mit einer berechneten Oberflächenstruktur
 - ▶ Presslötverbindungen und Klebverbindungen mit negativen Form-elementen zur Oberflächenstrukturierung
 - ▶ Schmelzlötverbinding mit einseitiger Oberflächenprofilierung und Form-schlussverbinding unter Nutzung beidseitiger Oberflächenstrukturierung
- 3.4.7.2 Oberflächendesign während des Schmelzlötens zur Verbesserung der Verbindungs-wertigkeit
 - ▶ Oberflächenstrukturierung durch Pendeln der Wärmequelle während des Schmelzlötens
- 3.4.7.3 Volumendesign des Löt-Zusatzwerkstoffs vor dem Löten zur Verbesserung der Verbindungs-wertigkeit
- 3.4.7.4 Volumendesign des Lötgutes während des Schmelzlötens zur Verbesserung der Verbindungs-wertigkeit
 - ▶ Volumenstrukturierung des Lötguts in-situ beim Schmelzlöten
 - ▶ Kombinierte Stahl-Schweißlöt-Verbindungen erhöhter Verbindungs-wertigkeit
- 3.4.8 Verbesserung der Verbindungs-festigkeit durch Verfestigungsbehandlungen – 1. und 2. Gebot der Löttechnik
 - ▶ Festigkeit über Versetzungsdichte
 - ▶ Thermischer Lötzyklus mit thermischer Behandlung während des Löten
 - ▶ Mögliche Varianten der Verfestigung von Metallen – Schema für Stahl
- 3.4.8.1 Mechanische Behandlung des festen Grundwerkstoff vor dem Löten zur Verfestigung der Lötverbindung
 - ▶ Einfluss einer plastischen Verformung des Grundwerkstoff vor dem Löten auf die Eigenschaften der Schmelzlötverbindungen
 - ▶ Vererbung der Korngröße und der kristallographischen Orientierung des Grundwerkstoff beim homoepitaxielen Erstarren der Schweißgutschmelze

- ▶ Vererbung der Korngröße und der kristallographischen Orientierung des Grundwerkstoffes beim heteroepitaxielen Erstarren der Lötgutschmelze
 - ▶ Einfluss der Vorbehandlung auf die Festigkeit von Schmelzlotverbindungen
- 3.4.8.2 Thermo-chemische Behandlung des festen Grundwerkstoffes vor dem Löten zur Verfestigung der Lötverbindung
- ▶ Thermische Behandlung des fest-flüssigen Lötverbundes beim Löten zur Verfestigung der Lötverbindung
 - ▶ Überzeiten bei Löttemperatur und Kriechwiderstand von Kupfer-Schmelz-lötverbindungen
 - ▶ Überzeiten bei Löttemperatur und Scherfestigkeit von Stahl-Schmelz-lötverbindungen
- 3.4.8.4 Thermo-chemische Behandlung des fest-flüssigen Lötverbundes beim Löten zur Verfestigung der Lötverbindung
 - ▶ Kriechverhalten – Verbesserung durch Pikolegieren beim Schmelzloten
 - ▶ Pikolegieren beim Schmelzloten
 - ▶ Gefüge von mit Mangan pikolegierten Schmelzlotverbindungen
 - ▶ Nickel-ODS-Legierung – Gefüge
 - ▶ Innenoxidieren und Innennitridieren beim Schmelzloten durch chemisch aktive Metalle in Niedrig-Temperatur-Zinn-Basisloten
 - ▶ Abstehen von Metallschmelzen – Einfluss auf ihren Gasgehalt
- 3.4.8.5 Thermo-mechanische Behandlung des fest-flüssigen Lötverbundes beim Löten zur Verfestigung der Lötverbindung
 - ▶ Verfestigung von Lötverbindungen durch Vibration beim Schmelzloten
- 3.4.8.6 Thermische Behandlung der festen Lötverbindung beim Abkühlen zur Verfestigung der Lötverbindung
- 3.4.8.7 Thermische Behandlung, der festen Lötverbindung nach dem Löten mit Erwärmung über Raumtemperatur zur Verfestigung der Lötverbindung
 - ▶ Verfestigung von Lötverbindungen durch thermische Behandlung nach dem Löten
- 3.4.8.8 Thermische Behandlung der festen Lötverbindung nach dem Löten bei Raumtemperatur zur Verfestigung der Lötverbindung
 - ▶ Gleitmodul von Lötverbindungen – Veränderung durch die natürliche Wärmebehandlung (Auslagerung) bei Raumtemperatur nach Thermozyklen
 - ▶ Kriechwiderstand von Lötverbindungen – Veränderung durch die natürliche Wärmebehandlung (Auslagerung) bei Raumtemperatur nach Thermozyklen
- 3.4.8.9 Mechanische Behandlung der festen Lötverbindung nach dem Löten bei Raumtemperatur zur Verfestigung der Lötverbindung
- 3.4.9 Sondereigenschaften der Lötverbindung – 1. und 2. Gebot der Löttechnik
- 3.4.9.1 Anisotropie der mechanischen Eigenschaften der Lötverbindung
 - ▶ Anisotropie der Bruchenergie durch Gusstextur in Schmelzschweißnähten
 - ▶ Anisotropie der mechanischen Eigenschaften durch Gusstextur in Schmelzschweißnähten

- ▶ Anisotropie der Festigkeit von Schmelzlotverbindungen an gerichtet erstarren Turbinenschaufeln aus einer Nickelsuperlegierung
- 3.4.9.2 Anisotropie der Verschleißbeständigkeit der Lötauftragung
 - ▶ Anisotropie der Verschleißbeständigkeit durch Gusstextur in Schmelzlotauftragungen
 - ▶ Anisotropie der Verschleißbeständigkeit durch Gusstextur in Lötnähten
- 3.4.9.3 Auslöttemperatur der Lötverbindung
 - ▶ Auslöttemperatur der Lötverbindung und Wiederaufschmelztemperatur des Lötgutes
 - ▶ Thermisches Schmelzen der Korngrenzenphasen im eutektischen SnPb-Lot
 - ▶ Bestimmung der systemspezifischen Auslöttemperatur nach GOST 21 547-76
 - ▶ Erhöhung der Auslöttemperatur durch Anwendung eines (NiCrSiFeB)+(Ni;Co)-Reaktions-Verbundlotes mit Kobaltzusätzen zum Schmelzloten von CrNi-Stahl
- 3.4.9.4 Wiederaufschmelztemperatur des Lötgutes der Lötverbindung
 - ▶ Titanschmelzlöten mit einem temporär flüssigen NiTi-Reaktionslot
- 3.4.9.5 Kriechwiderstand der Lötverbindung
 - ▶ Festigkeitsänderungen mit steigender homologer Temperatur
 - ▶ Methode zur schnellen Prüfung des Kriechverhaltens von Lötverbindungen
 - ▶ Kriechgeschwindigkeit – Einfluss von Spannungszyklen und Temperaturzyklen
 - ▶ Kriechwiderstand von Lötverbindungen – Einfluss von Beschichtungen und Löt-Zusatzwerkstoffen
- 3.4.9.6 Schwerkraft – Einfluss auf die Eigenschaften der Lötverbindung
 - ▶ Schwerkraft – Einfluss auf das Gefüge von gemischten Löt/Löt-Verbindungen und kombinierten Schmelzschweiß-Schmelzlot-Verbindungen
 - ▶ Schwerkraft – Einfluss auf das Gefüge und die Biegefestigkeit von gemischten Löt/Kleb-Verbindungen
 - ▶ Schwerkraft-Potenzial-Probe
- 3.4.9.7 Schwerelosigkeit – Einfluss auf die Eigenschaften der Lötverbindung
 - ▶ Schwerelosigkeit – Einfluss auf das thermische Schmelzen des Lotes beim Kolbenlöten
 - ▶ Manuelles Elektronenstrahllöten im Weltall
- 3.4.9.8 Strahlung – Einfluss auf die Eigenschaften der Lötverbindung
 - ▶ Strahlungsschädigungen beim Treffen von Neutronen mit Atomen des Kristallgitters von Metallen
 - ▶ Schlagarbeit – Einfluss der Wärmebehandlung und des Neutronenfluxes
 - ▶ Lötbaugruppen für die Chemieindustrie, Luftfahrt und Atomtechnik – mechanische Eigenschaften der Lötverbindungen
 - ▶ Gefüge der ZrNb(AlSi)ZrNb-Schmelzlotverbindungen von Hüllrohren der Brennelemente
 - ▶ Schnellerstarre Lote für den 1. Internationalen Versuchsreaktor ITER

- 3.4.9.9 Elektrische Felder – Einfluss auf die Eigenschaften der Lötverbindung
 - Gefügeausbildung beim Schmelzloten mit äußerer Spannungsquelle und Stromfluss und mit innerer Spannungsquelle ohne Stromfluss
 - Haftfestigkeit von Kupfer-Schmelzlotverbindungen beim Ultraschallloten mit einem SnPb-Fertiglot und mit Stromfluss
 - Einfluss des Elektro-Masse-Transports auf Gefügeveränderungen bei Temperaturwechseln in mit einem SnBi-Basislot gefertigten Schmelzlotverbindungen
- 3.4.9.10 Magnetische Felder – Einfluss auf die Eigenschaften der Lötverbindung
 - Breitspalt-Schmelzloten mit einem Verbundlot und Magnetfeldwirkung
- 3.4.9.11 Betriebsdauer – Einfluss auf die Eigenschaften der Lötverbindung
 - Mögliche Veränderungen der Qualität der Lötverbindungen bis zum Lebensdauerende
 - Kriechgeschwindigkeit von Weichlötverbindungen – Veränderung bei thermo-mechanischen Wechselbeanspruchungen
 - Ausfallraten über thermo-mechanische Zyklen in Schmelzlotverbindungen
- 4 Lötfärtigung von Lötverbindungen
- 4.1 Fertigungselemente beim Löten
 - Fertigungselemente bei der Fertigung von Lötverbindungen
- 4.1.1 Lötbaugruppe als Fertigungselement beim Löten
 - Induktionslöten von Kurzschlussläufern
- 4.1.2 Lötprozess als Fertigungselement beim Löten
- 4.1.2.1 Lötverfahren als Element des Lötprozesses beim Löten
 - Gemischte unmittelbare Presslötverbindung durch Rührreibschweißen
- 4.1.2.2 Lötmaterialien als Element des Lötprozesses beim Löten
 - Schmelzloten von Kupfer mit einem in-situ thermisch überhitzten SnAgCu-Kaskadenlot
- 4.1.2.3 Löt-Zusatzwerkstoffe als Element des Lötprozesses beim Löten
 - Schmelzloten von Kupfer mit einem in-situ thermisch überhitzten SnAgCu-Kaskadenlot
- 4.1.2.4 Löt-Beschichtungswerkstoffe als Element des Lötprozesses beim Löten
- 4.1.2.5 Löt-Hilfsstoffe als Element des Lötprozesses beim Löten
- 4.1.2.6 Löt-Füllstoffe als Element des Lötprozesses beim Löten
- 4.1.2.7 Lötparameter als Element des Lötprozesses beim Löten
- 4.1.3 Lötmittel als Fertigungselement beim Löten
 - Lötprozess und Lötmittel zum Energie-, Stoff- und Informationstransport
- 4.1.3.1 Löteinrichtung als Element der Lötmittel beim Löten
- 4.1.3.2 Lötvorrichtung als Element der Lötmittel beim Löten
 - Spezielle Lötvorrichtungen
- 4.1.3.3 Lötgerät als Element der Lötmittel beim Löten
- 4.1.4 Lötfachkraft als Fertigungselement beim Löten

- 4.2 Rationalisierung der Lötfertigung
 - 4.2.1 Aufgaben der Rationalisierung
 - Rationalisierung der Lötfertigung
 - 4.2.2 Rationalisierungselemente
 - Rationalisierungselemente und Fertigungselemente bei der Lötfertigung
 - 4.2.3 Optimierung der Qualität und Qualitätsmenge – 1. und 2. Gebot
 - 4.2.4 Humanisierung der Lötfertigung durch schädigungsarme Produkte und Fertigung – 3. Gebot
 - Bewertungskriterien zur menschengerechten Arbeitsgestaltung im Rahmen produktiver und effizienter Arbeitsprozesse
 - 4.2.5 Modernisierung der Lötfertigung – 4. bis 7. Gebot
 - 4.2.5.1 Modernisierung durch massearme Produkte und Fertigung – 4. Gebot
 - Modernisierung durch Anwendung massearmer Lötverfahren
 - 4.2.5.2 Modernisierung der Lötfertigung durch stufenarme Produkte und Fertigung – 5. Gebot
 - 4.2.5.3 Modernisierung durch energiearme Fertigung – 6. Gebot
 - Baugruppenwirkungsgrad beim Ofenlöten und Tauchlöten
 - Wärmedämmstoffe und effiziente Schutzgase zur Erhöhung des Einrichtungswirkungsgrades beim Schutzgas-Ofenlöten und Tauchlöten
 - Baugruppenwirkungsgrad unterschiedlicher Lötverfahren
 - 4.2.5.4 Modernisierung durch informationsarme Fertigung – 7. Gebot
 - Information als Ergebnis der Wechselwirkungen zwischen Stoff und Energie im Lötprozess
 - Modernisierung der Lötfertigung durch Anwendung vergegenständlichter Informationen
 - Modernisierung der Lötfertigung durch Anwendung physikalisch-chemischer Grenzzustände
 - 4.2.6. Intensivierung der Lötfertigung – 8. bis 9. Gebot
 - 4.2.6.1 Intensivierung durch raumarme Fertigung – 8. Gebot
 - 4.2.6.2 Intensivierung durch zeitarme Fertigung – 9. Gebot
 - 4.2.7 Mechanisierung und Automatisierung durch bedienerarme Fertigung – 10. Gebot
 - Einteilung der Lötverfahren nach Mechanisierungsgrad
 - Rationalisierung der Lötfertigung durch Mechanisierung und Automatisierung
- 4.3 Löten mit verwandten Fertigungsverfahren
 - Fertigungsverfahren nach DIN 8580
 - Fertigungsverfahren – genormte und alternative Urformen zur Fertigung von Lötverbindungen
 - 4.3.1 ► W-Verbundwerkstoffe und W-Werkstücke mit Schmelzlöt kompaktierung
 - Werkstoffverbunde mit Lötverbindungen durch Löten sowie durch Urformen mittels Sintern und Einschmelzen

- ▶ Presslötverbindungen durch Urformen mittels Sintern eines porösen Silberlotformteils
 - ▶ Schmelzlötverbindungen durch Urformen mittels Gießen bzw. Infiltrieren
- 4.3.2 Volumenaufbauendes Fügen und Ergänzen zur Fertigung von Lötverbindungen
- ▶ Werkstoffverbunde mit unmittelbaren Schmelzlötverbindungen durch volumenaufbauendes Ergänzen mittels Chrom-Gußeisen auf unlegierten Stahl
 - ▶ Werkstoffverbunde mit Schmelzlötverbindungen und Klebverbindungen durch Gießen
 - ▶ Volumenaufbauendes Fügen und Ergänzen – Bauteilformen und Bauteileigenschaften
- 4.3.3 Umformen zur Fertigung von Lötverbindungen
- ▶ Aluminiumwerkstoffverbunde mit unmittelbaren Presslötverbindungen durch Warmumformen mittels Walzplattieren
 - ▶ Stahlwerkstoffverbunde mit unmittelbaren Presslötverbindungen durch Warmumformen mittels Walzplattieren
- 4.3.4 Beschichten zur Fertigung von Lötverbindungen
- ▶ Schmelzlötauftragungen durch Beschichten mittels Tauchen
 - ▶ Kondensationslötauftragungen durch Beschichten mittels chemischer Metallisierung
- 4.3.5 Stoffeigenschaftsändern zur Fertigung von Lötverbindungen
- ▶ Lötauftragungen durch Stoffeigenschaftsändern mittels Oberflächenauflegieren
 - ▶ Kondensationslötauftragungen durch Beschichten mittels galvanischer Metallisierung
 - ▶ Lötauftragungen durch Stoffeigenschaftsändern mittels Oberflächenauflegieren mit Bor
- 4.3.6 Schweißen zur Fertigung von Lötverbindungen
- ▶ Werkstoffkombinationen beim Diffusionslöten
 - ▶ Werkstoffkombinationen für das Ultraschallschweißen
- 4.3.7 Kleben zur Fertigung von Lötverbindungen
- ▶ Prinzip des Infrarotlicht-Schweißens
- 5 Lötverfahren für die Fertigung von Lötverbindungen
- 5.1 Löten nach der Norm und dem Stand der Technik
- 5.1.1 Löten nach der Norm
- 5.1.2 Löten nach dem Stand der Technik vor der Norm
- 5.2 Lötverfahrenseinteilung
- 5.2.1 Merkmale zur Einteilung der Lötverfahren
- ▶ Merkmale für die Einteilung von Lötverfahren
- 5.2.2 Mechanisierungsgrad beim Löten

- 5.2.3 Flexibilität beim Löten
 - Einteilung der Lötverfahren nach Flexibilität
 - Bewertung der Lötverfahren anhand von Flexibilität und spezifischem Zeitaufwand
- 5.2.4 Fertigungsaufgabe beim Löten
 - Einteilung der Lötverfahren nach Fertigungsaufgabe
 - Energieart beim Löten
 - Einteilung der Lötverfahren nach Energieart
- 5.2.6 Absolute Löttemperatur beim Löten
 - Lötverfahren – Einteilung nach absoluter Liquidustemperatur der Lote – DIN 8505 (1979)
 - Liquidustemperatur der Lote
- 5.2.7 Homologe Löttemperatur beim Löten
 - Lötverfahren – Einteilung nach homologer Löttemperatur
 - Niedrigtemperaturlöten, Hochtemperaturlöten, Untersoliduslöten und Übersoliduslöten
 - Kritische Löttemperaturen bei der Fertigung von Metall-Schmelzlötverbindungen
- 5.2.8 Lötdruck beim Löten
 - Lötverfahren – Einteilung nach Lötdruck
 - Lötverfahren – Einteilung nach Lötdruck und Lötwärme
- 5.2.9 Löt-Hilfsstoff beim Löten
 - Lötverfahren – Einteilung nach Löt-Hilfsstoffen
- 5.2.10 Lotdepot beim Löten
 - Lötverfahren – Einteilung der Lötverfahren nach Lotdepot
 - Löten mit internem Lotdepot und mit extern angebrachtem, eingebrachtem oder aufgebrachtem Lot
- 5.2.11 Aggregatzustand und Wirkprinzip beim Löten
 - Lötverfahren – Einteilung nach Aggregatzustand beim Löten
 - Chemisches, chemo-mechanisches, chemo-thermisches und chemo-mechano-thermisches Löten
- 5.2.12 Löt-Zusatzwerkstoff beim Löten
 - Lötverfahren – Einteilung nach Löt-Zusatzwerkstoffen
 - Fertig-, Reaktiv-, Reaktions und Kaskadenlote zum Press- und Schmelzlöten
- 5.2.13 Erstarrung der Lötgutschmelze beim Schmelzlöten
 - Einteilung der Schmelzlötverfahren nach Erstarrung der Lötgutschmelze
 - Schmelzlöten von Titan mit einem temporär flüssigen NiTi-Reaktionslot
- 5.2.14 Montagespalt beim Schmelzlöten
 - Einteilung der Schmelzlötverfahren nach Montagespalt
 - Fugenlöten – Spaltlöten – Breitspaltlöten – Engspaltlöten

- 6. Lötmaterialien für die Fertigung von Lötverbindungen
- 6.1 Löt-Zusatzwerkstoff
- 6.1.1 Lotwerkstoffe
 - Lotwerkstoffe für die Fertigung von mittelbaren Schmelzlotverbindungen
- 6.1.2 Fertiglote
 - Fertiglote für die Fertigung von mittelbaren Press- und Schmelzlotverbindungen
- 6.1.2.1 Intermetall-Fertiglote
 - Intermetall-TiAl-Fertiglote für die Fertigung von mittelbaren Schmelzlotverbindungen
- 6.1.2.2 Metall-Fertiglote
 - Schmelzlotverbindungen in Cu-, CuNi-, NiCu- und Ni-Grundwerkstoffen
 - Artfremde Metall-Fertiglote für die Fertigung von mittelbaren Lötverbindungen
 - Kupfer- und Nickel-Fertiglote zum Untersoliduslöten und Übersoliduslöten von mittelbaren Schmelzlotverbindungen in Cu-, CuNi-, NiCu- und Ni-Grundwerkstoffen
- 6.1.2.3 Mischkristall-Fertiglote
 - Metall-Fertiglote, Mischkristall-Fertiglote und Eutektik-Fertiglote zum Untersoliduslöten von mittelbaren Press- und Schmelzlotverbindungen
- 6.1.2.4 Eutektik-Fertiglote
- 6.1.2.4 Eutektik-Fertiglote zum Untersoliduslöten von mittelbaren Press- und Schmelzlotverbindungen
- 6.1.3 Reaktivlote
 - Reaktivlote für die Fertigung von mittelbaren Press- und Schmelzlotverbindungen
 - AuMn-Mischkristall-Reaktivlot mit Schmelzpunktminimum – Herstellung und Anwendung
- 6.1.3.1 Reaktivlote mit thermischer Freisetzung des Metalls
 - Silbernitrat als Reaktivlot zum Untersoliduslöten von mittelbaren Kupferschmelzlotverbindungen durch thermische Zersetzung
- 6.1.3.2 Reaktivlote mit Freisetzung des Metalls durch Redoxreaktionen
 - Kupferoxide bzw. Kupfer- und Eisenoxide als Reaktivlote zum Untersoliduslöten von mittelbaren Stahlschmelzlotverbindungen durch Redoxreaktionen mit Wasserstoff
 - Kupferoxide als Reaktivlote zum Untersoliduslöten von mittelbaren Stahlschmelzlotverbindungen durch Redoxreaktionen mit Wasserstoff
- 6.1.3.3 Reaktivlote mit Freisetzung des Metalls durch Austauschreaktionen
 - Siliziumverbindungen als Reaktivlote in Flussmitteln zum Schmelzloten von mittelbaren Aluminium-Schmelzlotverbindungen durch Austauschreaktionen
 - Bismutverbindungen als Reaktivlotbäder zum Untersoliduslöten von mittelbaren Aluminium-Schmelzlotverbindungen durch Austauschreaktionen

- 6.1.3.4 Reaktivlote mit Freisetzung des Metalls durch elektrolytische Abscheidung
- 6.1.4 Reaktionslote
- 6.1.4.1 Reaktionslote – Einteilung nach Zusammensetzung
 - Reaktionslote mit konstanter oder variabler chemischer Zusammensetzung für die Fertigung von unmittelbaren und mittelbaren Schmelzlötverbindungen
- 6.1.4.2 Reaktionslote – Einteilung nach Ausgangswerkstoffen
 - AgCu-Reaktionslote aus Grund- und/oder Zusatzwerkstoffen für die Fertigung von unmittelbaren und mittelbaren Schmelzlötverbindungen
- 6.1.4.3 Reaktionslote – Einteilung nach Aggregatzustand
 - Reaktionslote aus Lotkomponenten mit unterschiedlichen Aggregatzuständen für die Fertigung von unmittelbaren und mittelbaren Schmelzlötverbindungen
- 6.1.4.4 Viskos-feste Zusatzwerkstoff-Grundwerkstoff-Reaktionslote
 - Viskos-festes CuSn-Reaktionslot zum Schmelzloten von Kupfer-Lötbaugruppen bei 228 °C
- 6.1.4.5 Viskos-viskose Grundwerkstoff-Grundwerkstoff-BiSnCd-Reaktionslote
 - BiSnCd-Eutektik-Reaktionslot zum Schmelzloten von Zinn- mit BiCd40-Proben bei 104 °C
 - Mikrohärte unmittelbarer Schmelzlötverbindungen mit viskos-viskosem Grundwerkstoff-Grundwerkstoff-BiSnCd-Eutektik-Reaktionslot mit und ohne Gleichstrom
 - Korrosionsgeschwindigkeit und elektrische Leitfähigkeit unmittelbarer Schmelzlötverbindungen mit viskos-viskosem Grundwerkstoff-Grundwerkstoff-BiSnCd-Eutektik-Reaktionslot mit und ohne Gleichstrom
- 6.1.4.6 Viskos-viskose Grundwerkstoff-Zusatzwerkstoff-AlSi-Reaktionslote
 - Viskos-viskoses AlSi-Eutektik-Reaktionslot zum Schmelzloten von Aluminium-Lötbaugruppen bei 580 °C
 - Schema des Schmelzlotens von Aluminium-Lötbaugruppen mit einem viskos-viskosem AlSi-Eutektik-Reaktionslot
- 6.1.4.7 Viskos-flüssige Grundwerkstoff-Zusatzwerkstoff-CuSnPb-Reaktionslote
 - Viskos-flüssiges Grundwerkstoff-Zusatzwerkstoff-CuSnPb-Mischkristall-Reaktionslot zum Schmelzloten von Kupfer-Lötbaugruppen bei 800 °C
 - Zugfestigkeit von mittelbaren Kupfer- und Kupfer-Stahl-Lötverbindungen beim Schmelzloten mit einem CuSnPb-Mischkristall-Reaktionslot
- 6.1.4.8 Viskos-dampfförmige Grundwerkstoff-Zusatzwerkstoff-CuMn-Reaktionslote
 - Viskos-dampfförmiges Grundwerkstoff-Zusatzwerkstoff-CuMn-Mischkristall-Reaktionslot mit Schmelzpunktminimum zum Schmelzloten von Kupfer bei 910 °C
 - Gefüge von mittelbaren Kupfer- und Kupfer-Stahl-Schmelzlötverbindungen mit viskos-dampfförmigem Grundwerkstoff-Zusatzwerkstoff-CuMn-Mischkristallreaktionslot
 - Fest-dampfförmige oder viskos-dampfförmige Grundwerkstoff-Zusatzwerkstoff-Reaktionslote

- 6.1.4.9 Fest-feste Grundwerkstoff-Reaktionslote
 - Querschliff einer Laserschweißung von einem verzinnten Kupferverbinder auf einer Aluminiummetallisierung eines Siliziumwafers
 - Gefüge einer unmittelbaren gemischten Löt/Löt-Verbindung durch fest-festes Mischkristall-Reaktionslot
- 6.1.4.10 Flüssig-feste Zusatzwerkstoff-Grundwerkstoff-Reaktionslote
 - Gefüge mittelbarer elementarer Kupfer-Schmelzlötverbindungen mit flüssig-festen Zusatzwerkstoff-Grundwerkstoff-Reaktionloten
 - Mechanische Eigenschaften mittelbarer gemischter Stahl(ZnAl)-Schmelzlöt/Al(ZnAl)-Schmelzlöt-Verbindungen mit flüssig-festen Zusatzwerkstoff-Grundwerkstoff-Reaktionloten
- 6.1.4.11 Flüssig-flüssige Zusatzwerkstoff-Reaktionslote zur Fertigung mittelbarer Schmelzlötverbindungen
 - Lötvorrichtung zur Fertigung von flüssig-flüssigen Mischkristall-Reaktionsloten
 - Verbesserung des systemspezifischen Kriechwiderstandes von Schmelzlötverbindungen durch Anwendung von flüssig-flüssigen Reaktionsloten
- 6.1.5 Kaskadenlote für mittelbare Schmelzlötverbindungen
 - Metallische Lote zum Schmelzlöten – Einteilung nach Herstellung und metallurgischer Aktivität
- 6.1.5.1 Kaskadenlotbildung
 - Auslöttemparatur von Kupfer-Schmelzlötverbindungen
 - Bildung des ternären SnAgCu-Kaskadenlates
- 6.1.5.2 Kaskadenlöten und Stufenlöten
 - Kaskadenlöten und Stufenlöten
- 6.1.5.3 Kaskadenlote und Rissbildung
 - Auslötteemperaturen von Cu(SnBi)- und Cu(SnAgCu)-Schmelzlöt-Verbindungen beim Schmelzlöten auf Kupferleiterbahnen mit bleihaltigen Beschichtungen
 - Bildung des ternären Bi52Pb32Sn16-Kaskadenlates
 - Warmrisse in Schmelzlötverbindungen durch Bildung von Kaskadenloten (fillet lifting)
- 6.1.5.4 Kaskadenlote und Lötabarkeit
 - Benetzung von Titan mit AlSi- und Aluminium-Fertigloten beim Vakuum-Schmelzlöten ohne und mit Bleidämpfen
 - Bildung des ternären ZnAgCu-Kaskadenlates
 - Fließen des SnAgAu-Kaskadenlates in lange Lötpalte bei 240 °C / 2 min
- 6.1.5.5 Kaskadenlote und Lotentwicklung
 - Bildung des ternären AgAlCu-Kaskadenlates
 - Erschmelzen des ternären AgAlCu-Kaskadenlates aus AgCu- und Aluminiumkomponenten

- ▶ Schmelztemperaturen des ternären AgAlCu-Kaskadenlotes – berechnete, experimentelle und Literaturwerte
- ▶ Schmelztemperaturen des ternären AgAlGe-Kaskadenlotes – berechnete und Literaturwerte
- 6.1.6. Kompaktlote
 - ▶ Kompaktlote – Verbundlote – Lotverbunde
- 6.1.6.1 Arteigene Kompaktlote
- 6.1.6.2 Artfremde Kompaktlote
- 6.1.7. Verbundlote
- 6.1.7.1 Schicht-Verbundlote
 - ▶ Verbundlote zur Fertigung von mittelbaren Lötverbindungen mit Verbund-lötgut
 - ▶ Schicht-Verbundlot zum Hartmetalllöten
 - ▶ Mehrschicht-Verbundlot zur Fertigung von gemischten Löt/Kleb-Verbindungen in Stahl-Keramik-Baugruppen
 - ▶ Stähle mit Plattierungen – auch mit Lotplattierungen
- 6.1.7.2 Teilchen-Verbundlote
 - ▶ Teilchen-Verbund-Fertiglot bzw. Teilchen-Verbund-Reaktionslot zur Ferti-gung von dispersionsverfestigten mittelbaren Schmelzlötverbindungen
 - ▶ Verfestigung von mittelbaren Schmelzlötverbindungen durch Teilchen-Verbund-Fertiglot als Pulvergemisch
- 6.1.7.3 Faser-Verbundlote
 - ▶ Faser-Verbund-Reaktionslote aus beschichteten Cu-, CuZn- und Aluminiumfasern
 - ▶ Faser-Verbund-Fertiglot zur Fertigung von mittelbaren Breitspalt-Schmelzlötverbindungen durch Anwendung von Magnetfeldern
- 6.1.7.4 Struktur-Verbundlote
 - ▶ Struktur-Verbundrohlinge aus handelsüblichen Halbzeugen und Produkten
 - ▶ Struktur-Verbund-Fertiglot zur Fertigung von mittelbaren Schmelz-lötverbindungen
 - ▶ Struktur-Verbund-Fertiglot aus handelsüblichem Kupferschaum und Gefüge der Lötauftragungen
- 6.1.8 Lotverbunde
- 6.1.8.1 Aktivierungs lotverbunde
 - ▶ Lot-Flussmittelverbunde
- 6.1.8.2 Reaktions lotverbunde
 - ▶ Lotverbund zur Fertigung von mittelbaren Schmelzlötverbindungen
 - ▶ Lotverbund und Verbundlot zur Fertigung von mittelbaren Schmelz-lötverbindungen
- 6.1.9 Lote – Einteilung nach Fertigungsaufgabe

- 6.1.9.1 Konstruktionslote
 - CuP-Konstruktionslote als Ersatz für Silber-Konstruktionslote
 - Konstruktionslote bei Raumtemperatur
- 6.1.9.2 Funktionslote
 - Funktionslote bei Raumtemperatur
 - Relative Kosten für die bleifreien Zinn-Funktionslote als Ersatz für das eutektische SnPb-Funktionslote – Zinn-Basislote
 - Bleifreie Zinn-Funktionslote als Ersatz für eutektisches SnPb-Funktionslot
- 6.1.9.3 Gebrauchslote
 - Dentallegierungen und Gebrauchslote vorgegebener Farbe
 - Gusseiserne Säule (Wasserkrant) – 1931
- 6.2 Löt-Füllstoffe
 - Löt-Füllstoff für die Fertigung von Lötverbindungen mit Verbundlötgut
 - Vormontage des Löt-Füllstoffs für die Fertigung von Lötverbindungen mit Verbundlötgut
 - Dauerfestigkeit von Schmelzlotverbündungen und Schmelzsweißverbindungen – Einfluss der Löthohlkehlen
- 6.2.1 Füllelementformen
 - Füllelemente und Verbundlötgut – Zuordnung zu den Verbundwerkstoffen
- 6.2.2 Füllelementwerkstoffe
 - Teilchen-Verbundlötgut durch beschichtete und unbeschichtete metallische Füllelemente
 - Teilchen-Verbundlötgut – Karbide als nichtmetallische Füllelemente
 - Lötverbindung mit Teilchen-Verbundlötgut
- 6.2.3 Füllelementfunktionen
- 6.3 Löt-Beschichtungsstoffe
 - Funktionsschichten durch Löt-Beschichtungsstoffe
- 6.3.1 Benetzungsenschichten
 - Lötanschlusswerkstoffe und Beschichtungen von THT-Bauteilanschlüssen
 - Grundwerkstoffe mit ex-situ aufgebrachten Benetzungsenschichten
- 6.3.2 Konservierungsschichten
 - Flussmittel für die ex-situ Konservierung von SnPb-Benetzungsenschichten auf Kupfer-Lötbaugruppen für 1 Jahr Lagerdauer
 - Konservierung von SnPb-Benetzungsenschichten auf Kupfer-Lötbaugruppen für 1 Jahr Lagerdauer
 - Funktionsschichten auf Lötbauteilen von Elektronikbaugruppen
- 6.3.3 Lotstoppschichten
 - Lotstoppschichten für die Fertigung von Elektroniklötbaugruppen
 - Lotstoppkerben für die Fertigung von Lötverbindungen

- 6.3.4 Barrièreschichten
 - Diffusionsporen oder Kirkendall-Poren in der Diffusionszone des verfahrensbeeinflussten Grundwerkstoffs von Schmelzlötverbindungen
 - Intermetallische Phasen im Lötgut von Schmelzlötverbindungen
 - Chemisches Anschmelzen des Kupfer-Trägerwerkstoffs durch Fehler in den Nickel-Barrièreschichten von Kupfer-Schmelzlötverbindungen
 - Schmelzlöten von Stahl/Sinterstahl-Lötverbindungen mit in-situ Bildung von Barrièreschichten
- 6.4 Löt-Hilfsstoff
 - Oberflächenaktivierung des Grundwerkstoffs bzw. der Barrièreschicht bei der Fertigung von Lötverbindungen – 6.4
 - Verfahren zur Aktivierung und Konservierung der Oberflächen von Grundwerkstoffen, Barrièreschichten und Löt-Zusatzzwerkstoffen – 6.4
 - Löt-Hilfsstoffe – Elemente für die Fertigung von Lötverbindungen – 6.4
- 6.4.1 Oberflächenaktivierung bei Raumtemperatur durch chemisches Potenzial
 - Chemische Oberflächenaktivierung in bei Raumtemperatur flüssigen Fertigloten
 - Ga- und Bi-Lote – bei Raumtemperatur (< 30 °C) flüssige Lote
 - Eigenschaften von Ga und anderen Elementen mit Dichte-anomalie sowie von Quecksilber
 - Spontane Benetzung in chemischen Kontakten durch Dichte-anomalie
 - Bildung von niedrigschmelzende eutektischen Galliumkaskadenloten
 - Versprödung von Aluminium durch Galliumsegregation in die Korngrenzen
- 6.4.1.1 Flussmittelfreies Schmelzlöten bei Raumtemperatur mit Fertigloten und chemischer Oberflächenaktivierung
- 6.4.1.2 Flussmittelfreies Schmelzlöten bei Raumtemperatur mit Reaktions-Verbundloten und chemischer Oberflächenaktivierung
 - Flussmittelfreies Schmelzlöten von Lötbaugruppen bei Raumtemperatur mit fest-flüssigen Reaktions-Verbundloten
 - Gallium- und Bismut-Reaktions-Verbundlote und System-eigenschaften der Kupfer-Schmelzlötverbindungen mit Verbundlötgut
- 6.4.2 Oberflächenaktivierung bei Raumtemperatur durch mechanische Arbeit
 - Mechanische Oberflächenaktivierung bei Normaldruck in flüssigen Fertigloten
 - AlZn-Reiblot zum manuellen und maschinellen Vorbeloten von Aluminiumwerkstoffen
 - Kollaps einer laserinduzierten Blase
 - Ultraschall-Presslötverbindung und Ultraschall-Schmelzlötverbindung
 - Spreng-Presslötverbindung und Spreng-Schmelzlötverbindungen
- 6.4.2.1 Flussmittelfreies Schmelzlöten bei Raumtemperatur mit Fertigloten und mechanischer Oberflächenaktivierung durch Schleifen
 - Flussmittelfreies Schmelzlöten von Lötbaugruppen bei Raumtemperatur mit flüssigen Fertigloten...

- 6.4.2.2 Flussmittelfreies Schmelzlöten bei Raumtemperatur mit Fertigloten und mechanischer Oberflächenaktivierung durch Kavitation
 - Flussmittelfreies Schmelzlöten von Lötbaugruppen bei Raumtemperatur mit flüssigen Fertigloten...
- 6.4.2.3 Flussmittelfreies Schmelzlöten bei Raumtemperatur mit Fertigloten und mechanischer Oberflächenaktivierung durch Lötdruck
 - Flussmittelfreies Schmelzlöten von Lötbaugruppen bei Raumtemperatur mit flüssigen Fertigloten...
- 6.4.3. Oberflächenaktivierung bei Normaldruck oder Unterdruck durch thermische Energie
 - Thermische Oberflächenaktivierung bei Normaldruck und Unterdruck
 - Affinität der Metalle zu Sauerstoff
 - Verhältnis der thermischen Ausdehnung der Metalloxide zur thermischen Ausdehnung der Metalle
 - Differenz zwischen Verdampfungstemperaturen der Metalle im Feinvakuum und Schmelztemperaturen der Metalle bei Normaldruck
 - Zersetzungstemperaturen von Metalloxiden bei Erwärmung an Luft
 - Einfluss der Temperatur und der Dissoziationsspannung auf die Oxidation und Dissoziation von Metallen beim flussmittelfreien Schmelzlöten
 - Verdampfungstemperaturen von Metalloxiden bei Erwärmung im Feinvakuum
 - Vakuum – Einordnung anhand der Druckbereiche
 - Dampfdruck von Metallen und Zusammenhang zwischen dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten und der Schmelztemperatur
 - Innenoxidation unter der Oxidschicht der warmfesten TiAlNb-Legierung
- 6.4.3.1 Flussmittelfreies Tauchlöten in Lotbödern bei Normaldruck und thermischer Oberflächenaktivierung
 - Flussmittelfreies Schmelzlöten von Lötbaugruppen bei Normaldruck in einem Fertiglotbad (Lotbadlöten) ...
- 6.4.3.2 Flussmittelfreies Tauchlöten in Ölbädern bei Normaldruck und thermischer Oberflächenaktivierung
 - Flussmittelfreies Schmelzlöten von beloteten Lötbaugruppen bei Normaldruck in einem Ölbad (Ölbadlöten, Glycerinbadlöten)
 - Lötauftragung mittels Umschmelzen von galvanisch erzeugten SnAgCu-Lotbumps durch Tauchlöten im Glycerinbad
- 6.4.3.3 Flussmittelfreies Tauchlöten in Salzbädern bei Normaldruck und thermischer Oberflächenaktivierung
 - Flussmittelfreies Schmelzlöten von beloteten Lötbaugruppen bei Normaldruck in einem Salzbad (Salzbadlöten)
 - Salzbäder – Zusammensetzung und Badtemperaturen
 - Schutzgas- oder Vakuum-Löten mit thermischer Oberflächenaktivierung in Löt-Containern unter Nutzung von Salzbädern

- 6.4.3.4 Flussmittelfreies Tauchlöten in Dampfbädern bei Normaldruck und thermischer Oberflächenaktivierung
 - Flussmittelfreies Schmelzloten von beloteten Lötbaugruppen bei Normaldruck in einem Dampfbad (Dampfphasenlöten, Kondensationslöten, VP-Löten...)
 - Die Prinzipielle Entwicklung der Reflow-Technologien
 - Flussmittelfreies Schmelzloten mit fest-festen Reaktionsloten im Dampfbad Schmelzloten mit fest-festen Reaktionsloten im Dampfbad
- 6.4.3.5 Flussmittelfreies Schutzgaslöten in chemisch neutralen Gasen bei Normaldruck und thermischer Oberflächenaktivierung
 - Flussmittelfreies Schmelzloten von beloteten Lötbaugruppen bei Normaldruck im neutralen Schutzgas (Schutzgaslöten, Inertgaslöten)...
 - Chemisch neutrale Schutzgase zum flussmittelfreien Schmelzloten
- 6.4.3.6 Flussmittelfreies Vakuum-Löten in Luft oder Schutzgasen bei Unterdruck und thermischer Oberflächenaktivierung
 - Flussmittelfreies Schmelzloten von beloteten Lötbaugruppen bei Unterdruck im neutralen Vakuum (Vakuum-Löten) ...
 - Löt-Container zum Schutzgaslöten und Vakuum-Löten
 - Ausbreitungsflächen und Scherfestigkeit beim Vakuum-Schmelzloten
- 6.4.3.7 Flussmittelfreies Autovakuum-Löten in Luft bei Unterdruck und thermischer Oberflächenaktivierung
 - Flussmittelfreies Schmelzloten von beloteten Lötbaugruppen bei Unterdruck im neutralen Vakuum (Autowakuum-Löten) ...
 - Autovakuum-Schmelzloten – Verfahrensschema und Lötbaugruppe
- 6.4.4 Oberflächenaktivierung bei Normaldruck oder Unterdruck durch chemisches Potenzial und thermische Energie
 - Thermo-chemische Oberflächenaktivierung bei Normaldruck oder Unterdruck ...
 - Wirkbereiche von Flussmittelschmelzen – Schema
- 6.4.4.1 Tauchlöten in Lotbödern bei Normaldruck und chemo-thermischer Oberflächenaktivierung
 - Lotbad-Tauchlöten (Tauchlöten / Schwallloten / Wellenlöten / Schleplöten / Rollenlöten / Hub-Tauch-Löten u. a.) von gefluxten Lötbaugruppen ...
 - Lotbad-Tauchlöten – Verfahrensvarianten
 - Hartmetall-Bohrkronen – Flussmittel-Schmelzloten durch Lotbad-Tauchlöten
- 6.4.4.2 Tauchlöten in Ölbädern bei Normaldruck und chemo-thermischer Oberflächenaktivierung
 - Ölbad-Tauchlöten (Tauchlöten) von gefluxten und beloteten Lötbaugruppen ...

- 6.4.4.3 Tauchlöten in Flussmittelbädern bei Normaldruck und chemo-thermischer Oberflächenaktivierung
 - Flussmittelbad-Tauchlöten (Tauchlöten) von beloteten Lötabugruppen ...
 - Salze und Salzgemische für das Salzbadlöten oder Flussmittelbadlöten für Badtemperaturen von 485 °C bis 1300 °C
 - Transportvorrichtung für das Durchlauf-Tauchlöten von Fahrradrahmen in Flussmittelbädern
 - Salzgemische für das Flussmittel-Salzbadlöten von Aluminium-Lötabugruppen für Badtemperaturen von 380 °C bis 638 °C
- 6.4.4.4 Tauchlöten in Dampfbädern bei Normaldruck und chemo-thermischer Oberflächenaktivierung
 - Dampfbad-Tauchlöten (Tauchlöten) von beloteten und gefluxten Lötabugruppen ...
 - Dampfbad-Tauchlöten – Schema
 - Zeitarmes Dampfbad-Tauchlöten
- 6.4.4.5 Schutzgaslöten in Flussmitteldämpfen bei Normaldruck und chemo-thermischer Oberflächenaktivierung
 - Schutzgaslöten (Löten in aktivierten Schutzgasen, Löten im aktivierte Wasserdampf, Gasflux-Löten ...) von beloteten Lötabugruppen in Flussmitteldämpfen...
 - Chemische Verbindungen für das Schutzgaslöten in Flussmitteldämpfen
 - Flammlöten mit Flussmitteldämpfen
 - Wärmeübergang und Benetzungseigenschaften des mit Adipinsäure aktivierte Wasserdampfs
 - Lötverbindungen durch Schmelzlöten im aktiviertem Wasserdampf
- 6.4.4.6 Schutzgaslöten in neutralen Gasen bei Normaldruck und chemo-thermischer Oberflächenaktivierung
 - Schutzgaslöten in chemisch neutralen Schutzgasen (Schutzgaslöten, Stickstofflöten, Containerlöten, Warmgaslöten ...) von beloteten und gefluxten Lötabugruppen ...
 - Neutrale Schutzgase zum Flussmittel-Schmelzlöten
 - Stickstoff – Eigenschaften und Reinheit
 - Löteinrichtungen zum Erwärmen durch erhitzte Gase oder Dämpfe
 - Mindesttemperaturen beim Schutzgaslöten für die thermische Oberflächenaktivierung durch die Fehlanpassung der Ausdehnung der Metalle und ihrer Oxide
- 6.4.4.7 Schutzgaslöten in reduzierenden Gasen bei Normaldruck und chemo-thermischer Oberflächenaktivierung
 - Schutzgaslöten in reduzierenden Schutzgasen (Schutzgaslöten, Löten in kontrollierter Atmosphäre ...) von beloteten Lötabugruppen ...
 - Reduzierende Schutzgase – Zusammensetzung und Taupunkt
 - Verfahren zum Aufbringen von Lotmaterial auf Montageteile für die Halbleitermontage

- 6.4.4.8 Metalldampflöten bei Normaldruck und chemo-thermischer Oberflächenaktivierung
 - Metalldampflöten bei Normaldruck (Löten in kontrollierter Atmosphäre) von beloteten Lötbaugruppen
 - Scherfestigkeit von in Zinkdampf flussmittelfrei gefertigten Stahl(CuZn) Stahl-Schmelzlotverbindungen
- 6.4.4.9 Metalldampflöten bei Unterdruck und chemo-thermischer Oberflächenaktivierung
 - Metalldampflöten bei Unterdruck (Löten in kontrollierter Atmosphäre) von beloteten Lötbaugruppen
 - Metaldämpfe – Anwendung beim Schmelzloten
 - Metalldampflöten von Titan-Aluminium-Wärmetauschern
 - Schmelzloten von Titan-Aluminium-Wärmetauschern mit Bleidämpfen
 - Lichtbogenpresslöten von Titan-Aluminium-Lötbaugruppen mit Titandämpfen
- 6.4.4.10 Schmelzloten an Luft bei Normaldruck und chemo-thermischer Oberflächenaktivierung
 - Schmelzloten an Luft von Lötbaugruppen ...
 - Selbstfließende Fertiglote – Wirkung [2] und Verbindungsgefüge [3]
 - Selbstfließende CuP- und CuPAg-Fertiglote in den Staaten der GUS
 - Selbstfließende Fertiglote zum Schmelzloten von Kupferwerkstoffen
- 6.4.5. Oberflächenaktivierung bei Normaldruck durch mechanische Arbeit und thermische Energie
 - Mechano-thermische Oberflächenaktivierung bei Normaldruck in flüssigen Loten
- 6.4.5.1 Flussmittelfreies Tauchlöten in Lotbädern bei Normaldruck und mechano-thermischer Oberflächenaktivierung
 - Mechano-thermische Oberflächenaktivierung bei Normaldruck in flüssigen Lotbädern ...
 - Flussmittelfreies Tauchlöten in Ultraschall-Lotbädern mit mechano-thermischer Oberflächenaktivierung
- 6.4.5.2 Flussmittelfreies Schmelzloten in Lotschmelzen bei Normaldruck und mechano-thermischer Oberflächenaktivierung
 - Mechano-thermische Oberflächenaktivierung bei Normaldruck in flüssigen Lotschmelzen ...
 - Flussmittelfreies Schmelzloten in Ultraschall-Lotschmelzen mit mechano-thermischer Oberflächenaktivierung
 - Flussmittelfreies Ultraschall-Schwalllöten mit mechano-thermischer Oberflächenaktivierung
 - Flussmittelfreies Schmelzloten mit mechano-thermischer Oberflächenaktivierung mittels der Reibpaarung *Heizdraht/Lötflächen*

- 6.4.5.3 Flussmittelfreies Engspaltlöten bei Normaldruck oder Unterdruck und mechano-thermische Oberflächenaktivierung
 - Mechano-thermische Oberflächenaktivierung bei Normaldruck beim Engspaltlöten ...
- 6.4.6 Oberflächenaktivierung bei Normaldruck durch chemisches Potenzial, mechanische Arbeit und thermische Energie
 - Chemo-mechano-thermische Oberflächenaktivierung beim Löten unter Druck
- 7 Lötparameter für die Fertigung von Lötverbindungen
- 7.1 Fertigungsparameter bei der Fertigung der Lötverbindung
- 7.1.1 Lötparameter beim Löten
 - Lötparameter für den Energie- und Stofftransport beim Löten
 - Thermischer Lötzyklus – beim Löten mit Erwärmen über Raumtemperatur
- 7.1.2 Behandlungsparameter beim Löten
- 7.2 Werkstoffveränderungen und Lötprozesse beim Schmelzlöten
- 7.2.1 Stofflicher Aufbau der Lötverbindungen
 - Werkstoffbereiche in Schmelzlotverbindungen
 - Chemisch-physikalische Prozesse beim Fertigen von Schmelz-lötverbindungen
 - Werkstoffbereiche in unterschiedlichen Lötverbindungen
- 7.2.2 Verfahrensbeeinflusster Grundwerkstoff
 - Verfahrensbeeinflusster Grundwerkstoff mit verändertem Gefüge- und Phasenaufbau beim Schmelzlöten von Stählen
 - Kaltverformung und Anlasstemperatur – Einfluss auf Streckgrenze, Kornvolumen, elektrische Leitfähigkeit und Bruchdehnung
 - Zugfestigkeit von Grundwerkstoff, verfahrensbeeinflusstem Grundwerkstoff und kombinierten Schweißlot-Verbindungen
 - Dauerfestigkeit von Grundwerkstoff, verfahrensbeeinflusstem Grundwerkstoff, Lötverbindungen und kombinierten Schweißlot-Verbindungen
- 7.2.3 Lotschmelze
 - Metall-, Mischkristall- und Eutektik-Fertiglote sowie Eutektik- und Mischkristall-Reaktionslote zum Schmelzlöten von Kupfer
- 7.2.3.1 Thermisches Schmelzen der Fertiglote
 - Thermisches Schmelzen des festen AgCu-Eutektik-Fertiglotes
 - Thermisches Vorschmelzen von Fertigloten – Untersuchungsmethode
 - Thermisches Schmelzen des SnPb-Eutektik-Fertiglotes
- 7.2.3.2 Thermisches Schmelzen der Reaktionslote
 - Laser-Übersolidus-Schmelzlotverbindungen
 - Lichtbogen-Übersolidus-Schmelzlotverbindungen und Widerstands-Übersolidus-Schmelzlotverbindungen

- 7.2.3.3 Chemisches Schmelzen der Reaktionslote
 - ▶ Chemisches Schmelzen des fest-festen AgCu-Eutektik-Reaktionslotes
 - ▶ Aluminiumschmelzloten mit dem fest-festen AlSi-Eutektik-Reaktionslot
- 7.2.4 Lötgutschmelze beim Untersoliduslöten
 - ▶ Lotschmelze – Umwandlung in die Lötgutschmelze durch chemisches Schmelzen des Grundwerkstoffes
 - ▶ Lötgutschmelze – chemische Zusammensetzung bei Erreichen der Löttemperatur
 - ▶ Montagespalt – Einfluss auf den Grundwerkstoffanteil im Schmelzlotgut
- 7.2.5 Lötgutschmelze beim Übersoliduslöten
- 7.2.6 Chemisches Schmelzen des Grundwerkstoffes
 - ▶ Phasenübergänge *fest-flüssig* und *flüssig-fest* beim Schmelzloten und Schmelzschweißen
 - ▶ Chemisches Anschmelzen des Grundwerkstoffes beim Schmelzloten
 - ▶ Schmelzrate beim Schmelzloten
- 7.2.7 Diffusionszone
 - ▶ Diffusionszone im verfahrensbeeinflussten Grundwerkstoff und Mischkristallschicht in der Lötgutschmelze
 - ▶ Mischkristallschicht (MK) und Diffusionszone (DZ) – chemische Zusammensetzung
- 7.2.8 Mischkristallschicht
 - ▶ Mischkristallschichten beim Schmelzloten von Stahl, Kupfer und Messing
 - ▶ Mischkristallschicht (MK) und Diffusionszone (DZ) – chemische Zusammensetzung
- 7.2.9 Übergangsphase
 - ▶ Übergangsphasen beim Schmelzloten einer NiCrFe-Legierung und von Kupfer
 - ▶ Werkstoffbereiche in einer Cu(SnPbAg)-Schmelzlotverbindung nach Tempern und Auslagerung
 - ▶ Löttemperatur und Montagespalt – Einfluss auf das Wachstum von CuSn-Phasen
- 7.2.10 Lötguterstarrung
 - ▶ Thermische und chemische Phasenübergänge *fest-flüssig* sowie *flüssig-fest*
- 7.2.10.1 Thermische Erstarrung der Lötgutschmelze
 - ▶ Heteroepitaxiales Wachstum der Mischkristalle des Lötgutes auf Basis der chemisch angeschmolzenen Grundwerkstoffkristallite mit Vererbung der Korngrenzen
 - ▶ Wachstumsmechanismen von Primärkristalliten bei der thermischen Erstarrung beim Schmelzloten und Schmelzschweißen
 - ▶ Primärgefüge des thermisch erstarrenden Schmelzlotgutes – Einfluss der Abkühlgeschwindigkeit

7.2.10.2 Chemische Erstarrung der Lötgutschmelze

- ▶ Thermisches (isochemisches) und isothermes Schmelzloten der Titanlegierung OT-4
- ▶ Magnesiumschmelzloten mit Silber-Reaktionslot und isothermer Erstarrung
- ▶ Löttemperaturen und Wiederaufschmelztemperaturen beim isothermen Schmelzloten

7.3 Lötparameteroptimierung zur Verbesserung der Verbindungswertigkeit

- ▶ Eigenschaften von Schmelzlotverbindungen – Einfluss der Abkühlgeschwindigkeit
- ▶ Verfestigung von Schmelzlotverbindungen durch Abkühlen unter Argondruck