

BEARBEITUNGS- UND FÜGETECHNIK OTO-AKUSTIKBLECH

Technischer Leitfaden für Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und Fertigung



Dokument	DB-OTO-AB-02
Ausgabe	Stand 08/2026 · Webfassung
Zugehöriges Dokument	DB-OTO-AB-01 · OTO-Akustikblech – Technisches Produktdatenblatt

Hinweise zur Nutzung und Verfahrensnavigator

Dieser Leitfaden ist als ausführliches Nachschlagewerk aufgebaut. Anwender können unmittelbar zu dem für ihre Bearbeitung relevanten Verfahren wechseln. Besonders wichtige Verarbeitungsregeln werden an mehreren fachlich passenden Stellen bewusst wiederholt.

Richtwerte und Verfahrensbeispiele sind Ausgangspunkte für die Prozessauslegung. Sie ersetzen keine Prüfung am tatsächlich vorgesehenen Schichtaufbau, Bauteil und Fertigungsverfahren.

Hinweisarten

•	KERNREGEL Verfahrensbestimmende Grundregel, die bei der Prozessplanung und Bearbeitung zu beachten ist.
▲	WARNHINWEIS Erhöhtes Beschädigungsrisiko bei falscher Vorgehensweise.
■	ABBRUCHKRITERIUM Prozess nicht beginnen oder sofort unterbrechen, bis Ursache und weitere Vorgehensweise geklärt sind.
i	PRAXISHINWEIS Bewährte Maßnahme oder Arbeitshilfe, deren Einsatz vom konkreten Anwendungsfall abhängt.

Verfahrensnavigator

Direkte Sprungziele zu häufig benötigten Themen und Arbeitsschritten. Alle Einträge sind in der PDF-Fassung anklickbar.

Trennen und Zuschneiden	Umformen und Kanten
Fügetechnik	Reinigung und Oberflächenbehandlung
Qualitätskontrolle und Fehlerdiagnose	Arbeitsschutz und Prozessqualifizierung
Schnellchecks	

Ich möchte ...

- [... das Blech kanten](#)
- [... laserschneiden](#)
- [... eine verbackene Schnittkante bearbeiten](#)
- [... Löcher vor dem Kanten einbringen](#)
- [... punktschweißen](#)
- [... pulverbeschichten](#)
- [... einen Prozess für die Serie freigeben](#)

•	KERNREGEL – BEARBEITUNG ZUERST AM MUSTERSTÜCK ERPROBEN Vor Serien-, Kunden- oder Fertigteilen die vorgesehenen Bearbeitungs- und Fügeschritte grundsätzlich an einem repräsentativen Musterstück erproben. Möglichst denselben Materialaufbau, dieselbe Gesamtstärke und eine vergleichbare Geometrie verwenden. So lassen sich das Materialverhalten und geeignete Prozessparameter kennenlernen, vermeidbare Fehler reduzieren und Schäden an vollwertigem Material vermeiden. Ergebnisse dokumentieren; bei wesentlichen Änderungen erneut prüfen.
---	---

Inhaltsverzeichnis

<u>1 Zweck und Geltungsbereich</u>	4
<u>2 Aufbau und besonderes Verarbeitungsverhalten</u>	5
<u>3 Lagerung, Transport und Konditionierung</u>	7
<u>4 Konstruktion und Arbeitsvorbereitung</u>	8
<u>5 Trennen und Zuschneiden</u>	11
<u>6 Umformen</u>	20
<u>7 Fügetechnik</u>	29
<u>8 Reinigung und Oberflächenbehandlung</u>	37
<u>9 Qualitätskontrolle, Fehlerdiagnose und Dokumentation</u>	43
<u>10 Arbeitsschutz, Vorversuche und technische Abstimmung</u>	48
<u>Anhang A Die wichtigsten Kernregeln auf einen Blick</u>	51
<u>Anhang B Schnellcheck Wasserstrahlschneiden</u>	52
<u>Anhang C Schnellcheck Schnittkante vor dem Kanten</u>	53
<u>Anhang D Schnellcheck vor, während und nach dem Kanten</u>	54
<u>Anhang E Schnellcheck Widerstandspunktschweißen</u>	55
<u>Anhang F Schnellcheck Pulverbeschichten</u>	56
<u>Anhang G Schnellcheck Prozessqualifizierung und Serienfreigabe</u>	57

Die Unterkapitel sind zusätzlich über den Verfahrensnavigator sowie über die Navigations- und Lesezeichenstruktur der PDF-Fassung erreichbar.

1. Zweck und Geltungsbereich

1.1 Zweck des Dokuments

Dieser technische Leitfaden enthält ausführliche Hinweise zur Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Bearbeitung, Umformung, Oberflächenbehandlung und zum Fügen von OTO-Akustikblech.

OTO-Akustikblech ist ein körperschalldämpfender Metallverbund aus zwei metallischen Deckblechen und einer dazwischenliegenden viskoelastischen Zwischenschicht. Es kann mit zahlreichen Verfahren der konventionellen Blechbearbeitung verarbeitet werden. Aufgrund des mehrschichtigen Aufbaus ist jedoch eine an Werkstoff, Deckblechdicken, Schichtaufbau, Bauteilgeometrie und Fertigungsverfahren angepasste Prozessführung erforderlich.

Der Leitfaden soll insbesondere:

- typische Fragen zur Verarbeitung beantworten,
- geeignete Bearbeitungsverfahren einordnen,
- die besonderen Anforderungen des Schichtverbunds erläutern,
- Fehlbearbeitungen und Schäden vermeiden,
- Hinweise für Konstruktion und Arbeitsvorbereitung geben,
- typische Fehlerbilder und deren Ursachen beschreiben,
- Qualitätsprüfungen und Vorversuche unterstützen.

1.2 Angesprochene Fachbereiche

Der Leitfaden richtet sich insbesondere an:

- Konstruktion und Entwicklung,
- technische Projektleitung,
- Arbeitsvorbereitung,
- Werkzeug- und Formenbau,
- Zuschnitt und Blechbearbeitung,
- Presswerk und Umformtechnik,
- Schweiß- und Fügetechnik,
- Oberflächenbeschichtung,
- Qualitätssicherung,
- Einkauf und Lieferantenmanagement.

1.3 Geltungsbereich

Die Hinweise gelten grundsätzlich für symmetrische und unsymmetrische OTO-Akustikblech-Aufbauten aus:

- elektrolytisch verzinktem Stahl,
- feuerverzinktem Stahl,
- Edelstahl,
- Aluminium,
- weiteren verarbeitbaren metallischen Feinblechwerkstoffen nach technischer Prüfung und Abstimmung.

Die konkreten Bearbeitungsergebnisse hängen unter anderem von den verwendeten Deckblechwerkstoffen, den Deckblechdicken, der Gesamtstärke, der Oberflächenbeschichtung, der Bauteilgeometrie, dem Werkzeug, der Maschine, der Temperatur und der Fertigungsreihenfolge ab.

1.4 Abgrenzung zu DB-OTO-AB-01

Die allgemeinen Produktdaten, verfügbaren Werkstoffe, üblichen Schichtaufbauten, Lieferformate, mechanischen Grundlagen und akustischen Eigenschaften sind im technischen Produktdatenblatt **DB-OTO-AB-01 „OTO-Akustikblech“** beschrieben.

DB-OTO-AB-01 und DB-OTO-AB-02 sind gemeinsam zu verwenden:

- DB-OTO-AB-01 beschreibt das Produkt,
- DB-OTO-AB-02 beschreibt dessen Bearbeitung und Fügetechnik.

2. Aufbau und besonderes Verarbeitungsverhalten

2.1 Aufbau des Schichtverbunds

OTO-Akustikblech besteht aus:

AUFBAU UND BEGRIFFE



Abb. 1 – Aufbau und Begriffe

1. Deckblech 1,
2. viskoelastischer Zwischenschicht,
3. Deckblech 2.

Die viskoelastische Zwischenschicht übernimmt in erster Linie die akustische Funktion. Bei Biegeschwingungen verschieben sich die beiden Deckbleche geringfügig gegeneinander. Die Zwischenschicht wird dabei auf Scherung beansprucht und wandelt einen Teil der mechanischen Schwingungsenergie in Wärme um.

Die Zug-, Druck- und Biegesteifigkeit des Gesamtaufbaus wird näherungsweise überwiegend durch die beiden metallischen Deckbleche bestimmt. Die Zwischenschicht trägt jedoch entscheidend zum Verarbeitungsverhalten bei, weil sie:

- Relativbewegungen der Deckbleche ermöglichen muss,
- temperaturabhängige Eigenschaften besitzt,
- das Schneid- und Umformverhalten beeinflusst,
- bei thermischer Bearbeitung geschützt werden muss,
- unter langfristiger Druckbeanspruchung relaxieren kann.

2.2 Herstellung und verwendete Begriffe

OTO-Akustikblech wird als mehrschichtiger Metallverbund gefertigt. Eine viskoelastische Zwischenschicht wird zwischen die vorbereiteten metallischen Deckbleche eingebracht. Anschließend wird der Schichtverbund in einem kontrollierten Laminier- und Walzprozess flächig konsolidiert.

In diesem Leitfaden werden folgende Begriffe verwendet:

- **Deckblech:** eine der beiden metallischen Außenlagen,
- **Zwischenschicht:** die viskoelastische Funktionsschicht zwischen den Deckblechen,
- **OTO-Akustikblech, Sandwichblech, Metallverbund oder Schichtverbund:** das vollständig hergestellte Verbundblech.

2.3 Symmetrische und unsymmetrische Aufbauten

Bei einem symmetrischen Aufbau bestehen beide Deckbleche aus demselben Werkstoff und besitzen dieselbe Dicke.

Symmetrische Aufbauten bieten bei vergleichbarem Werkstoff, vergleichbarer Gesamtstärke und sonst gleichen Randbedingungen in der Regel:

- besonders günstige Körperschalldämpfende Eigenschaften,
- ein gleichmäßigeres Umformverhalten,
- einen höheren Steifigkeitsfaktor als vergleichbare unsymmetrische Aufbauten,
- besser vorhersehbare Rückfederung,
- weniger ausgeprägte asymmetrische Verformungen.

Unsymmetrische Aufbauten besitzen unterschiedliche Deckblechdicken oder unterschiedliche Werkstoffe. Sie können erforderlich sein, wenn die beiden Bauteilseiten unterschiedliche Anforderungen erfüllen müssen, beispielsweise hinsichtlich Belastung, Gewicht, Oberfläche, Korrosionsschutz, Verschleiß oder Formgebung.

Bei unsymmetrischen Aufbauten sind insbesondere zu prüfen:

- Orientierung des dünneren und dickeren Deckblechs,
- Schneidrichtung,
- Stempel- und Matrizenlage,
- Rückfederung,
- Deckblechverschiebung,
- asymmetrischer Verzug,
- Lage der späteren Sicht- oder Funktionsseite.

2.4 Relativbewegung der Deckbleche

Beim Biegen müssen Innen- und Außendeckblech unterschiedliche Bogenlängen einnehmen. Das Außendeckblech benötigt eine größere, das Innendeckblech eine kleinere Länge. Dieser Längenausgleich erfolgt durch eine kontrollierte Relativbewegung der Deckbleche innerhalb des Schichtverbunds.

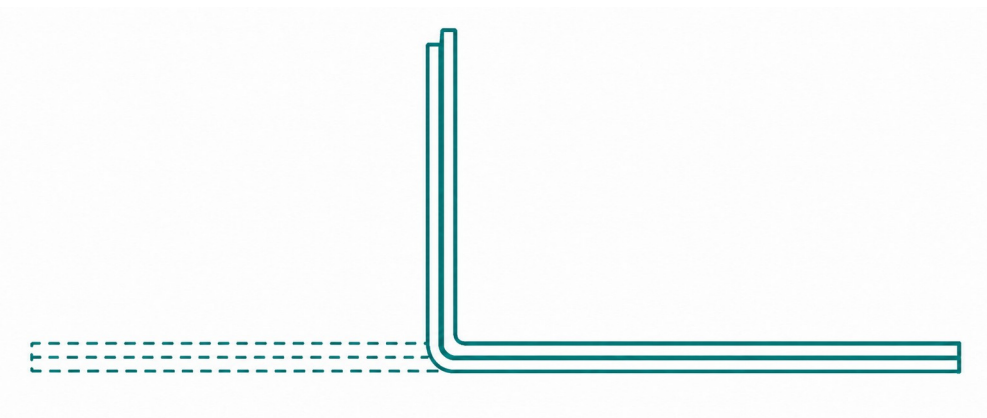


Abb. 2 – Relativbewegung der Deckbleche beim Biegen

Der Längenausgleich muss sich in Richtung mindestens einer freien Kante einstellen können. Wird die Relativbewegung durch eine verbackene Schnittkante, einen starken Grat, bereits geschlossene Kantungen oder eine falsche Kantfolge blockiert, entstehen hohe Scherkräfte im Schichtverbund.

Mögliche Folgen sind:

- Wellen und Aufwölbungen,
- örtliches Klaffen,
- Ablösung der Deckbleche,
- Rissbildung,
- Aufplatzen des Schichtverbunds,
- stark erhöhte Biegekräfte,
- bleibender Bauteilverzug.

2.5 Wesentliche Einflussgrößen der Bearbeitung

Für die Prozessplanung sind mindestens zu berücksichtigen:

- Werkstoff und Dicke beider Deckbleche,
- Verhältnis der Deckblechdicken,
- Gesamtstärke,
- symmetrischer oder unsymmetrischer Aufbau,
- Oberflächenbeschichtung,
- Walzrichtung,
- Materialtemperatur,
- Lage und Abstand freier Kanten zur Bearbeitungszone,
- Biegeradius und Biegewinkel,
- Umformgrad,
- Werkzeuggeometrie und Werkzeugzustand,
- Schneid- oder Fügeverfahren,
- Wärmeeintrag,
- nachfolgende Beschichtungsprozesse,
- dynamische oder sicherheitsrelevante Belastung.

Bearbeitungsparameter dürfen nicht ausschließlich aus der Gesamtstärke des OTO-Akustikblechs abgeleitet werden. Bei Schneid-, Umform- und Fügeverfahren müssen insbesondere die Dicken und Werkstoffe der einzelnen Deckbleche berücksichtigt werden.

3. Lagerung, Transport und Konditionierung

3.1 Lagerbedingungen

OTO-Akustikblech ist horizontal, trocken und plan zu lagern.

Empfohlene Lagerbedingungen:

- Lagertemperatur 0 °C bis 30 °C,
- empfohlene maximale Lagerdauer vor Verarbeitung 12 Monate,
- grundsätzlich höchstens 50 Tafeln pro Stapel, sofern die zulässige Stapellast nicht bereits vorher erreicht wird,
- geringere Stapelmenge bei großen Formaten, hohen Gesamtstärken oder schweren Werkstoffen,
- zulässiges Stapelgewicht beachten,
- Tragfähigkeit von Untergrund, Auflagen und Transportmitteln prüfen,
- Schutz vor Feuchtigkeit und Kondenswasser,
- Schutz vor Schmutz und aggressiven Medien,
- Schutz vor mechanischer Beschädigung.

Die Tafeln müssen vollflächig oder auf ausreichend eng angeordneten, ebenen Auflagen gelagert werden. Punktuelle Auflagen oder ungeeignete Unterkonstruktionen können bleibende Durchbiegung, Druckstellen, Wellenbildung oder Oberflächenbeschädigungen verursachen.

3.2 Transport und Handhabung

Beim Transport sind die Tafeln gegen Durchhängen, Verrutschen und Kantenschäden zu sichern.

Zu beachten sind:

- großflächige Unterstützung,
- geeignete Hebe- und Transportmittel,
- Schutz vor mechanischer Beschädigung der Außen- und Schnittkanten,
- keine punktförmige Überlastung,
- keine stark durchgebogenen Transportlagen,
- saubere und gratfreie Auflagen,
- ausreichende Anzahl von Anschlag-, Saug- oder Greifpunkten.

Bei dünnen und großformatigen Tafeln kann eine höhere Anzahl an Saugern, Greifern oder Auflagepunkten erforderlich sein als bei homogenem Feinblech gleicher Gesamtstärke.

3.3 Konditionierung vor der Bearbeitung

OTO-Akustikblech muss vor der Bearbeitung vollständig auf eine Materialtemperatur von mindestens 21 °C konditioniert werden.

Es gelten folgende Grundsätze:

- mindestens 48 Stunden bei etwa 21 °C konditionieren,
- tatsächliche Bauteiltemperatur des vollständigen Schichtverbunds bei der Bearbeitung mindestens 21 °C,
- kalte Tafeln nicht unmittelbar aus einem Außen- oder Kaltlager bearbeiten,
- Tafelpakete vollständig durchtemperieren lassen,
- kalte Werkzeuge und Auflagen nach Möglichkeit vermeiden.

Entscheidend ist nicht allein die Temperatur der Raumluft oder der außenliegenden Tafeln, sondern die tatsächliche Temperatur des vollständigen Schichtverbunds. Dicke Stapel, große Bauteile oder zuvor stark abgekühlte Tafeln können deutlich länger als 48 Stunden benötigen, bis auch innenliegende Tafeln vollständig durchgewärmt sind.

Bei kritischen Umformungen sollte die Materialtemperatur mit einem geeigneten Messverfahren kontrolliert und dokumentiert werden.

3.4 Folgen einer zu niedrigen Materialtemperatur

Bei niedriger Temperatur ist die viskoelastische Zwischenschicht weniger nachgiebig. Die erforderliche Relativbewegung der Deckbleche wird behindert.

Mögliche Folgen sind:

- erhöhte Biegekräfte,
- hohe oder ungleichmäßige Rückfederung,
- ungleichmäßige Biegeradien,
- Wellenbildung,
- Aufwölbung der Deckbleche,
- örtliches Klaffen,
- Ablösung der Deckbleche,
- Aufplatzen des Schichtverbunds,
- Risse oder Oberflächenschäden,
- bleibender Verzug.

Das Risiko steigt insbesondere bei hohen Gesamtstärken, kleinen Biegeradien, großen Biegewinkeln, langen Kantlinien und anspruchsvollen Mehrfachkantungen.

KERNREGEL – TEMPERATUR

OTO-Akustikblech vor der Bearbeitung mindestens 48 Stunden konditionieren. Beim Kanten muss das vollständige Bauteil mindestens 21 °C warm sein. Bei anspruchsvollen Kantungen kann eine zusätzliche kontrollierte lokale Erwärmung erforderlich sein.

4. Konstruktion und Arbeitsvorbereitung

4.1 Wareneingangsprüfung

Vor Beginn der Bearbeitung sind mindestens zu prüfen:

- Übereinstimmung von Lieferschein, Bestellung, Zeichnung und Materialkennzeichnung,
- Werkstoff beider Deckbleche,
- Dicke beider Deckbleche,
- Gesamtstärke und bestellter Schichtaufbau,
- symmetrischer oder unsymmetrischer Aufbau,
- Oberflächenzustand und Beschichtung,
- Ebenheit und Maßhaltigkeit,
- sichtbare Beschädigungen,
- mögliche Delaminationen,
- Zustand der Außen- und Schnittkanten,
- Chargen- oder Fertigungszuordnung, sofern für das Bauteil erforderlich.

Beschädigte, unklare oder auffällige Tafeln dürfen nicht ungeprüft weiterverarbeitet werden.

4.2 Kennzeichnung und Orientierung

Bei unsymmetrischen Aufbauten ist die Orientierung der Deckbleche während des gesamten Fertigungsprozesses eindeutig zu kennzeichnen. Dies gilt ebenso für symmetrische Aufbauten, wenn die beiden Seiten unterschiedliche Oberflächenzustände, Schutzfolien oder spätere Funktionen besitzen.

Sinnvoll sind beispielsweise:

- Kennzeichnung von Deckblech 1 und Deckblech 2,
- Kennzeichnung der Sichtseite,
- Kennzeichnung der späteren Innen- und Außenseite,
- Kennzeichnung der Walzrichtung,
- Kennzeichnung der Stempel- oder Matrizenlage,
- Kennzeichnung der freien Kanten.

Die Kennzeichnung sollte außerhalb späterer Sicht-, Dicht- oder Funktionsflächen liegen und während der vorgesehenen Fertigungsschritte erhalten bleiben.

4.3 Konstruktive Berücksichtigung der Deckblechverschiebung

Die beim Biegen entstehende Relativbewegung kann an freien Kanten zu einem sichtbaren Deckblechversatz führen. Die Höhe des Versatzes hängt insbesondere ab von:

- Gesamtstärke,
- Verhältnis der Deckblechdicken,
- Innenbiegeradius,
- Biegewinkel,
- Abstand der Biegelinie zur freien Kante,
- Materialtemperatur,
- Schichtaufbau.

Bei dicken Aufbauten, kleinen Radien und randnahen starken Biegungen kann der Versatz mehrere Millimeter betragen.

Der mögliche Versatz ist bei Konstruktion und Zuschnitt zu berücksichtigen, insbesondere an:

- Sichtkanten,
- Fügekanten,
- Passflächen,
- Gehäuseabschlüssen,
- Dichtflächen,
- Bohrungsbildern,
- nachfolgenden Schweiß- oder Beschichtungsbereichen.

Ist nach dem Umformen eine bündige oder maßgenaue Außenkante erforderlich, sollte die Fertigbearbeitung dieser Kante nach den wesentlichen Umformschritten vorgesehen werden. Die für das Biegen erforderliche freie Kante darf nicht bereits vor der Umformung so fixiert oder bearbeitet werden, dass der notwendige Längenausgleich behindert wird.

4.4 Planung der Bearbeitungsreihenfolge

Die vollständige Bearbeitungsreihenfolge ist vor Fertigungsbeginn festzulegen. Die nachfolgende Aufzählung ist keine für jedes Bauteil unveränderliche Reihenfolge, sondern eine Planungsstruktur. Abweichungen können insbesondere bei Tiefzieh-, Stanz- oder kombinierten Folgeverbundprozessen erforderlich sein.

Als bevorzugter Grundablauf für gekantete Bauteile gilt:

1. Wareneingang prüfen und Bauteilorientierung kennzeichnen,
2. Grobzuschnitt und solche Konturen herstellen, die durch die spätere Umformung nicht lagekritisch werden,
3. Schnittkanten entgraten, thermische Verbackungen lösen und die freie Beweglichkeit prüfen,
4. Kant- und Umformarbeiten in der Bauteilmitte beginnen und schrittweise nach außen zu den freien Kanten ausführen,
5. Funktions-, Pass- und Befestigungsöffnungen auf Endmaß herstellen,
6. thermisch oder mechanisch fügen,
7. reinigen, beschichten und den Korrosionsschutz an offenen Schnitt-, Bohr- und Schweißkanten werkstoff- und anwendungsgerecht wiederherstellen,
8. Endkontrolle und Prozessdokumentation durchführen.

Vorlochen, Vorstanzen oder Bearbeitungszugaben können erforderlich sein, wenn eine spätere Bearbeitung technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht sinnvoll ist. In diesen Fällen ist die erwartete Deckblechverschiebung konstruktiv und im Arbeitsplan zu berücksichtigen.

4.5 Planung der Kantfolge

Bei mehreren Kantungen muss der erforderliche Längenausgleich der Deckbleche während jeder einzelnen Kantung über mindestens eine freie Kante möglich bleiben. Die zulässige und die blockierte Kantfolge sind in Abb. 3 schematisch gegenübergestellt.

RICHTIGE UND FALSCH KANTFOLGE

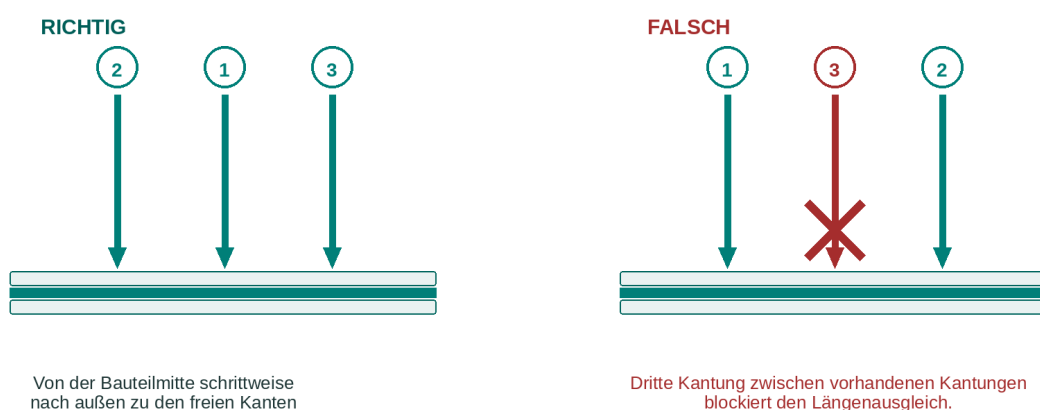


Abb. 3 – Richtige und falsche Kantfolge

WARNHINWEIS – KANTFOLGE

Eine nachträgliche Kantung darf niemals zwischen zwei bereits ausgeführten Kantungen erfolgen. Die Deckbleche können die erforderliche Längenänderung dann nicht mehr zu einer freien Kante ausgleichen. Die entstehenden Scherkräfte können den Schichtverbund aufplatzen lassen.

Bei mehreren Kantungen gilt deshalb:

KERNREGEL – KANTFOLGE

In der Bauteilmitte beginnen und anschließend schrittweise nach außen zu den freien Kanten arbeiten.

Die Kantfolge ist bereits in Konstruktion, Zeichnung und Arbeitsplan eindeutig festzulegen. Bei komplexen Bauteilen sollten die Kantungen nummeriert oder mit eindeutigen Richtungsangaben versehen werden. Eine ungeplante Änderung der Reihenfolge während der Fertigung ist zu vermeiden.

4.6 Bohrungen und Ausschnitte

Beim Biegen verschieben sich die beiden Deckbleche gegeneinander. Bereits vor dem Kanten eingebrachte Bohrungen oder Ausschnitte können sich dadurch so weit gegeneinander versetzen, dass sie nach dem Kanten nicht mehr fluchten.

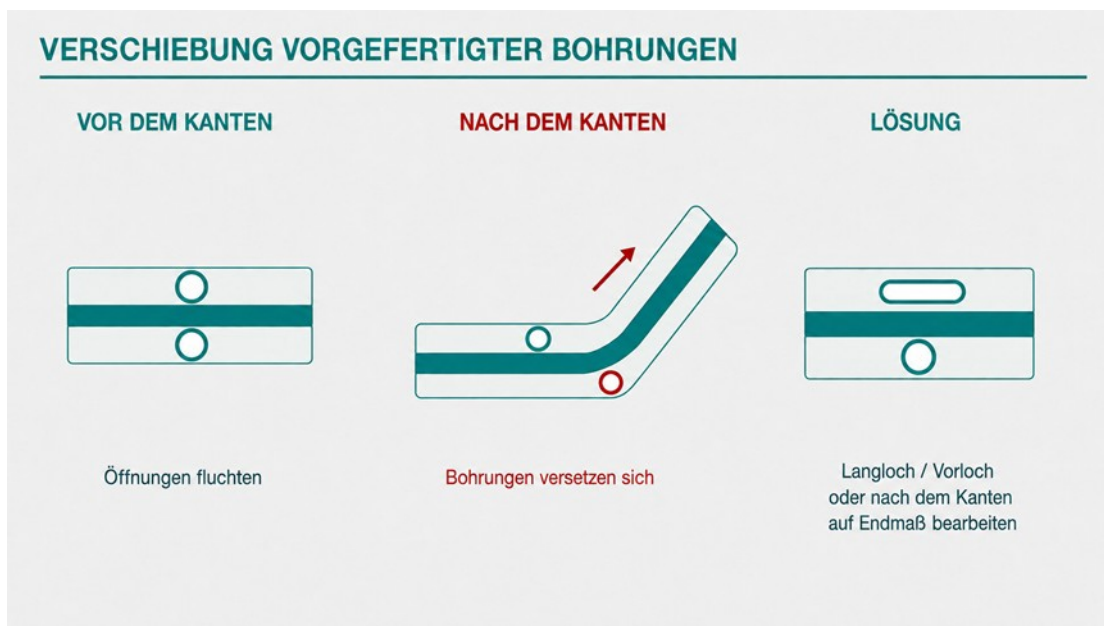


Abb. 4 – Verschiebung vorgefertigter Bohrungen

Daher gilt:

- Funktions-, Pass- und Befestigungsbohrungen möglichst nach dem Kanten herstellen,
- bei unvermeidbarer Vorbearbeitung größere Bohrungen oder Langlöcher vorsehen,
- alternativ zunächst vorlochen und nach dem Kanten auf Endmaß bearbeiten,
- erforderliche Zugaben anhand eines Musterteils festlegen,
- Öffnungen im oder unmittelbar neben dem Biegebereich gesondert auf Verformung, Rissgefahr und Lageänderung prüfen.

Ausschnitte, Schlitz- oder Lochbilder dürfen den für die Umformung erforderlichen Längenausgleich nicht unbeabsichtigt blockieren oder die verbleibenden Stege unzulässig schwächen.

4.7 Musterteile und Prozessfreigabe

Bei neuen Bauteilen oder geänderten Prozessen sind Musterteile herzustellen.

Zu prüfen sind insbesondere:

- Schnittqualität und freie Beweglichkeit der Schnittkanten,
- Maßhaltigkeit,
- Biegeradius und Biegewinkel,
- Kantfolge,
- Deckblechverschiebung,
- Rückfederung,
- Wellen- oder Faltenbildung,
- Delamination,
- Schweiß- oder Fügequalität,
- Verhalten bei Reinigung und Beschichtung,
- Funktion des fertigen Bauteils.

Erst nach erfolgreicher Prüfung sollten Serienparameter festgelegt und dokumentiert werden. Bei wiederkehrenden Bauteilen sollte ein freigegebenes Referenzmuster oder eine eindeutig dokumentierte Erstmusterprüfung als Vergleichsgrundlage aufbewahrt werden.

5. Trennen und Zuschneiden

5.1 Verfahrensübersicht

Die Auswahl des Trennverfahrens richtet sich nach Werkstoff, Gesamtstärke, Kontur, Toleranz, Oberflächenanforderung, Stückzahl und den vorgesehenen Folgeprozessen. Besonders wichtig ist, ob die Schnittkante später als freie Kante für eine Kantung benötigt wird.

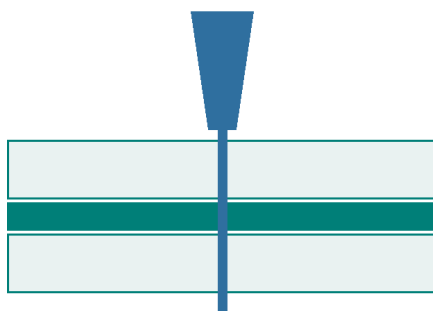
i

PRAXISHINWEIS – MUSTERSTÜCK

Die vorgesehenen Bearbeitungsschritte und Maschineneinstellungen sollten zunächst an einem repräsentativen Musterstück erprobt werden. Dadurch lassen sich Erfahrungen mit dem Materialverhalten sammeln, Prozessparameter optimieren und vermeidbare Schäden an vollwertigen Bauteilen reduzieren.

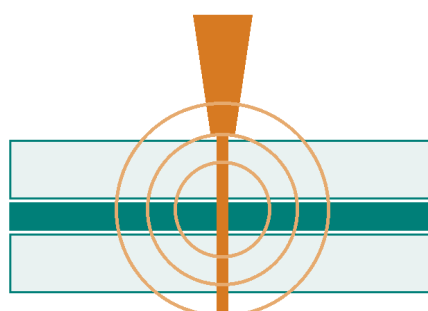
KALTES UND THERMISCHES TRENNEN

WASSERSTRAHL



Kein Wärmeeintrag · keine Wärmeeinflusszone

LASER / PLASMA



Örtlicher Wärmeeintrag · mögliche Verbackung

Abb. 5 – Kaltes und thermisches Trennen

Verfahren	Grundsätzliche Eignung	Wesentliche Besonderheit
Wasserstrahlschneiden	besonders gut geeignet und bevorzugt	kaltes Trennverfahren ohne Wärmeeinflusszone; bei geeigneter Prozessführung keine klassische Scher- oder Schmelzgratbildung
Tafelschere	gut geeignet	Schneidspalt am Verhalten der einzelnen Deckbleche ausrichten und über die gesamte Schnittlinie gleichmäßig halten
Stanzen und Nibbeln	geeignet	scharfe Werkzeuge, enge Führung und gleichmäßiger Schneidspalt erforderlich; Lageänderung von Öffnungen beim späteren Kanten beachten
Bohren	geeignet	Funktions- und Passbohrungen vorzugsweise nach dem Kanten auf Endmaß herstellen
Sägen	geeignet	Schichtverbund nahe der Schnittlinie sicher unterstützen und gegen Schwingungen fixieren
Trennschleifen und Schlitzen	bedingt geeignet	Wärmeeintrag, Gratbildung und mögliche Öffnung des Schichtverbunds begrenzen
Laserschneiden	geeignet	Wärmeeintrag, Schneidgas, Schmelzanhaftungen und mögliche Verbackung der Deckbleche beachten
Plasmaschneiden	bedingt geeignet	höherer Wärmeeintrag und gröbere Schnittkante; zwingend an Musterteilen qualifizieren
Autogenes Brennschneiden	nicht vorgesehen	zu hoher und großflächiger Wärmeeintrag

KERNREGEL – BEVORZUGTES TRENNVERFAHREN

Wenn Geometrie, Toleranz, Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit es zulassen, ist Wasserstrahlschneiden wegen des fehlenden Wärmeeintrags das bevorzugte Trennverfahren für OTO-Akustikblech.

5.2 Allgemeine Anforderungen an Trennprozesse

Bearbeitungsparameter dürfen nicht allein aus der Gesamtstärke des Schichtverbunds abgeleitet werden. Zu berücksichtigen sind insbesondere:

- Werkstoff und Dicke beider Deckbleche,
- symmetrischer oder unsymmetrischer Aufbau,
- Oberflächenbeschichtung,
- gewünschte Schnittqualität,
- Lage späterer Biegungen und freier Kanten,
- vorgesehene Füge- und Beschichtungsprozesse,
- zulässiger Wärmeeintrag,
- erforderlicher Korrosionsschutz.

Werkzeuge, Führungen, Auflagen und Spannmittel müssen sauber, scharf beziehungsweise verschleißarm und für den jeweiligen Werkstoff geeignet sein. Das Bauteil ist so zu unterstützen, dass die Deckbleche während des Trennvorgangs nicht gegeneinander schwingen, aufklappen oder sich unkontrolliert verschieben.

Nach jedem Trennvorgang sind mindestens zu prüfen:

- vollständige Durchtrennung beider Deckbleche und der Zwischenschicht,
- Maßhaltigkeit,
- Schnittwinkel beziehungsweise Schnittschräge,
- Gratbildung,
- Schmelz-, Schlacke- oder Abrasivmittelanhaftungen,
- Deckblechversatz,
- Verformung oder Zusammenpressen der Schnittkante,
- örtliche Ablösung,
- Austritt, Rückzug oder thermische Schädigung der Zwischenschicht,
- Oberflächenbeschädigung,
- erforderlicher Korrosionsschutz,
- Eignung der Kante für nachfolgende Bearbeitungsschritte.

Ist eine nachfolgende Kantung vorgesehen, ist zusätzlich die tatsächliche freie Beweglichkeit der beiden Deckbleche an den für den Längenausgleich maßgebenden Schnitt- und Außenkanten zu prüfen.

5.3 Wasserstrahlschneiden

5.3.1 Eignung und Vorteile

Wasserstrahlschneiden ist für OTO-Akustikblech besonders gut geeignet. Als kaltes Trennverfahren erzeugt es keine verfahrensbedingte Wärmeeinflusszone. Die viskoelastische Zwischenschicht wird dadurch thermisch nicht belastet.

Wesentliche Vorteile sind:

- kein thermischer Wärmeeintrag,
- keine thermische Schädigung oder Verbrennung der Zwischenschicht,
- keine thermisch bedingte Verbackung der Deckbleche,
- keine thermisch verursachte Gefügeveränderung der metallischen Deckbleche,
- geringe Verzugneigung,
- bei geeigneter Einstellung sehr geringe beziehungsweise keine klassische Schneidgratbildung,
- gute Eignung für freie Konturen, Ausschnitte und Durchbrüche,
- gute Eignung für unterschiedliche Deckblechwerkstoffe und Schichtaufbauten.

5.3.2 Arbeitsvorbereitung

Vor dem Schneiden sind festzulegen:

- Material- und Schichtaufbau,
- Gesamtstärke,
- gewünschte Schnittqualität,
- zulässige Schnittschräge,
- Maßtoleranzen,
- Start-, Einstech- und Auslaufpunkte,
- Werkstückauflage und Fixierung,
- Schnittreihenfolge,
- Schutz empfindlicher Sichtseiten,
- erforderliche Nachreinigung und Trocknung.

Einstechpunkte sind nach Möglichkeit außerhalb kritischer Sicht-, Dicht-, Pass- oder Biegebereiche anzuordnen. Bei kleinen Konturen, schmalen Stegen und empfindlichen Oberflächen ist eine angepasste Einstechstrategie erforderlich.

5.3.3 Empfohlene Vorgehensweise

Zu beachten sind:

- ebene und ausreichend dichte Werkstückauflage,
- sichere Fixierung gegen Schwingung und Verschiebung,
- geeigneter Abstand zwischen Schneidkopf und Werkstück,
- an Werkstoff und Gesamtstärke angepasste Vorschubgeschwindigkeit,
- geeignete Abrasivmittelmenge,
- geeignete Schnittrihenfolge, damit kleine oder schmale Bauteilbereiche nicht vorzeitig ihre Unterstützung verlieren,
- vollständige Entfernung von Abrasivmittel- und Schneidrückständen,
- gründliche Trocknung nach dem Schneiden.

5.3.4 Typische Fehler und Risiken

Mögliche Fehlerbilder sind:

- Schnittschräge,
- Auswaschung an der Schnittunterseite,
- Maßabweichung,
- unvollständige Trennung der Zwischenschicht,
- örtliche Delamination bei ungeeignetem Einstechvorgang,
- Oberflächenbeschädigung,
- Wasser- oder Abrasivmittelrückstände,
- Korrosionsansatz an offenen Stahlkanten.

Auch beim Wasserstrahlschneiden ist die Schnittkante vor einer späteren Kantung zu prüfen. Eine lokale mechanische Verformung, ein ungeeigneter Einstechvorgang oder festgesetzte Rückstände dürfen die Relativbewegung der Deckbleche nicht behindern.

5.3.5 Prüfung und Nachbehandlung

Nach dem Schneiden sind zu prüfen:

- vollständige Durchtrennung,
- Maßhaltigkeit,
- Schnittschräge,
- Kantenqualität,
- Zustand der Zwischenschicht,
- Delamination,
- Oberflächenbeschädigung,
- Sauberkeit und Trockenheit,
- freie Beweglichkeit bei späterer Kantung,
- erforderlicher Korrosionsschutz.

Bauteile sind nach dem Schneiden vollständig zu reinigen und zu trocknen. Der Korrosionsschutz an offenen Schnittkanten ist entsprechend Deckblechwerkstoff, Einsatzumgebung und Korrosionsanforderung werkstoff- und anwendungsgerecht herzustellen beziehungsweise wiederherzustellen.

5.4 Tafelschere und Scherschneiden

5.4.1 Eignung

OTO-Akustikblech kann mit geeigneten Tafel-, Schlag- und vergleichbaren Scheren gut zugeschnitten werden.

5.4.2 Schneidspalt

Der Schneidspalt darf nicht so eingestellt werden, als handele es sich um ein homogenes Vollblech der gleichen Gesamtstärke. Maßgebend ist das Schneidverhalten der einzelnen Deckbleche.

Zu berücksichtigen sind insbesondere:

- Dicke von Deckblech 1,
- Dicke von Deckblech 2,
- Werkstoff und Festigkeit beider Deckbleche,
- symmetrischer oder unsymmetrischer Aufbau,
- Werkzeuggeometrie und Maschinenzustand,
- gewünschte Kantenqualität.

Als bewährter Ausgangswert kann ein gegenüber homogenem Feinblech gleicher Gesamtstärke deutlich reduzierter Schneidspalt verwendet werden. Ein Richtwert ist etwa 50 % des sonst üblichen Schneidspalts. Die endgültige Einstellung ist anhand der tatsächlichen Schnittkante zu optimieren und muss insbesondere Gratbildung und mechanisches Verhaken der Deckbleche vermeiden.

5.4.3 Werkzeug, Führung und Orientierung

Für eine gute Schnittqualität gelten:

- scharfe Messer,
- spielfreie und ausreichend steife Messerführung,
- über die gesamte Schnittlinie gleichmäßiger Schneidspalt,
- ausreichende Niederhaltung,
- sichere und ebene Tafelauflage,
- saubere Auflagen und Werkzeuge.

Bei unsymmetrischen Aufbauten ist es eine bewährte Ausgangslage, das dünnere Deckblech zur oberen Messer- beziehungsweise Schneidseite auszurichten. Die endgültige Orientierung ist anhand von Schnittqualität, gewünschter Gratseite und Maschinengeometrie zu bestätigen.

5.4.4 Typische Fehler

Eine ungünstige Einstellung kann verursachen:

- starken oder umgelegten Grat,
- Einziehen oder Umbiegen einer Deckblechkante,
- Verformung des Schichtverbunds,
- Deckblechversatz,
- mechanisches Verhaken der Deckbleche,
- Zusammenpressen oder Öffnen der Schnittkante,
- Schwierigkeiten bei nachfolgenden Kantungen.

5.4.5 Nachbearbeitung vor dem Kanten

Ist eine Kantung vorgesehen, müssen Grat, umgelegte Schnittkanten und mechanische Verhakungen vollständig beseitigt werden. Die Deckbleche müssen an der maßgebenden freien Kante gegeneinander beweglich sein.

Eine gratfreie Außenansicht allein genügt nicht. Die Kante ist über den für den Längenausgleich erforderlichen Bereich auf tatsächliche Freigängigkeit zu prüfen.

5.5 Stanzen, Lochen und Nibbeln

5.5.1 Eignung

OTO-Akustikblech kann gestanzt, gelocht und genibbelt werden.

5.5.2 Werkzeuganforderungen

Erforderlich sind:

- scharfe Stempel und Matrizen,
- spielfreie und ausreichend steife Führung,
- gleichmäßiger Schneidspalt über die vollständige Kontur,
- sichere Werkstückauflage,
- ausreichende Niederhaltung,
- kontrollierte Schnittfolge.

Der Schneidspalt ist wie beim Scherschneiden nicht allein nach der Gesamtstärke festzulegen. Bei größeren Konturen oder langen Schnittlinien muss die Werkzeugführung den eingestellten Schneidspalt über die gesamte Kontur zuverlässig einhalten.

Bei unsymmetrischen Aufbauten ist es eine bewährte Ausgangslage, das dünnere Deckblech zur Stempelseite auszurichten. Die Eignung ist am Musterteil zu bestätigen.

5.5.3 Reihenfolge zum Biegen

Bohrungen, Langlöcher, Ausschnitte und Passkonturen sollten nach Möglichkeit erst nach Abschluss der wesentlichen Kant- und Umformarbeiten hergestellt werden.

Beim Biegen verschieben sich die Deckbleche. Bereits eingebrachte Öffnungen können sich dadurch gegeneinander versetzen und anschließend nicht mehr fluchten.

Muss vor dem Kanten gestanzt oder genibbelt werden, sind abhängig von der zu erwartenden Verschiebung beispielsweise vorzusehen:

- größere Öffnungen,
- Langlöcher,
- Bearbeitungszugaben,
- Vorlöcher mit späterer Fertigbearbeitung

5.5.4 Kantenqualität und Folgeprozesse

Nach dem Stanzen oder Nibbeln ist zu prüfen, ob Grat, Stanzbutzenreste, umgelegte Kanten oder Verformungen die spätere Relativbewegung der Deckbleche behindern. Bei einer nachfolgenden Kantung gelten dieselben Anforderungen an die Freigängigkeit wie bei gescherten oder thermisch getrennten Kanten.

5.5.5 Prüfung

Zu prüfen sind:

- Maß und Form der Öffnung,
- Rundheit beziehungsweise Konturtreue,
- Grat,
- Deckblechversatz,
- Delamination,
- Maßlage,
- Oberflächenzustand,
- freie Beweglichkeit bei späterer Kantung,
- Eignung für Verbindungselemente und Folgeprozesse.

5.6 Bohren

5.6.1 Eignung und Werkzeugwahl

OTO-Akustikblech kann mit geeigneten Bohrverfahren bearbeitet werden.

Kleine Bohrungen können mit scharfen Standardbohrern hergestellt werden. Bei größeren Durchmessern können Stufenbohrer, Kernbohrwerkzeuge oder speziell angeschliffene Bohrer vorteilhaft sein.

5.6.2 Arbeitsweise

Zu beachten sind:

- sichere Auflage und feste Werkstückspannung möglichst nahe der Bohrstelle,
- scharfe Werkzeuge,
- angepasste Drehzahl und gleichmäßiger Vorschub,
- geringe Wärmeentwicklung,
- geeignete und saubere Unterlage an der Austrittsseite,
- Entgraten beider Deckblechseiten,
- vollständige Spanentfernung,
- Vermeidung von Spänen oder Bohrresten zwischen den Deckblechen.

Unzureichende Spannung oder stumpfe Werkzeuge können dazu führen, dass ein Deckblech angehoben, ausgerissen oder gegenüber dem anderen Deckblech verschoben wird.

5.6.3 Bohrungen und Kantfolge

Pass-, Befestigungs- und Funktionsbohrungen sind vorzugsweise nach dem Kanten auf Endmaß herzustellen. Die mögliche Verschiebung bereits eingebrachter Öffnungen ist in Abb. 4 schematisch dargestellt.

Sind Vorbohrungen erforderlich:

- ausreichend groß vorbohren,
- gegebenenfalls Langloch vorsehen,
- Bearbeitungszugabe einplanen,
- nach dem Kanten auf Endmaß bearbeiten,
- Fluchtung beider Deckbleche prüfen.

KERNREGEL – LÖCHER UND AUSSCHNITTE

Bohrungen und Ausschnitte nach Möglichkeit erst nach dem Kanten herstellen. Muss die Bearbeitung vorher erfolgen, ist die zu erwartende Deckblechverschiebung durch größere Öffnungen, Langlöcher oder eine spätere Fertigbearbeitung zu berücksichtigen.

5.6.4 Prüfung

Zu prüfen sind:

- Bohrungsdurchmesser und Form,
- Fluchtung beider Deckbleche,
- Grat und Ausbruch,
- Deckblechverformung,
- Zwischenschichtaustritt,
- eingeklemmte Späne,
- Delamination,
- erforderlicher Korrosionsschutz.

5.7 Sägen

5.7.1 Eignung

OTO-Akustikblech kann mit geeigneten Sägen, insbesondere Bandsägen, getrennt werden.

5.7.2 Arbeitsweise

Erforderlich sind:

- sichere Werkstückspannung nahe der Schnittlinie,
- ausreichende Unterstützung beider Deckbleche auf beiden Seiten des Schnitts,
- scharfes und für den Deckblechwerkstoff geeignetes Sägeblatt,
- Zahnteilung, bei der während des Schnitts mehrere Zähne gleichzeitig im Eingriff sind,
- gleichmäßiger, nicht zu hoher Vorschub,
- geringe Wärmeentwicklung,
- ausreichende Spanabfuhr.

Die Deckbleche dürfen an der Schnittstelle nicht unkontrolliert gegeneinander schwingen, rattern oder aufklappen.

Kühlschmierstoffe dürfen nur eingesetzt werden, wenn sie mit Werkstoff, Oberflächenbeschichtung und Zwischenschicht verträglich sind. Rückstände sind anschließend vollständig zu entfernen.

5.7.3 Typische Fehler und Prüfung

Mögliche Fehler sind:

- wellige oder verlaufende Schnittkante,
- Gratbildung,
- Aufschmierung,
- örtliche Erwärmung,
- Aufklappen oder Trennen des Schichtverbunds,
- eingeklemmte Späne.

Nach dem Sägen sind Schnittgeradheit, Grat, Deckblechversatz, Delamination, Sauberkeit und freie Beweglichkeit der Kante zu prüfen.

5.8 Trennschleifen und Schlitzen

Trennschleifen, Schlitzen mit einer Scheibe oder vergleichbare Verfahren können für geeignete Anwendungen eingesetzt werden, sind wegen Wärmeeintrag, Gratbildung und möglicher Öffnung des Schichtverbunds jedoch nicht das bevorzugte Verfahren.

Zu beachten sind:

- scharfe und für den Deckblechwerkstoff geeignete Scheibe,
- möglichst geringer und örtlich begrenzter Wärmeeintrag,
- gleichmäßiger Vorschub ohne langes Verweilen an einer Stelle,
- sichere Unterstützung und Spannung beider Deckbleche,
- wirksame Absaugung,
- vollständiges Entfernen von Grat und Schleifrückständen,
- Prüfung auf thermische Schädigung und Delamination.

Wenn ein Öffnen oder Schwingen der Deckbleche während des Trennens verhindert werden muss, sind mechanische Spannmittel zu bevorzugen. Sofern konstruktiv zulässig, können außerhalb der später benötigten freien Gleitbereiche auch Punkt- oder Heftstellen eingesetzt werden. Solche Fixierungen müssen so angeordnet sein, dass sie den für eine spätere Kantung erforderlichen Längenausgleich nicht behindern.

▲ WARNHINWEIS – FIXIERUNG VOR EINER KANTUNG
Punkt- oder Heftstellen dürfen den für eine spätere Kantung erforderlichen Längenausgleich nicht blockieren. Freie Kanten und Gleitbereiche müssen vor dem Kanten frei von solchen Fixierungen sein.

Nach dem Trennen ist die Schnittkante auf Grat, Wärmeeinfluss, Verbackung, mechanische Verhakung und freie Beweglichkeit zu prüfen.

5.9 Laserschneiden

5.9.1 Eignung

OTO-Akustikblech kann grundsätzlich mit geeigneten Laserschneidanlagen bearbeitet werden.

5.9.2 Prozessgrundsatz

Wärmeeintrag und thermisch beeinflusste Zone sind möglichst gering zu halten. Die Parameter sind auf Deckblechwerkstoff, Deckblechdicken, Gesamtstärke, Oberflächenbeschichtung und Kontur abzustimmen.

Bei geeigneten Werkstoffkombinationen ist Stickstoff als Schneidgas gegenüber Sauerstoff zu bevorzugen. Einstech-, Einlauf- und Auslaufpunkte sind nach Möglichkeit nicht in kritischen Biege-, Sicht-, Dicht- oder Passbereichen anzuordnen.

5.9.3 Verbackung und thermische Beeinflussung

Beim Laserschneiden können die Deckbleche an der Schnittkante durch Schmelzanhaftungen oder örtliche thermische Einwirkung miteinander verbacken. Zusätzlich kann die Zwischenschicht an der Schnittkante thermisch zurückweichen oder örtlich geschädigt werden.

Ist eine spätere Kantung vorgesehen, muss eine vorhandene Verbindung vor dem Kanten vollständig und kontrolliert gelöst werden. Eine nicht aufgebrochene Laserschnittkante blockiert die erforderliche Relativbewegung der Deckbleche.

Mögliche Folgen beim Kanten sind:

- ungewöhnlich hoher Kraftanstieg,
- Wellenbildung,
- Aufwölbung,
- Klaffen,
- Delamination,
- Aufplatzen des Schichtverbunds.

Örtlich verbackene Schnittkanten können beispielsweise durch eine vorsichtige mechanische Bearbeitung oder leichte Schläge mit einem Kunststoffhammer getrennt werden. Der Schichtverbund darf dabei nicht gewaltsam aufgehebelt oder über den erforderlichen Bereich hinaus geöffnet werden.

5.9.4 Prüfung

Nach dem Laserschneiden sind zu prüfen:

- Maßhaltigkeit,
- Grat und Schmelzanhaftungen,
- thermische Verfärbungen,
- Rückzug oder Schädigung der Zwischenschicht,
- örtliche Verbackung,
- freie Beweglichkeit vor dem Kanten,
- Verzug,
- erforderlicher Korrosionsschutz.

5.10 Plasmaschneiden

Plasmaschneiden kann grundsätzlich eingesetzt werden, ist wegen des höheren Wärmeeintrags und der häufig größeren Schnittkante jedoch gegenüber Wasserstrahl- und geeignetem Laserschneiden nachrangig. Das Verfahren muss hinsichtlich Wärmeeintrag, Schnittqualität und möglicher Beeinträchtigung der Zwischenschicht an Musterteilen qualifiziert werden.

Besondere Vorsicht ist erforderlich bei:

- dünnen Deckblechen,
- Aluminium und Edelstahl,
- verzinkten oder beschichteten Oberflächen,
- Sichtkanten,
- kleinen Innenkonturen,
- eng benachbarten Schnitten.

Zu prüfen sind insbesondere:

- Schlacke und Grat,
- thermische Verfärbung,
- Rückzug oder Schädigung der Zwischenschicht,
- Verzug,
- Delamination,
- Korrosionsschutz.

Vor einer nachfolgenden Kantung sind Schlacke, Grat und thermische Verbackungen vollständig zu entfernen. Die Deckbleche müssen an der maßgebenden Außenkante frei beweglich sein.

5.11 Ungeeignete thermische Trennverfahren

Autogenes beziehungsweise Sauerstoff-Brennschneiden ist für OTO-Akustikblech nicht vorgesehen.

Der hohe und großflächige Wärmeeintrag kann verursachen:

- Zerstörung der Zwischenschicht,
- Rauch- und Gasbildung,
- Verbrennung,
- großflächige Delamination,
- starken Verzug,
- unkontrolliertes Öffnen des Schichtverbunds.

5.12 Schnittkanten vor einer nachfolgenden Kantung

Dieser Arbeitsschritt ist für die spätere Umformung von entscheidender Bedeutung.

FREIE UND BLOCKIERTE SCHNITTKANTE



Abb. 6 – Freie und blockierte Schnittkante

Beim Trennen können sich die Deckbleche insbesondere durch folgende Einflüsse örtlich miteinander verbinden oder mechanisch verhaken:

- thermische Verbackung,
- Schmelzanhaftungen,
- Schlacke,
- Gratbildung,
- umgelegte Schnittkanten,
- Verformung oder Zusammenpressen der Schnittkante,
- festgesetzte Schneid- oder Abrasivmittellrückstände.

Ist die Kante nicht frei beweglich, kann der erforderliche Längenausgleich beim Biegen nicht stattfinden. Die dadurch entstehenden Scherkräfte können den Schichtverbund während der Kantung aufwölben, ablösen oder aufplatzen lassen.

KERNREGEL – SCHNITTKANTE VOR DEM KANTEN

Ist eine Kantung vorgesehen, müssen die für den Längenausgleich maßgebenden Schnitt- und Außenkanten entgratet, bei Bedarf kontrolliert getrennt oder aufgebrochen und tatsächlich frei beweglich sein. Eine optisch saubere Kante ist nicht automatisch freigängig.

Vor jeder Kantung ist zu prüfen:

- Ist vorhandener Grat vollständig entfernt?
- Sind Schmelz-, Schlacke- und sonstige Anhaftungen beseitigt?
- Sind umgelegte oder zusammengepresste Kanten nachgearbeitet?
- Sind die Deckbleche voneinander getrennt?
- Können sich die Deckbleche gegeneinander verschieben?
- Ist die freie Kante über den für die Kantung erforderlichen Bereich freigängig?
- Ist die Zwischenschicht im Kantenbereich ausreichend erhalten?

Eine verbackene oder mechanisch verhakte Kante ist vorsichtig zu trennen. Ziel ist nicht, den Schichtverbund sichtbar oder großflächig zu öffnen, sondern ausschließlich die für die Umformung erforderliche Relativbewegung wiederherzustellen.

Die Prüfung und Nacharbeit dürfen nicht durch gewaltsames Aufhebeln erfolgen. Deckbleche, Oberflächen und Zwischenschicht dürfen nicht unnötig beschädigt werden.

ABBRUCHKRITERIUM

Kann die freie Beweglichkeit der maßgebenden Kante nicht eindeutig hergestellt oder beurteilt werden, darf die vorgesehene Kantung nicht begonnen werden.

6. Umformen

6.1 Allgemeine Grundsätze

OTO-Akustikblech kann mit konventionellen Verfahren der Blechumformung bearbeitet werden. Gegenüber homogenem Feinblech gleicher Gesamtstärke muss jedoch berücksichtigt werden, dass die beiden Deckbleche während der Umformung unterschiedliche Weglängen zurücklegen und sich deshalb innerhalb des Schichtverbunds kontrolliert gegeneinander verschieben müssen.

PRAXISHINWEIS – MUSTERSTÜCK

Die vorgesehenen Bearbeitungsschritte und Maschineneinstellungen sollten zunächst an einem repräsentativen Musterstück erprobt werden. Dadurch lassen sich Erfahrungen mit dem Materialverhalten sammeln, Prozessparameter optimieren und vermeidbare Schäden an vollwertigen Bauteilen reduzieren.

Das Umformergebnis wird insbesondere beeinflusst durch:

- tatsächliche Bauteiltemperatur und vollständige Durchwärmung des Schichtverbunds,
- Werkstoff und Dicke beider Deckbleche,
- symmetrischen oder unsymmetrischen Schichtaufbau,
- Werkzeuggeometrie und Werkzeugzustand,
- Lage und Zustand der freien Kanten,
- Kantfolge,
- Abstand der Biegelinie zur freien Kante,
- Umformgeschwindigkeit,
- Innenbiegeradius und Biegewinkel,
- Oberflächenbeschichtung und Walzrichtung,
- vorhandene Bohrungen, Ausschnitte oder bereits gefügte Bereiche.

Bearbeitungswerte für homogenes Feinblech gleicher Gesamtstärke dürfen nicht ungeprüft übernommen werden. Dies gilt insbesondere für Presskraft, Werkzeugöffnung, Biegeradius, Überbiegung, Umformgeschwindigkeit und Niederhalterkraft.

Vor jeder Umformung müssen mindestens vier Voraussetzungen erfüllt sein:

1. Das vollständige Bauteil ist ausreichend konditioniert und durchgewärmt.
2. Die für den Längenausgleich erforderlichen Schnitt- und Außenkanten sind frei beweglich.
3. Die Kant- beziehungsweise Umformfolge ermöglicht die Relativbewegung zu mindestens einer freien Kante.
4. Werkzeug, Radius und Umformgeschwindigkeit sind für den tatsächlichen Schichtaufbau geeignet.

Fehlt eine dieser Voraussetzungen, steigt das Risiko von Wellen, Klaffen, Aufwölbung, Delamination oder Aufplatzen erheblich.

KERNREGEL – VOR DEM UMFORMEN

Ausreichende Temperatur, freigängige Schnittkanten und eine von der Bauteilmitte schrittweise nach außen zu den freien Kanten geplante Kantfolge sind gemeinsam erforderlich. Keine dieser Voraussetzungen kann durch eine der anderen ersetzt werden.

6.2 Zwingende Kantfolge

Die Deckbleche müssen sich während jeder Kantung in Richtung mindestens einer freien Kante verschieben können. Der dafür erforderliche Weg darf nicht durch bereits ausgeführte Kantungen, geschlossene Falze, Fügpunkte oder verbackene Schnittkanten blockiert werden.



WARNHINWEIS – KEINE KANTUNG ZWISCHEN ZWEI KANTUNGEN

Eine nachträgliche Kantung darf niemals zwischen zwei bereits ausgeführten Kantungen erfolgen.

Werden zunächst zwei äußere Kantungen hergestellt und anschließend eine Kantung dazwischen ausgeführt, ist die Relativbewegung in beide Richtungen blockiert. Die beim Biegen entstehenden Längenunterschiede können dann nicht mehr zu einer freien Kante ausgeglichen werden.

Mögliche Folgen sind:

- Aufplatzen des Schichtverbunds,
- Ablösung oder Aufwölbung der Deckbleche,
- örtliches Klaffen,
- Rissbildung,
- stark erhöhter Kraftbedarf,
- Beschädigung bereits ausgeführter Kantungen,
- bleibender Bauteilverzug.

Bei mehreren Kantungen gilt deshalb:



KERNREGEL – KANTFOLGE

In der Bauteilmitte beginnen und anschließend schrittweise nach außen zu den freien Kanten arbeiten.

Komplexe Kantfolgen sollten bereits in Zeichnung, Arbeitsplan oder Maschinenprogramm eindeutig nummeriert werden. Ist die erforderliche Reihenfolge konstruktiv oder maschinell nicht ausführbar, müssen Bauteilgeometrie, Zuschnitt, Werkzeugkonzept oder Fertigungsfolge geändert werden. Die Kantung darf nicht durch erhöhte Presskraft erzwungen werden.

Die Regel ist auch dann einzuhalten, wenn eine andere Reihenfolge bei homogenem Feinblech fertigungstechnisch bequemer wäre.

6.3 Biegen und Abkanten

6.3.1 Geeignete Maschinen und Verfahren

OTO-Akustikblech kann abhängig von Aufbau und Geometrie bearbeitet werden mit:

- Abkantpressen,
- Biegemaschinen,
- Presswerkzeugen,
- Sonderwerkzeugen,
- geeigneten Rund- oder Walzbiegemaschinen.

Press- oder Sonderwerkzeuge können bei anspruchsvollen Geometrien bessere und reproduzierbarere Ergebnisse liefern als einfaches Freibiegen.

6.3.2 Werkzeuggeometrie und Presskraft

Zu berücksichtigen sind:

- Stempelradius,
- Matrizenöffnung,
- Matrizenradius,
- Presskraft und Pressweg,
- Biegelänge,
- Werkstückauflage und Niederhaltung,
- Oberflächenschutz,
- Ausrichtung des Schichtverbunds.

Bei stärkeren Aufbauten kann eine an den Verbund angepasste Werkzeuggeometrie mit ausreichend großen und verrundeten Kontaktflächen die Formqualität verbessern. Scharfkantige oder beschädigte Werkzeuge können Deckbleche und Oberflächen markieren oder die Umformung örtlich behindern.

Die erforderliche Presskraft darf nicht allein aus der Gesamtstärke des OTO-Akustikblechs abgeleitet werden. Ausgangswerte sind am tatsächlichen Schichtaufbau zu überprüfen und schrittweise anzupassen.

6.3.3 Umformgeschwindigkeit

Die Senk- beziehungsweise Umformgeschwindigkeit sollte gegenüber der Bearbeitung vergleichbarer homogener Feinbleche reduziert werden.

Eine geringere Geschwindigkeit gibt der viskoelastischen Zwischenschicht mehr Zeit, die erforderliche Relativbewegung der Deckbleche zu ermöglichen. Eine zu hohe Geschwindigkeit kann insbesondere bei niedriger Materialtemperatur, langen Biegelinien oder starken Kantungen zu ungleichmäßiger Verformung führen.

Die Umformung sollte gleichmäßig erfolgen. Ruckartige Bewegungen, unnötig schnelle Richtungswechsel und eine abrupte Überlastung des Schichtverbunds sind zu vermeiden.

6.3.4 Biegen zur freien Kante

Biegungen sind möglichst in Richtung der nächstgelegenen freien Kante auszuführen. Die maßgebende Kante muss nicht nur geometrisch offen, sondern über den für den Längenausgleich erforderlichen Bereich tatsächlich frei beweglich sein. Das Prinzip des Biegens in Richtung einer freien Kante ist in Abb. 7a schematisch dargestellt.

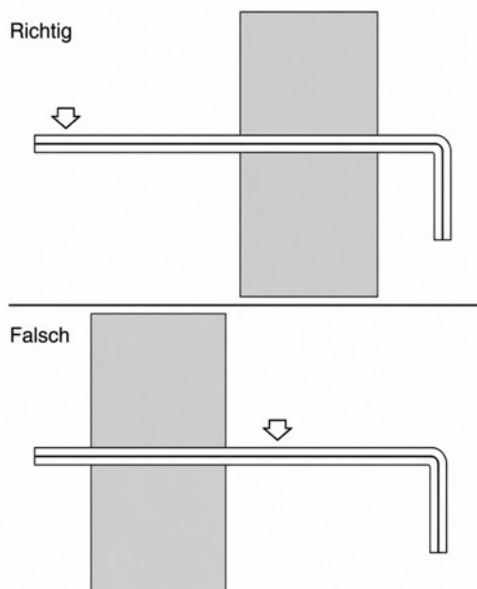


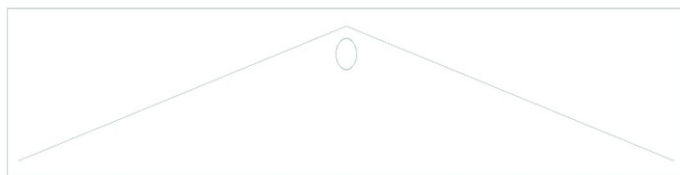
Abb. 7a – Biegen in Richtung einer freien Kante

Wird gegen eine bereits geschlossene, gebogene, gefügte oder verbackene Kante gearbeitet, können entstehen:

- Klaffen,
- Wellen oder Aufwölbungen,
- möwenflügelartige Verformungen,
- Aufplatzen,
- Delamination,
- Rissbildung,
- bleibender Verzug.

Bei großem Abstand zwischen Biegelinie und freier Kante muss sich der erforderliche Längenausgleich über eine entsprechend große Fläche einstellen. Dadurch kann sich der Randbereich aufwölben oder aus der Ebene verformen. Eine geeignete Werkstückunterstützung während der Umformung und gegebenenfalls ein anschließendes kontrolliertes Richten können diese Erscheinung vermindern.

GRAFIKPLATZHALTER - ABB. 7



Grundgrößen und erforderlicher Längenausgleich beim Abkanten

Finale Grafik folgt in einer späteren Aktualisierung.

Abb. 7 – Grundgrößen und erforderlicher Längenausgleich beim Abkanten

6.3.5 Unterstützung langer oder großflächiger Bauteile

Lange, breite oder flache Bauteile sind während und nach der Umformung ausreichend zu unterstützen. Unkontrolliertes Durchhängen kann die Relativbewegung beeinflussen, bereits erzeugte Winkel verändern oder zusätzliche Spannungen in den Schichtverbund einbringen.

Bei automatisierter Handhabung können mehr Auflage-, Saug- oder Greifpunkte erforderlich sein als bei homogenem Feinblech gleicher Gesamtstärke.

6.4 Biegeradius

Als bewährter Ausgangswert gilt ein Innenbiegeradius am Innendeckblech von etwa dem 1,5- bis 2-Fachen der Gesamtstärke des OTO-Akustikblechs.

Abhängig von Deckblechwerkstoff, Schichtaufbau, Oberfläche, Biegewinkel und Bauteilgeometrie kann ein größerer Radius erforderlich sein.

Ein größerer Radius kann erforderlich sein bei:

- spröderen oder hochfesten Deckblechwerkstoffen,
- beschichteten oder empfindlichen Oberflächen,
- großen Deckblechdicken,
- unsymmetrischen Aufbauten,
- großen Biegewinkeln,
- ungünstiger Walzrichtung,
- niedriger Materialtemperatur,
- langen Biegelinien,
- wiederholten oder unmittelbar aufeinanderfolgenden Umformungen,
- erhöhten Anforderungen an Oberfläche und Maßhaltigkeit.

Ein zu kleiner Radius kann die Relativbewegung stark konzentrieren und dadurch Deckblechversatz, Oberflächenschäden, Rissbildung oder örtliches Aufplatzen begünstigen.

Der Richtwert ist kein universeller Mindestwert für jeden Aufbau. Der endgültige Biegeradius ist anhand von Musterteilen festzulegen und gemeinsam mit Werkzeugöffnung, Biegewinkel, Temperatur und Umformgeschwindigkeit zu bewerten.

6.5 Rückfederung und Maßhaltigkeit

OTO-Akustikblech kann eine größere oder von homogenem Feinblech abweichende Rückfederung zeigen.

Zu prüfen und gegebenenfalls anzupassen sind:

- Sollwinkel und Überbiegung,
- Pressweg,
- Werkzeugöffnung,
- Biegeradius,
- Materialtemperatur,
- Schichtaufbau,
- Lage der freien Kante,
- spätere Wärmebehandlung.

Überbiegung und Winkelkorrektur sind am Musterteil zu ermitteln. Eine pauschale Übernahme von Korrekturwerten für homogenes Feinblech ist nicht ausreichend.

Thermische Folgeprozesse, beispielsweise Lackier-, Trocknungs- oder Einbrennprozesse, können die Rückfederung nachträglich verändern oder erhöhen, insbesondere wenn die Deckbleche nicht durch Bauteilgeometrie oder Fügepunkte gegeneinander fixiert sind.

Maß- und Winkelprüfungen sollten daher sowohl unmittelbar nach dem Umformen als auch nach vorgesehenen thermischen Folgeprozessen erfolgen.

6.6 Temperatur beim Kanten

Die Materialtemperatur ist ein entscheidender Prozessparameter.

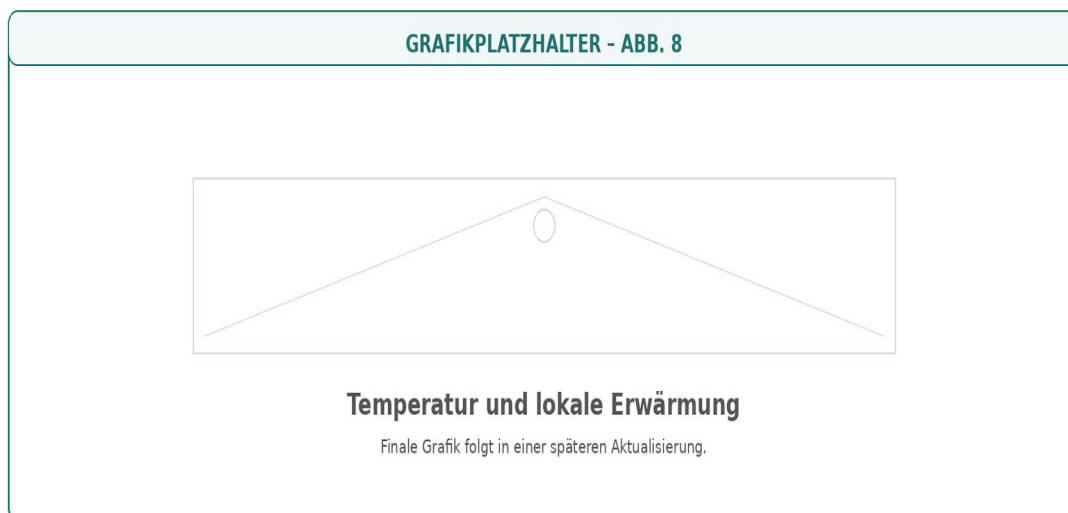


Abb. 8 – Temperatur und lokale Erwärmung

Ist das OTO-Akustikblech zu kalt, kann die Zwischenschicht nicht ausreichend nachgeben. Die Deckbleche gleiten nicht in dem erforderlichen Maß gegeneinander.

Mögliche Folgen sind:

- erhöhter Kraftbedarf,
- ungleichmäßiger Biegeverlauf,
- erhöhte oder ungleichmäßige Rückfederung,
- Wellenbildung,
- Aufwölbung,
- Klaffen,
- Delamination,
- Aufplatzen des Schichtverbunds.

KERNREGEL – KANTTEMPERATUR

- Das vollständige OTO-Akustikblech muss beim Kanten mindestens 21 °C warm und vollständig durchtemperiert sein. Bei starken oder anspruchsvollen Kantungen kann eine zusätzliche kontrollierte lokale Erwärmung erforderlich sein.

Entscheidend ist die tatsächliche Bauteiltemperatur und nicht allein die Raumtemperatur. Bei großen Tafeln, dicken Stapeln oder zuvor kalt gelagerten Bauteilen ist die Temperatur an repräsentativen Stellen und nach Möglichkeit auf beiden Bauteilseiten zu kontrollieren.

Tritt während der Kantung ein ungewöhnlich hoher Kraftanstieg, eine Wellenbildung, ein Klaffen oder beginnendes Aufplatzen auf, ist der Vorgang sofort abzubrechen. Anschließend sind insbesondere zu prüfen:

- tatsächliche Bauteiltemperatur und vollständige Durchwärmung des Schichtverbunds,
- freie Beweglichkeit der Schnitt- und Außenkanten,
- Kantfolge,
- Innenbiegeradius,
- Werkzeuggeometrie,
- Umformgeschwindigkeit,
- Notwendigkeit einer zusätzlichen lokalen Erwärmung.

6.7 Lokale Erwärmung

6.7.1 Zweck und Einsatzbereich

Bei anspruchsvollen Biegungen kann eine kontrollierte lokale Erwärmung die Relativbewegung der Deckbleche erleichtern und das Umformergebnis verbessern.

Durch die Erwärmung wird die viskoelastische Zwischenschicht vorübergehend nachgiebiger. Besonders sinnvoll kann dies sein bei:

- hohen Gesamtstärken,
- kleinen Biegeradien,
- großen Biegewinkeln,
- langen Kantlinien,
- unsymmetrischen Aufbauten,
- lokal stark umgeformten Bereichen.

6.7.2 Geeignete Wärmequellen

Bevorzugt werden:

- Heißluftgerät oder Heißluftföhn,
- Infrarotstrahler,
- vergleichbare gut dosierbare Wärmequellen.

Eine lokale Erwärmung sollte bevorzugt mit einem Heißluftgerät, Infrarotstrahler oder einer vergleichbaren gut dosierbaren Wärmequelle erfolgen. Falls diese Verfahren nicht ausreichen oder nicht zur Verfügung stehen, kann kurzzeitig auch eine offene Flamme verwendet werden, beispielsweise mit einem Gas-, Anwärm- oder Abflambrenner. Die Anwendung muss kontrolliert und durch eine erfahrene Fachkraft erfolgen.

6.7.3 Vorgehensweise

- Material vorher vollständig konditionieren,
- Biegelinie und angrenzende Umformzone ausreichend gleichmäßig erwärmen,
- nur den tatsächlich erforderlichen Bereich erwärmen,
- Wärmequelle ständig bewegen,
- einseitig starke Temperaturunterschiede und lokalen Hitzestau vermeiden,
- Umformung zeitnah nach dem Erwärmen durchführen,
- ausreichend lüften,
- Temperatur, Einwirkzeit und Erwärmungsbreite am Musterteil festlegen,
- bei wiederkehrender Fertigung das freigegebene Erwärmungsverfahren dokumentieren.

Die Flamme ist ständig in Bewegung zu halten. Sie darf nicht längere Zeit auf dieselbe Stelle oder unmittelbar in eine offene Schnittkante gerichtet werden. Eine örtliche Überhitzung, Rauch- oder Blasenbildung sowie eine sichtbare Schädigung oder ein Austritt der viskoelastischen Zwischenschicht sind zu vermeiden.

6.7.4 Zu vermeidende Zustände

- punktuelle Überhitzung,
- Verbrennen oder starke Verfärbung der Oberfläche,
- Rauch- oder Blasenbildung,
- sichtbarer Austritt der Zwischenschicht,
- Schädigung von Verzinkung, Lack oder Schutzfolie,
- unnötig großflächige Erwärmung,
- Erwärmung als Ersatz für eine falsche Kantfolge oder blockierte Schnittkante.

i

PRAXISHINWEIS – ERWÄRMUNG

Lokale Erwärmung verbessert die Gleitfähigkeit der Zwischenschicht. Sie kann jedoch weder eine falsche Kantfolge noch eine verbackene Schnittkante oder einen ungeeigneten Biegeradius ausgleichen.

6.8 Bohrungen und Ausschnitte bei Kanteilen

Bohrungen, Langlöcher, Passungen und Ausschnitte sollten nach Möglichkeit erst nach den wesentlichen Kanten hergestellt beziehungsweise auf Endmaß bearbeitet werden. Die mögliche Lageänderung vorgefertigter Öffnungen zeigt Abb. 4.

Vorher eingebrachte Öffnungen können nach dem Kanten:

- gegeneinander versetzt sein,
- nicht mehr fluchten,
- Schrauben, Bolzen oder Verbindungselemente nicht mehr aufnehmen,
- oval, angeschnitten oder an einer Kante beschädigt werden,

- ihren vorgesehenen Abstand zu einer Kante oder Biegelinie verlieren.

Muss vor dem Kanten bearbeitet werden, kommen abhängig von der Geometrie folgende Maßnahmen infrage:

- Öffnung vergrößern,
- Langloch in Richtung der erwarteten Verschiebung vorsehen,
- Bearbeitungszugabe einplanen,
- zunächst vorbohren oder vorstanzen,
- nach dem Kanten auf Endmaß fertig bearbeiten.

Die notwendige Zugabe hängt unter anderem von Gesamtstärke, Biegeradius, Biegewinkel, Abstand zur Biegelinie, Abstand zur freien Kante und Verhältnis der Deckblechdicken ab. Sie ist anhand eines Musterteils festzulegen.

Öffnungen unmittelbar in der Biegezone sind nur nach konstruktiver und fertigungstechnischer Prüfung vorzusehen.

KERNREGEL – FUNKTIONSÖFFNUNGEN

Pass-, Befestigungs- und Funktionsbohrungen vorzugsweise erst nach dem Kanten auf Endmaß herstellen.

6.9 Rundbiegen und Walzen

OTO-Akustikblech kann abhängig von Schichtaufbau, Werkstoff, Bauteilbreite und gewünschtem Radius grundsätzlich rundgebogen beziehungsweise gewalzt werden.

Zu beachten sind:

- ausreichend großer Walzen- beziehungsweise Biegeradius,
- saubere, glatte und parallel eingestellte Walzen,
- gleichmäßiger Einzug ohne ruckartige Belastung,
- mehrere schrittweise Zustellungen statt einer übermäßig starken Einzelumformung,
- sichere Unterstützung breiter oder langer Bauteile,
- freie Beweglichkeit der Deckbleche an den Außenkanten,
- Kontrolle von Rückfederung, Wellenbildung und Deckblechversatz.

Die Eignung und die erforderliche Anzahl der Walzdurchgänge sind durch Vorversuche festzulegen. Sehr kleine Radien, lokal starkes Nachsetzen oder ein Einklemmen der freien Kanten können den Längenausgleich behindern und sind zu vermeiden.

6.10 Bördeln, Flanschen und Falzen

OTO-Akustikblech kann grundsätzlich gebördelt, geflanscht und gefalzt werden.

Zu berücksichtigen sind:

- Relativbewegung der Deckbleche,
- Lage und Zustand freier Kanten,
- Radius und Werkzeuggeometrie,
- Umformgrad,
- Bearbeitungs- und Schließfolge,
- Lochlagen,
- Oberflächenbeschichtung,
- spätere Füge- oder Dichtfunktion.

Geschlossene Falze oder vollständig umgelegte Kanten können die Relativbewegung blockieren. Sie sollten deshalb erst hergestellt beziehungsweise vollständig geschlossen werden, wenn alle vorher erforderlichen Kantungen und Längenausgleichsbewegungen abgeschlossen sind.

Bei kleinen Radien, hohen Umformgraden, Mehrfachfalzen oder komplizierten Schließfolgen sind Vorversuche erforderlich.

Nach dem Umformen sind zu prüfen:

- Maßhaltigkeit und Schließmaß,
- Rückfederung,
- Deckblechversatz,
- Rissbildung,
- örtliches Klaffen,
- Oberflächenbeschädigung,
- Delamination,
- Eignung für nachfolgende Füge- und Dichtprozesse.

6.11 Tiefziehen und Streckziehen



Abb. 9 – Erhöhte Faltenneigung und mögliche Gegenmaßnahmen beim Tiefziehen

6.11.1 Eignung und Werkstoffauswahl

OTO-Akustikblech kann grundsätzlich mit konventionellen Pressen und Werkzeugen tief- und streckgezogen werden. Für anspruchsvolle Bauteile sollten geeignete Tiefziehwerkstoffe als Deckbleche eingesetzt werden.

Die Eignung des vollständigen Schichtaufbaus ist am Bauteil oder an einem repräsentativen Versuchswerkzeug nachzuweisen.

6.11.2 Faltenneigung und Niederhalter

Da OTO-Akustikblech aus zwei einzelnen Deckblechen besteht, kann eine höhere Faltenneigung auftreten als bei homogenem Feinblech vergleichbarer Gesamtstärke.

Mögliche Gegenmaßnahmen sind:

- schrittweise erhöhte Niederhalterkraft,
- ausreichend steifer Niederhalter,
- ausreichend steife Matrice,
- zusätzliche oder stärker wirksame Ziehsicken,
- angepasster Zuschnitt,
- optimierte und werkstoffverträgliche Schmierung,
- angepasste Pressgeschwindigkeit.

Eine übermäßig hohe Niederhalterkraft kann den Materialfluss behindern und Risse oder Einschnürungen fördern. Sie ist daher zusammen mit Ziehsicken, Zuschnitt und Schmierung zu optimieren.

6.11.3 Werkzeug und Bauteilgeometrie

Bei speziell für OTO-Akustikblech ausgelegten Tiefziehwerkzeugen können auf den Verbund abgestimmte Matrizeneinlaufradien vorteilhaft sein. Diese Aussage betrifft die Werkzeugauslegung beim Tiefziehen und ist nicht mit dem Richtwert für den Innenbiegeradius beim Abkanten gleichzusetzen.

Werkzeuge, Matrice und Niederhalter müssen ausreichend steif sein, damit sie nicht einseitig ausweichen.

Konische und geneigte Wände sind schwieriger zu formen als gerade Wände. Bauteilwände sollten nach Möglichkeit parallel zur Ziehrichtung verlaufen.

Kritisch sind insbesondere:

- starke Wandneigungen,
- kleine Eckradien,
- große Ziehtiefen,
- ungleichmäßige Materialflüsse,
- stark unsymmetrische Bauteile.

6.11.4 Reibung, Schmierung, Zuschnitt und Ziehsicken

Das Reib- und Fließverhalten kann von homogenem Feinblech abweichen. Dadurch können erforderlich werden:

- größere oder zusätzliche Ziehsicken,
- angepasste Zuschnittkonturen,
- geringfügig größere Zuschnitte,
- geänderte Niederhalterkräfte,
- angepasste Schmierstoffe und Schmiermengen.

Schmierstoffe müssen mit Deckblechoberfläche, Beschichtung und nachfolgenden Reinigungs- oder Beschichtungsprozessen verträglich sein. Rückstände sind nach dem Umformen vollständig zu entfernen, soweit dies für Folgeprozesse erforderlich ist.

6.11.5 Transferpressen und Automation

In Transferpressen und automatisierten Presslinien kann eine bessere Werkstückunterstützung erforderlich sein.

Mögliche Maßnahmen sind:

- zusätzliche Greifpunkte,
- größere Greifflächen,
- mehr Sauger,
- engere Auflagepunkte,
- angepasste Transferbewegung,
- geringere Beschleunigung.

Große, flache und nur gering versteifte Pressteile können während der Handhabung eine geringere lokale Biegesteifigkeit aufweisen als ein homogenes Blech gleicher Gesamtstärke. Sie sind entsprechend zu unterstützen.

6.11.6 Prüfung

Nach dem Pressen sind zu prüfen:

- Falten,
- Risse und Einschnürungen,
- Delamination,
- Maßhaltigkeit,
- Wand- und Eckbereiche,
- Deckblechversatz,
- Rückfederung,
- Oberflächenqualität,
- Lage und Fluchtung von Bohrungen und Ausschnitten,
- Eignung für nachfolgende Füge- und Beschichtungsprozesse.

7. Fügetechnik

7.1 Verfahrensübersicht

OTO-Akustikblech kann mit thermischen und mechanischen Verfahren gefügt werden. Die Auswahl richtet sich nach Werkstoff, Deckblechdicken, Schichtaufbau, Bauteilgeometrie, Belastung, Dichtheitsanforderung, Korrosionsschutz und zulässigem Wärmeeintrag.

PRAXISHINWEIS – MUSTERSTÜCK		
Die vorgesehenen Bearbeitungsschritte und Maschineneinstellungen sollten zunächst an einem repräsentativen Musterstück erprobt werden. Dadurch lassen sich Erfahrungen mit dem Materialverhalten sammeln, Prozessparameter optimieren und vermeidbare Schäden an vollwertigen Bauteilen reduzieren.		
Fügeverfahren	Grundsätzliche Eignung	Wesentliche Besonderheit
Widerstandspunktschweißen	besonders gut geeignet	vor dem ersten Schweißpunkt sicheren Strompfad zwischen den Deckblechen herstellen
Rollennahtschweißen	gut geeignet	Nahtbeginn, Vorschubgeschwindigkeit, Kühlung und Wärmeeintrag qualifizieren
MIG-, MAG- und WIG-Schweißen	geeignet	kurze beziehungsweise unterbrochene Nähte und geringe örtliche Wärmeeinbringung bevorzugen
Manuelles Lichtbogenschweißen	eingeschränkt geeignet	nur für ausreichend dicke Stahl-Deckbleche und nach Vorversuch
Autogenschweißen sowie Fügeverfahren mit hoher Wärmeeinbringung	grundsätzlich nicht empfohlen	zu hoher und großflächiger Wärmeeintrag
Weichlöten	für ausgewählte Sonderanwendungen geeignet	Temperatur, Flussmittel und Oberflächenverträglichkeit prüfen
Schrauben	geeignet	Relaxation der Zwischenschicht und Lastverteilung berücksichtigen
Nieten und Clinchen	geeignet	Verbindung muss beide Deckbleche zuverlässig erfassen; Werkzeug und Setzprozess qualifizieren
Fügen mit Klebstoffsystemen an weitere Bauteile	grundsätzlich geeignet	Last wird zunächst in das unmittelbar gefügte Deckblech eingeleitet

Die Tabelle ersetzt keine anwendungsbezogene Prüfung. Insbesondere bei sicherheitsrelevanten, dynamisch belasteten oder dichten Verbindungen ist das Fügeverfahren mit dem tatsächlich vorgesehenen OTO-Akustikblech-Aufbau zu qualifizieren.

7.2 Allgemeine Grundsätze

Vor der Auswahl und Auslegung einer Verbindung sind mindestens zu klären:

WÄRMEEINTRAGSARME SCHWEISSFOLGE

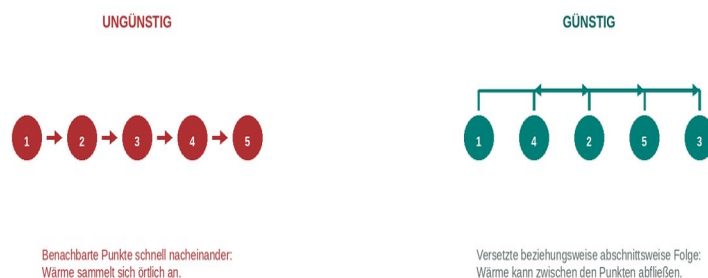


Abb. 11 – Beispiel einer wärmeeintragsarmen Schweißfolge

- statische oder dynamische Belastung,
- Zug-, Scher-, Schäl- oder Biegebeanspruchung,
- geforderte Festigkeit und Lebensdauer,
- Dichtheitsanforderung,
- Deckblechwerkstoffe und Deckblechdicken,
- symmetrischer oder unsymmetrischer Aufbau,
- Oberflächenbeschichtungen,

- Korrosionsbeanspruchung,
- Zugänglichkeit von einer oder beiden Bauteilseiten,
- zulässiger Wärmeeintrag,
- nachfolgende Beschichtungs- oder Wärmeprozesse.

Bei thermischen Fügeverfahren ist der Wärmeeintrag möglichst gering, örtlich begrenzt und zeitlich kontrolliert zu halten.

Übermäßige Erwärmung kann verursachen:

- Rauch- und Gasbildung,
- Störung der Schutzgasabdeckung,
- Porenbildung in der Schweißnaht,
- Austritt oder thermische Schädigung der Zwischenschicht,
- Verzug und Maßabweichungen,
- Oberflächenfehler,
- örtliche Delamination,
- Beeinträchtigung der Dämpfungsfunktion.

Schweißpunkte und Schweißabschnitte sind so anzuordnen, dass keine übermäßige örtliche Wärmeansammlung entsteht. Zu berücksichtigen sind insbesondere:

- Punkt- und Nahtabstand,
- Länge einzelner Schweißabschnitte,
- Schweißfolge,
- Abkühlzeit,
- Werkstoff und Dicke der jeweils erfassten Deckbleche,
- Bauteilgeometrie,
- Einspannung und Wärmeableitung,
- Beschichtung und Oberflächenzustand.

KERNREGEL – WÄRMEEINTRAG

Nicht mehrere unmittelbar benachbarte Schweißstellen schnell nacheinander ausführen. Schweißfolge, Abstände und Abkühlphasen so wählen, dass zwischen den Schweißungen ausreichend Wärme abgeführt wird.

Die Fügezonen müssen sauber und für das jeweilige Verfahren geeignet vorbereitet sein. Öl, Fett, Schmutz, lose Beschichtungsbestandteile und andere Verunreinigungen sind mit einem für Deckblech und Beschichtung verträglichen Verfahren zu entfernen. Pauschale Lösemittelvorgaben sind zu vermeiden.

Beschichtete und verzinkte Deckbleche können das Schweißverhalten, die Elektrodenstandzeit, die Rauchentwicklung und den Korrosionsschutz beeinflussen. Nach der Bearbeitung ist zu prüfen, ob der Korrosionsschutz im Bereich der Verbindung wiederhergestellt werden muss.

Für alle thermischen Fügeverfahren sind Vorversuche mit dem tatsächlichen Schichtaufbau erforderlich. Bei Serienfertigung sind freigegebene Parameter, Schweißfolge und Prüfkriterien zu dokumentieren.

7.3 Widerstandspunktschweißen

7.3.1 Eignung

Widerstandspunktschweißen ist für viele OTO-Akustikblech-Aufbauten besonders gut geeignet. Der Wärmeeintrag bleibt bei geeigneter Parametrierung örtlich begrenzt.

Die Verbindung muss so ausgelegt sein, dass die vorgesehenen metallischen Deckbleche zuverlässig erfasst werden. Werkstoffkombination, Beschichtung, Zugänglichkeit und Elektrodengeometrie sind zu berücksichtigen.

7.3.2 Elektrischer Erstkontakt

Die viskoelastische Zwischenschicht wirkt zunächst elektrisch isolierend. Vor dem ersten Widerstandsschweißpunkt muss deshalb ein sicherer Strompfad zwischen beiden Deckblechen hergestellt werden.

Mögliche Verfahren sind:

- ein leichter, kontrollierter Körnerschlag an der vorgesehenen ersten Schweißstelle, durch den örtlich ein metallischer Kontakt zwischen beiden Deckblechen entsteht,
- eine elektrisch leitende Klemme oder Spannvorrichtung, die beide Deckbleche sicher kontaktiert,
- eine konstruktiv vorgesehene metallische Kontaktstelle.

Die Kontaktierung muss einen zuverlässigen Strompfad herstellen, ohne den Schichtverbund unnötig zu beschädigen. Nach dem ersten erfolgreichen Schweißpunkt kann dieser als Strombrücke für die weitere Schweißfolge dienen.

ELEKTRISCHER ERSTKONTAKT BEIM PUNKTSCHWEISSEN

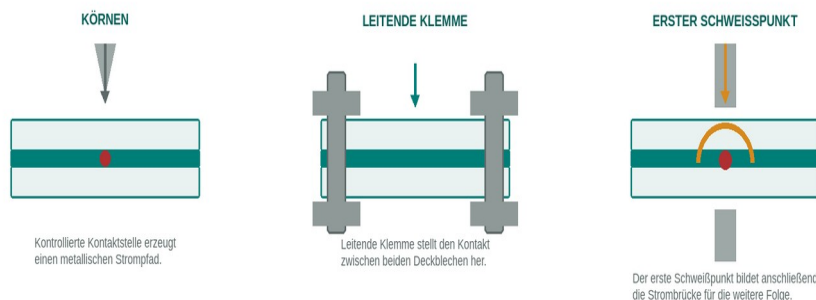


Abb. 10 – Möglichkeiten zur Herstellung des elektrischen Erstkontakts beim Widerstandspunktschweißen

KERNREGEL – ERSTER SCHWEISSPUNKT

Vor dem ersten Widerstandsschweißpunkt einen sicheren Strompfad zwischen den Deckblechen herstellen, beispielsweise durch kontrolliertes Körnen, Klemmen oder ein geeignetes Spannmittel.

7.3.3 Parameterentwicklung

Als Ausgangspunkt können Parameter für vergleichbare homogene Feinbleche verwendet werden. Maßgebend sind jedoch die Werkstoffe und Dicken der tatsächlich zu verschweißenden Deckbleche, nicht allein die Gesamtstärke des OTO-Akustikblechs. Bei unzureichendem Ergebnis sind die Parameter schrittweise zu optimieren. Zu prüfen sind insbesondere:

- Elektrodenkraft,
- Schweißstrom,
- Schweißzeit,
- Elektrodengeometrie und Elektrodenzustand,
- Elektrodenkühlung,
- Bauteilspannung,
- Punktabstand,
- Schweißfolge,
- Abkühlzeit.

Als zweckmäßige Vorgehensweise kann zunächst die Elektrodenkraft angepasst werden. Erst anschließend sollten bei Bedarf Schweißzeit und Strom verändert werden. Die Änderung jeweils nur eines wesentlichen Parameters erleichtert die Beurteilung des Ergebnisses.

Feste universelle Werte können wegen der unterschiedlichen Werkstoffe, Dicken, Beschichtungen, Maschinen und Schichtaufbauten nicht angegeben werden.

7.3.4 Punktabstände und Schweißfolge

Punktabstände dürfen nicht pauschal festgelegt werden. Sie müssen so gewählt werden, dass:

- die erforderliche Festigkeit und gegebenenfalls Dichtwirkung erreicht wird,
- keine übermäßige örtliche Erwärmung auftritt,
- benachbarte Schweißpunkte nicht ungünstig beeinflusst werden,
- Verzug begrenzt bleibt,
- die Zwischenschicht nicht unnötig großflächig geschädigt wird,
- die Deckbleche zwischen den Verbindungspunkten nicht aufklaffen.

Bei längeren Punktreihen empfiehlt sich eine wechselnde, versetzte oder abschnittsweise Schweißfolge. Die Punkte sollten nicht ohne ausreichende Abkühlung fortlaufend unmittelbar nebeneinander gesetzt werden.

7.3.5 Einseitig zugängliche Anbauteile

Bolzen, Laschen oder ähnliche Anbauteile können bei geeigneter Anlagentechnik gegebenenfalls mit einseitig angeordneten Doppelelektroden befestigt werden. Dieses Sonderverfahren ist hinsichtlich Strompfad, Bauteilzugänglichkeit, Elektrodengeometrie und Festigkeit gesondert zu qualifizieren.

7.3.6 Prüfung und Freigabe

Zu prüfen sind:

- Punktdurchmesser und Lage,
- Festigkeit und Versagensart,
- Elektroden Eindruck,
- Spritzer und Oberflächenzustand,
- Verzug,
- Wärmeeinfluss,
- Zustand der Zwischenschicht,
- Korrosionsschutz.

Für die Prozesseinrichtung und Serienfreigabe sind geeignete Prüfungen an Musterteilen vorzusehen. Je nach Anforderung können zerstörende Prüfungen, Schliffbilder oder anwendungsbezogene Belastungsprüfungen erforderlich sein.

7.4 Rollennahtschweißen

7.4.1 Eignung

Rollennahtschweißen ist für geeignete Schichtaufbauten grundsätzlich gut geeignet. Das Verfahren verbindet eine Folge überlappender Widerstandsschweißpunkte zu einer fortlaufenden oder abschnittsweisen Naht.

7.4.2 Nahtbeginn und Strompfad

Der elektrische Kontakt am Nahtanfang muss sichergestellt sein. Ein bereits gesetzter Widerstandsschweißpunkt in der Nähe des Nahtbeginns kann den Prozessstart erleichtern und als Strombrücke dienen.

7.4.3 Prozessparameter

Abzustimmen sind:

- Schweißstrom,
- Elektrodenkraft,
- Vorschubgeschwindigkeit,
- Impuls- beziehungsweise Taktfolge,
- Kühlung,
- Nahtüberdeckung,
- Bauteilspannung,
- Wärmeableitung.

Gegenüber homogenem Feinblech kann eine geringere Schweißgeschwindigkeit erforderlich sein. Eine zu geringe Geschwindigkeit oder zu hohe Nahtüberdeckung kann jedoch zu übermäßiger Wärmeeinwirkung und Schädigung der Zwischenschicht führen. Eine zu hohe Geschwindigkeit kann eine unvollständige Verbindung verursachen.

7.4.4 Prüfung

Zu prüfen sind:

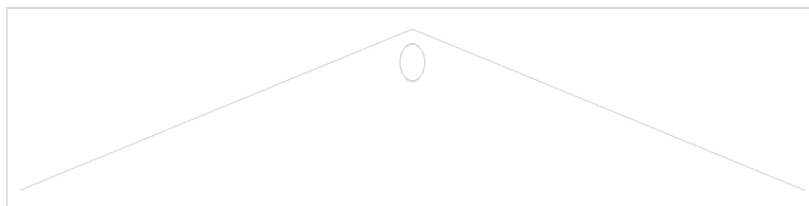
- gleichmäßiger Nahtverlauf,
- Festigkeit und gegebenenfalls Dichtheit,
- Nahtunterbrechungen,
- Elektroden Eindruck,
- Verzug und Wärmeeinfluss,
- Zustand der Zwischenschicht,
- Oberflächen- und Korrosionsschutz.

Dichtheitsanforderungen sind gesondert am fertigen Bauteil zu prüfen; die grundsätzliche Eignung des Verfahrens allein stellt keine Dichtheitszusage dar.

7.5 Nahtformen und Nahtvorbereitung

Die Nahtform ist so auszuwählen, dass die zu fügenden metallischen Deckbleche sicher erfasst werden und der Wärmeeintrag begrenzt bleibt. Eine schematische Übersicht der nachfolgend beschriebenen Nahtformen zeigt Abb. 11a.

GRAFIKPLATZHALTER - ABB. 11a



Schematische Nahtformen und Nahtvorbereitung

Finale Grafik folgt in einer späteren Aktualisierung.

Abb. 11a – Schematische Nahtformen und Nahtvorbereitung

7.5.1 Stumpfnah

OTO-Akustikblech kann mit homogenem Feinblech oder mit einem weiteren OTO-Akustikblech stumpf gefügt werden. Das Verfahren ist vor allem für ausreichend dicke Deckbleche geeignet.

Zu beachten sind:

- Kanten und Spaltmaß genau ausrichten,
- Bauteile vor dem Durchschweißen heften,
- kurze beziehungsweise schrittweise Schweißabschnitte ausführen,
- zwischen den Abschnitten ausreichend abkühlen lassen,
- Verzug laufend kontrollieren.

7.5.2 Überlappnah

Bei einer Verbindung von OTO-Akustikblech mit homogenem Feinblech kann das OTO-Akustikblech auf das homogene Blech aufgelegt und an seiner metallischen Kante gefügt werden. Eine Vorfixierung durch Heftpunkte kann zweckmäßig sein.

Bei OTO-Akustikblech mit OTO-Akustikblech muss die Nahtvorbereitung sicherstellen, dass die vorgesehenen Deckbleche zuverlässig miteinander verbunden werden. Je nach Zugänglichkeit und Lastpfad können vorbereitete Öffnungen, Lochschweißungen, Widerstandsschweißpunkte oder eine angepasste Überlappgeometrie erforderlich sein.

7.5.3 Kehl- und Ecknah

Kehl- und Ecknähte sind grundsätzlich möglich. Bauteile sind so zu fixieren, dass Nahtlage und Spalt während des Schweißens kontrolliert bleiben.

Bei einer Kehlnah zu homogenem Material sollte die Naht möglichst nahe an dem zu erfassenden Deckblech liegen. Der Wärmeeintrag ist durch kurze Abschnitte, eine geeignete Reihenfolge und Abkühlphasen zu begrenzen.

7.5.4 Loch- und T-Verbindung

Lochschweißungen können für Überlapp- oder T-Verbindungen eingesetzt werden, wenn die Öffnung so vorbereitet ist, dass das darunterliegende metallische Deckblech zuverlässig erfasst wird.

Zu prüfen sind:

- Lochdurchmesser und Randabstand,
- Vorfixierung,
- vollständige Anbindung des darunterliegenden Deckblechs,
- Wärmeeintrag,
- Festigkeit und Korrosionsschutz.

7.6 MIG-, MAG- und WIG-Schweißen

7.6.1 Eignung

MIG-, MAG- und WIG-Schweißverfahren können für geeignete OTO-Akustikblech-Aufbauten eingesetzt werden.

Die Wahl des Verfahrens richtet sich nach:

- Deckblechwerkstoff,
- Deckblechdicke,
- Nahtform,
- Oberflächenbeschichtung,
- Bauteilgeometrie,
- erforderlicher Festigkeit,
- zulässigem Wärmeeintrag.

WIG-Schweißen kann aufgrund des gut kontrollierbaren Lichtbogens und der gezielten Wärmeeinbringung für bestimmte Anwendungen vorteilhaft sein. Das Verfahren ist deshalb nicht generell „kälter“, sondern muss ebenso sorgfältig parametrieren werden.

7.6.2 Prozessführung

Geeignete Maßnahmen zur Begrenzung des Wärmeeintrags sind:

- kurze Schweißabschnitte,
- unterbrochene beziehungsweise intermittierende Nähte,
- wechselnde oder rückspringende Schweißfolge,
- ausreichende Abkühlphasen,
- angepasster Schweißstrom und angepasste Geschwindigkeit,
- stabile Bauteilspannung,
- geeignete Wärmeableitung.

Schweißdaten sind vorrangig nach den Dicken der jeweils zu erfassenden Deckbleche festzulegen. Wird OTO-Akustikblech mit einem deutlich dickeren Vollmaterial verbunden, sind Nahtvorbereitung und Parameter auf den gesamten Fügequerschnitt abzustimmen.

Beim thermischen Einwirken auf die Zwischenschicht können Gase entstehen, die den Schutzgasstrom stören oder Poren verursachen. Schweißzone, Nahtvorbereitung und Prozessparameter sind so auszulegen, dass dieser Einfluss möglichst gering bleibt.

Das Schutzgas ist nach Werkstoff, Schweißverfahren und Zusatzwerkstoff auszuwählen. Eine pauschale Schutzgasempfehlung für alle OTO-Akustikblech-Aufbauten ist nicht möglich.

7.6.3 Prüfung

Zu prüfen sind:

- vollständige Anbindung der vorgesehenen Deckbleche,
- Nahtgeometrie und Einbrand,
- Poren und Einschlüsse,
- Spritzer und Oberflächenzustand,
- Verzug,
- thermische Schädigung der Zwischenschicht,
- Festigkeit und gegebenenfalls Dichtheit,
- Korrosionsschutz.

7.7 Manuelles Lichtbogenschweißen

Manuelles Lichtbogenschweißen mit umhüllter Elektrode kann bei ausreichend dicken Stahl-Deckblechen eingesetzt werden.

Als Orientierung sollte dieses Verfahren nur erwogen werden, wenn beide Stahl-Deckbleche jeweils etwa 2 mm oder dicker sind. Dieser Wert ist kein allgemeiner Freigabewert; Werkstoff, Elektrodenart, Nahtform und Bauteilgeometrie sind zusätzlich zu berücksichtigen.

Bei dünneren Deckblechen ist das Verfahren wegen des hohen und schwer kontrollierbaren Wärmeeintrags nur eingeschränkt geeignet. In solchen Fällen sind MIG-, MAG-, WIG- oder Widerstandsschweißverfahren in der Regel vorzuziehen.

Die Eignung ist durch Vorversuche nachzuweisen. Kurze Abschnitte, ausreichende Abkühlung und gute Lüftung sind besonders wichtig.

7.8 Autogenschweißen und Löten

7.8.1 Autogenschweißen

Autogenschweißen ist wegen des hohen und großflächigen Wärmeeintrags für OTO-Akustikblech grundsätzlich nicht vorgesehen. Umfangreiche autogene Schweißungen können die Zwischenschicht zersetzen und den Schichtverbund großflächig schädigen.

Für Fertigungs- und Reparaturarbeiten sind Verfahren mit besser kontrollierbarem Wärmeeintrag zu verwenden.

7.8.2 Weichlöten

Weichlöten kann für ausgewählte Sonderanwendungen geeignet sein, beispielsweise für kleine Anbauteile oder Rohranschlüsse in gebördelten Öffnungen.

Zu prüfen sind:

- Löttemperatur und Einwirkzeit,
- Flussmittel,
- Oberflächenbeschichtung,
- Korrosionsverhalten,
- Wärmeeinwirkung auf die Zwischenschicht,
- Reinigung von Flussmittelnrückständen.

7.8.3 Hartlöten und Lötverfahren mit hoher Wärmeeinbringung

Hartlöten sowie Lötverfahren mit offener Flamme werden wegen des hohen und vergleichsweise großflächigen Wärmeeintrags grundsätzlich nicht empfohlen. Davon zu unterscheiden ist die kurzzeitige, kontrollierte lokale Erwärmung beim Kanten gemäß Abschnitt 6.7. Sie dient ausschließlich der Verbesserung der Gleitfähigkeit der Zwischenschicht und stellt kein Fügeverfahren dar.

7.9 Schraubverbindungen

7.9.1 Grundsätzliche Eignung

OTO-Akustikblech kann verschraubt werden. Bohrungen sollten entsprechend den Hinweisen in den Abschnitten 5.6 und 6.8 nach Möglichkeit erst nach den wesentlichen Kantungen auf Endmaß hergestellt werden.

7.9.2 Relaxation und Vorspannkraft

Unter langfristiger Druckbelastung kann die viskoelastische Zwischenschicht relaxieren. Dadurch kann die Vorspannkraft einer Schraubverbindung abnehmen. Der Effekt kann bei erhöhter Temperatur zunehmen.

Geeignete konstruktive Maßnahmen sind:

- ausreichend große Auflageflächen,
- geeignete Unterlegscheiben,
- metallische Distanzhülsen oder Stützelemente,
- begrenzte Flächenpressung,
- geeignete Schraubensicherung,
- Kontrolle der Vorspannkraft, wenn dies für die Funktion erforderlich ist.

Die Last sollte möglichst über die metallischen Deckbleche beziehungsweise geeignete Stützelemente eingeleitet werden. Anzugsmomente dürfen nicht allein anhand der Gesamtstärke des OTO-Akustikblechs festgelegt werden.

SCHRAUBVERBINDUNG UND RELAXATION

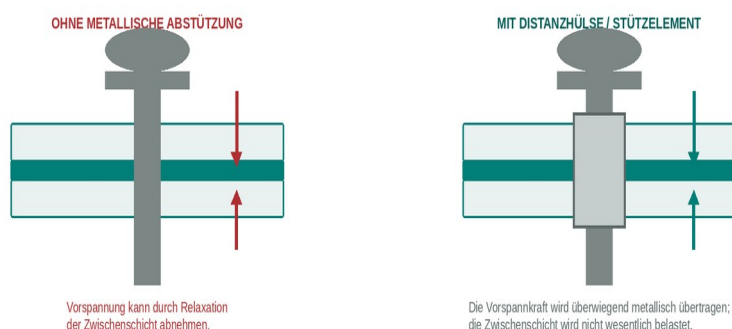


Abb. 12 – Direkte Klemmung des Schichtverbunds und metallisch abgestützte Schraubverbindung

7.9.3 Konstruktive Prüfung

Zu berücksichtigen sind:

- Lochdurchmesser und Randabstand,
- Zugänglichkeit,
- Auflagefläche von Schraubenkopf und Mutter,
- Scher- und Lochleibungsbeanspruchung der Deckbleche,
- dynamische Belastung,
- Korrosionskontakt zwischen unterschiedlichen Metallen,
- Temperatureinfluss.

7.10 Nieten und Clinchen

7.10.1 Grundsätzliche Eignung

Nieten und Clinchen sind grundsätzlich möglich. Verbindungselement, Werkzeug und Setzprozess müssen auf Werkstoff, Deckblechdicken und Gesamtaufbau abgestimmt werden.

Die Verbindung muss die vorgesehenen Deckbleche zuverlässig erfassen. Eine bloße Verformung nur eines Deckblechs kann für den vorgesehenen Lastpfad unzureichend sein.

7.10.2 Nieten

Bei Nietverbindungen sind insbesondere zu prüfen:

- geeigneter Klemmbereich des Niets,
- Kopf- und Schließkopfform,
- Lochdurchmesser und Randabstand,
- Setzkraft,
- Verformung der Deckbleche,
- dauerhafte Klemmwirkung,
- Ausreiß- und Lochleibungsfestigkeit,
- Korrosionsverträglichkeit.

Bei dünnen oder empfindlichen Deckblechen können größere Auflageflächen, geeignete Nietköpfe oder Unterlegscheiben erforderlich sein.

7.10.3 Clinchen

Beim Clinchen müssen Matrize, Stempel und Setzkraft so gewählt werden, dass ein tragfähiger Formschluss entsteht, ohne den Schichtverbund unzulässig zu öffnen oder die Deckbleche zu beschädigen.

Zu prüfen sind:

- Halsdicke und Hinterschnitt der Clinchverbindung,
- Rissbildung,
- Schichtverbund im Umfeld der Fügestelle,
- Ausknöpf- und Scherfestigkeit,
- Oberflächen- und Korrosionsschutz.

7.10.4 Befestigungsabstände

Aufgrund des Schichtaufbaus und der gegenüber einem homogenen Vollblech gleicher Gesamtstärke abweichenden lokalen Biegesteifigkeit können geringere Befestigungsabstände erforderlich sein. Allgemeingültige Abstände können nicht angegeben werden.

7.11 Fügen mit Klebstoffsystemen an weitere Bauteile

Dieser Abschnitt betrifft ausschließlich das Verbinden eines bereits fertig hergestellten OTO-Akustikblechs mit einem weiteren Bauteil.

Ein geeignetes Klebstoffsystem kann eingesetzt werden, wenn:

- das unmittelbar gefügte Deckblech die auftretende Last aufnehmen kann,
- keine unzulässige Schäl- oder Ablösebeanspruchung entsteht,
- die Last bei Bedarf konstruktiv in beide Deckbleche weitergeleitet wird,
- Klebstoff, Deckblechoberfläche und Beschichtung miteinander verträglich sind,
- Einsatztemperatur, Alterung und Medienbeständigkeit berücksichtigt werden,
- Aushärtungstemperatur und Aushärtungsdauer den Schichtverbund nicht schädigen.

Kleberverbindungen sollten nach Möglichkeit überwiegend auf Scherung und nicht auf Schälung beansprucht werden.

Oberflächenvorbereitung, Fügespalt, Klebstoffauftrag, Fixierung und Aushärtung sind nach den Vorgaben des Klebstoffherstellers festzulegen.

Klebstoffsystem, Oberflächenvorbereitung und Aushärtungsbedingungen sind an Musterteilen zu qualifizieren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Last zunächst überwiegend in das unmittelbar gefügte Deckblech eingeleitet wird.

7.12 Verfahrensübergreifende Qualitätskontrolle

Nach dem Fügen sind abhängig vom Verfahren mindestens zu prüfen:

- Lage und Vollständigkeit der Verbindung,
- Festigkeit und Versagensart,
- Naht-, Punkt- oder Setzqualität,
- Verzug und Maßhaltigkeit,
- Oberflächenbeschädigung,
- thermische Beeinflussung der Zwischenschicht,
- Delamination oder Klaffen,
- Vorspannungs- beziehungsweise Setzverhalten,
- Korrosionsschutz,
- Dichtheit, falls gefordert.

Bei wiederkehrenden Bauteilen sind freigegebene Parameter, Prüfumfang und zulässige Abweichungen zu dokumentieren. Veränderungen an Werkstoff, Beschichtung, Deckblechdicke, Schichtaufbau, Fügemitte, Maschine oder Werkzeug erfordern eine erneute Bewertung der Prozessfreigabe.

8. Reinigung und Oberflächenbehandlung

8.1 Allgemeine Grundsätze und Prozessplanung

OTO-Akustikblech kann grundsätzlich gereinigt, vorbehandelt, lackiert und beschichtet werden. Die Eignung des jeweiligen Verfahrens hängt vom Werkstoff und Oberflächenzustand beider Deckbleche, vom Zustand der bearbeiteten Kanten, von den eingesetzten Chemikalien sowie von Temperatur, Einwirkzeit und Bauteilfixierung ab.

PRAXISHINWEIS – MUSTERSTÜCK

Die vorgesehenen Bearbeitungsschritte und Maschineneinstellungen sollten zunächst an einem repräsentativen Musterstück erprobt werden. Dadurch lassen sich Erfahrungen mit dem Materialverhalten sammeln, Prozessparameter optimieren und vermeidbare Schäden an vollwertigen Bauteilen reduzieren.

Vor der Festlegung des Oberflächenprozesses ist zu klären:

- Sind die Deckbleche unbeschichtet, verzinkt, lackiert, kunststoffbeschichtet oder mit einer Schutzfolie versehen?
- Erfolgt die Oberflächenbehandlung vor oder nach den wesentlichen Umform- und Fügeschritten?
- Welche Schnitt-, Bohr-, Schweiß- und Umformkanten liegen offen?
- Werden Tauch-, Spritz-, Wisch- oder Strahlverfahren eingesetzt?
- Welche Medien, Konzentrationen, Temperaturen und Einwirkzeiten sind vorgesehen?
- Ist eine thermische Trocknung oder ein Einbrennprozess erforderlich?
- Wie wird das Bauteil während einer Wärmebehandlung gelagert, aufgehängt oder fixiert?
- Welche Anforderungen bestehen an Korrosionsschutz, Sichtfläche, Maßhaltigkeit und akustische Funktion?

Soweit konstruktiv und fertigungstechnisch möglich, sollten die wesentlichen Trenn-, Umform- und thermischen Fügeschritte vor der abschließenden Oberflächenbeschichtung ausgeführt werden. Dadurch lassen sich Beschichtungsschäden, ungeschützte Nachbearbeitungsstellen und zusätzliche thermische Belastungen der fertigen Oberfläche reduzieren.

Bei bereits beschichteten Deckblechen sind Werkzeugkontakt, Umformbarkeit, Schutzfolien, Beschichtungsdicke und zulässige Verarbeitungstemperatur gesondert zu berücksichtigen.

KERNREGEL – OBERFLÄCHENPROZESS QUALIFIZIEREN

Reinigungs-, Vorbehandlungs- und Beschichtungsprozesse sind mit dem tatsächlich vorgesehenen Deckblechwerkstoff, der vorhandenen Oberflächenbeschichtung und dem vollständigen OTO-Akustikblech-Aufbau zu prüfen. Angaben für ein unbeschichtetes Stahlblech sind nicht ungeprüft auf verzinkte, lackierte, kunststoffbeschichtete, Edelstahl- oder Aluminiumoberflächen übertragbar.

8.2 Reinigung und Entfettung

Vor Lackier-, Beschichtungs- oder Fügeprozessen müssen die zu behandelnden Oberflächen ausreichend sauber, trocken und frei von störenden Rückständen sein.

Zu entfernen sind insbesondere:

- Öl und Fett,
- Kühlschmierstoffreste,
- Abrasivmittel und Schneidrückstände,
- Staub und Metallspäne,
- Schweißspritzer und lose Oxidschichten,
- Fingerabdrücke und sonstige haftungsmindernde Verunreinigungen.

Bei der Auswahl des Reinigungsverfahrens sind zu berücksichtigen:

- Verträglichkeit mit dem Deckblechwerkstoff,
- Verträglichkeit mit vorhandenen metallischen oder organischen Beschichtungen,
- Konzentration und Temperatur des Reinigungsmediums,
- Einwirkzeit,
- Art der Anwendung,
- mögliche Einwirkung auf offene Schnitt- und Bohrkanten,
- nachfolgende Spül- und Trocknungsschritte.

Pauschale Lösemittelvorgaben sind zu vermeiden. Ein Reinigungsmittel darf erst eingesetzt werden, wenn seine Verträglichkeit mit dem konkreten Werkstoff- und Beschichtungsaufbau bestätigt oder an einem Musterteil geprüft wurde.

Bei wässrigen, alkalischen oder anderen chemischen Reinigungsprozessen ist auf eine vollständige Spülung und Trocknung zu achten. Reinigungs- oder Spülmedien dürfen nicht über längere Zeit an offenen Kanten, Bohrungen, Falzen oder Fügestellen verbleiben.

Nach der Reinigung sind Rückstände durch geeignete Verfahren vollständig zu entfernen. Hohlräume, Falze, Bohrungen und offene Kanten müssen ausreichend entwässert und getrocknet werden.

Bei Anwendungen mit erhöhten Hygiene- und Reinigungsanforderungen sind zusätzlich die Hinweise zur hygienegerechten Kantenabdichtung in Abschnitt 8.5.1 zu beachten.

8.3 Mechanische Oberflächenvorbereitung

Mechanische Vorbehandlungsverfahren können je nach Deckblechwerkstoff und Beschichtungsaufbau eingesetzt werden. Dazu zählen beispielsweise:

- leichtes Anschleifen,
- Bürsten,
- schonendes Strahlen,
- mechanische Entfernung von Oxid-, Grat- oder Schweißrückständen.

Dabei ist zu vermeiden, dass:

- dünne Deckbleche verformt werden,
- Verzinkungen oder andere Schutzschichten unnötig entfernt werden,
- die Oberfläche ungleichmäßig aufgeraut wird,
- offene Kanten aufgeweitet oder beschädigt werden,
- Strahl- oder Schleifmittel in Fugen, Bohrungen oder offenen Kanten verbleiben.

Strahlmittel, Druck, Körnung, Abstand und Bearbeitungsdauer sind an Musterteilen festzulegen. Nach mechanischer Vorbehandlung sind sämtliche Rückstände zu entfernen und die bearbeiteten Bereiche gegebenenfalls erneut gegen Korrosion zu schützen.

8.4 Bereits beschichtete Deckbleche und Schutzfolien

OTO-Akustikblech kann auch mit bereits lackierten, kunststoffbeschichteten oder anderweitig oberflächenveredelten Deckblechen ausgeführt werden.

Bei der Weiterverarbeitung sind insbesondere zu prüfen:

- Umformbarkeit und zulässiger Biegeradius der Beschichtung,
- Kratz- und Druckempfindlichkeit,
- Werkzeug- und Auflagenreinheit,
- Notwendigkeit geeigneter Schutzlagen,
- Verträglichkeit mit Kühlschmierstoffen und Reinigungsmitteln,
- zulässige Temperatur bei lokaler Erwärmung, Schweißen oder Einbrennen,
- Zustand der Beschichtung an Schnitt-, Bohr- und Biegekanten.

Schutzfolien dürfen nicht über ihre zulässige Temperatur belastet werden. Vor thermischen Prozessen ist zu prüfen, ob die Folie entfernt werden muss. Folienreste oder eingebrannte Schutzfolien können die Oberfläche dauerhaft schädigen und nachfolgende Beschichtungsprozesse beeinträchtigen.

8.5 Korrosionsschutz an Schnitt-, Bohr-, Umform- und Fügestellen

Bearbeitete Kanten und Fügestellen sind entsprechend Deckblechwerkstoff, Einsatzumgebung und Korrosionsanforderung zu schützen.

Besonders zu beachten sind:

- Schnittkanten verzinkter Stahlbleche,
- Bohr- und Stanzkanten,
- durch Schweißen thermisch beeinflusste Bereiche,
- beschädigte Lack- oder Schutzschichten,
- Falze und Spalte mit möglicher Feuchteansammlung,
- Mischkonstruktionen aus unterschiedlichen Metallen,
- leitende Schrauben, Nieten oder sonstige Verbindungselemente,
- Außen-, Feuchte- und Reinigungsbereiche.

Der Korrosionsschutz der bearbeiteten Schnitt-, Bohr-, Umform- und Fügestellen kann je nach Anwendung beispielsweise durch geeignete Grundierungen, Lackausbesserungen, Versiegelungen oder andere freigegebene Korrosionsschutzsysteme wiederhergestellt beziehungsweise ergänzt werden.

Bei Mischkonstruktionen ist die Gefahr elektrochemischer Korrosion zu berücksichtigen. Dies betrifft insbesondere Verbindungen, bei denen unterschiedliche Metalle durch Feuchtigkeit und ein leitfähiges Verbindungselement miteinander gekoppelt werden.

Der Korrosionsschutz darf die erforderliche Beweglichkeit einer vor dem Kanten noch freizuhaltenden Schnittkante nicht vorzeitig blockieren. Eine Versiegelung oder Beschichtung, die beide Deckbleche an der freien Kante miteinander verbindet, darf daher erst erfolgen, wenn alle für den Längenausgleich erforderlichen Umformschritte abgeschlossen sind.

8.5.1 Hygienische Anwendungen und Kantenabdichtung

Bei Anwendungen mit erhöhten Hygiene- und Reinigungsanforderungen, insbesondere in der Lebensmittel-, Pharma- und Medizintechnik, sollten offene Schnitt- und Außenkanten des OTO-Akustikblechs nach Abschluss der erforderlichen Umformschritte so ausgeführt werden, dass Reinigungs-, Spül- oder Desinfektionsmedien sowie Feuchtigkeit nicht in den Schichtverbund eindringen oder sich in Spalten und schwer zugänglichen Randbereichen sammeln können.

Geeignete konstruktive Lösungen können je nach Bauteil und Reinigungsverfahren beispielsweise sein:

- umlaufend dicht ausgeführte Schweiß- oder metallische Abschlusskonstruktionen,
- ausreichend überlappende Kunststoff- oder Elastomerprofile, die gegen beide Deckbleche zuverlässig abgedichtet werden,
- geeignete Dicht- oder Versiegelungssysteme, sofern sie mit Deckblechwerkstoff, Oberflächenbeschichtung, Reinigungs- und Desinfektionsmedien, Temperatur und Einsatzumgebung verträglich sind.

Aufgesteckte oder überlappende Profile müssen so ausgeführt und abgedichtet werden, dass Reinigungsflüssigkeit nicht hinter das Profil laufen oder durch Kapillarspalten bis zur offenen Zwischenschicht gelangen kann. Übergänge zwischen Profil, Dichtstoff und Deckblech sind möglichst spaltarm, reinigungsg geeignet und kontrollierbar auszuführen.

Sind maschinelle Wasch- oder Reinigungsprozesse, Hochdruckreinigung oder regelmäßige Desinfektion vorgesehen, ist die gewählte Kantenabdichtung am tatsächlichen Bauteil für die zu erwartenden Medien, Temperaturen, Drücke und Einwirkzeiten zu qualifizieren. Die Abdichtung darf erst hergestellt werden, wenn alle Umformschritte abgeschlossen sind, bei denen eine freie Relativbewegung der Deckbleche erforderlich ist.

Die hygienische Eignung und die Einhaltung der für das fertige Bauteil geltenden Anforderungen sind anwendungsbezogen zu bewerten. Die Kantenabdichtung ist Bestandteil der Bauteilkonstruktion und ersetzt keine erforderliche Freigabe des vollständigen Bauteils oder der vorgesehenen Reinigungs- und Desinfektionsprozesse.

KERNREGEL – FREIE KANTE NICHT VORZEITIG VERSIEGELN

- Kanten, über die beim späteren Biegen ein Längenausgleich der Deckbleche erfolgen muss, dürfen vor Abschluss der Kantarbeiten nicht durch Lack, Dichtstoff, Schweißung, Versiegelung oder andere Maßnahmen miteinander verbunden werden.

8.6 Lackieren und allgemeine Beschichtungsverfahren

OTO-Akustikblech kann grundsätzlich nasslackiert und mit weiteren geeigneten Beschichtungssystemen versehen werden.

Vor der Serienanwendung sind zu prüfen:

- Oberflächenvorbereitung,
- Haftung auf dem jeweiligen Deckblech beziehungsweise der vorhandenen Vorbeschichtung,
- Schichtdicke,
- Trocknungs- oder Aushärtungsbedingungen,
- zulässige Temperatur und Haltezeit,
- Verhalten an Schnitt-, Bohr- und Schweißkanten,
- Maßhaltigkeit und Rückfederung,

- Deckblechverschiebung,
- Korrosionsschutz.

Lufttrocknende oder bei niedriger Temperatur aushärtende Systeme belasten den Schichtverbund thermisch weniger als kurze Prozesse mit sehr hoher Temperatur. Müssen thermische Trocknungs- oder Einbrennprozesse eingesetzt werden, ist der vollständige Temperatur-Zeit-Verlauf zu qualifizieren.

Bei thermischen Prozessen kann die Zwischenschicht vorübergehend nachgiebiger werden. Nicht ausreichend unterstützte, vorgespannte oder geometrisch instabile Bauteile können sich dadurch verformen oder eine veränderte Rückfederung zeigen.

Bauteile sind deshalb so aufzuhängen, zu lagern oder zu fixieren, dass:

- keine unzulässige Durchbiegung entsteht,
- keine lokalen Druckstellen erzeugt werden,
- keine bereits eingestellten Winkel unbeabsichtigt verändert werden,
- eine gleichmäßige Erwärmung und Abkühlung möglich bleibt.

Nach der Beschichtung sind Aushärtung, Haftung, Oberfläche, Maßhaltigkeit, Kantenabdeckung und Zustand des Schichtverbunds zu prüfen.

8.7 Pulverbeschichten

8.7.1 Grundsätzliche Eignung

OTO-Akustikblech kann grundsätzlich pulverbeschichtet werden. Der gesamte Vorbehandlungs- und Einbrennprozess muss jedoch auf den mehrschichtigen Aufbau, die Deckblechwerkstoffe und die jeweilige Pulverlackchemie abgestimmt werden.

Die Pulverbeschichtung umfasst nicht nur das Einbrennen. Auch Reinigung, chemische Vorbehandlung, Spülung, Trocknung, Aufhängung und Erdung sind für das Ergebnis relevant.

8.7.2 Vorbehandlung und Trocknung

Vor der Beschichtung ist zu prüfen:

- Verträglichkeit der Entfettung und chemischen Vorbehandlung,
- ausreichende Spülung,
- vollständige Trocknung von Kanten, Bohrungen und Falzen,
- zuverlässige elektrische Kontaktierung der zu beschichtenden Deckblechoberflächen,
- Schutz oder Nachbehandlung offener Schnittkanten,
- sichere Aufhängung des Bauteils.

Bei Tauch- oder Spritzvorbehandlungen dürfen keine Reinigungs-, Spül- oder Vorbehandlungsmedien im Bauteil verbleiben. Vor dem Einbrennen muss das Bauteil vollständig trocken sein.

Bei der elektrostatischen Pulverbeschichtung ist zu berücksichtigen, dass die viskoelastische Zwischenschicht elektrisch isolierend wirkt. Werden beide Deckblechseiten beschichtet, muss für jede zu beschichtende metallische Deckblechoberfläche ein sicherer elektrischer Kontakt zur Aufhängung beziehungsweise Erdung bestehen. Ist keine zuverlässige metallische Verbindung zwischen den beiden Deckblechen vorhanden, sind beide Deckbleche separat zu kontaktieren. Eine alleinige Aufhängung oder Erdung an nur einem Deckblech kann für die gegenüberliegende Deckblechseite unzureichend sein. Kontaktstellen, Aufhängepunkte und die erforderliche Art der Kontaktierung sind am Musterteil zu prüfen.

ELEKTRISCHE KONTAKTIERUNG BEIM PULVERBESCHICHTEN



Jede zu beschichtende metallische Deckblechoberfläche zuverlässig kontaktieren.
Bei fehlender metallischer Verbindung beide Deckbleche separat kontaktieren.

Abb. 13 – Elektrische Kontaktierung beider Deckbleche beim Pulverbeschichten

8.7.3 Temperatur-Zeit-Führung

Zur Begrenzung der thermischen Belastung ist eine niedrigere Einbrenntemperatur bei entsprechend verlängerter Einbrenndauer gegenüber einer sehr kurzen Behandlung bei hoher Temperatur zu bevorzugen, sofern das eingesetzte Pulverlacksystem dies zulässt.

TEMPERATUR-ZEIT-FÜHRUNG BEIM EINBRENNEN

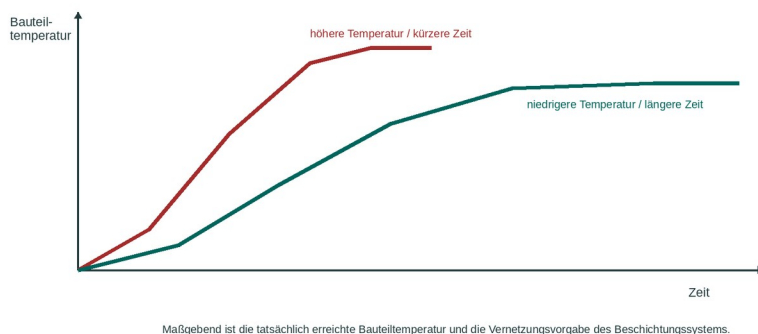


Abb. 14 – Temperatur-Zeit-Führung beim Einbrennen

Ein bewährtes Verfahrensbeispiel aus der Praxis ist:

- anstelle von etwa 5 Minuten bei 240 °C,
- nach Möglichkeit etwa 15 Minuten bei 180 °C.

Diese Werte sind ein Verfahrensbeispiel und keine universelle Vorgabe. Maßgebend sind:

- das verwendete Pulverlacksystem,
- die Vernetzungskurve des Lackherstellers,
- die tatsächlich erforderliche Bauteiltemperatur (Objekttemperatur),
- Gesamtstärke und Masse des Bauteils,
- Werkstoff der Deckbleche,
- Ofentyp und Wärmeübertragung,
- Aufhängung, Bauteillage und Fixierung,
- Aufheiz- und Abkühlverhalten.

Entscheidend ist die tatsächliche Bauteiltemperatur und nicht allein die eingestellte Ofenlufttemperatur. Die Einbrennzeit ist nach Erreichen der erforderlichen Bauteiltemperatur zu beurteilen, sofern die Vorgaben des Pulverlackherstellers dies entsprechend definieren.

KERNREGEL – PULVERBESCHICHTUNG

Niedrigere Einbrenntemperatur mit längerer Einwirkzeit bevorzugen, sofern das Pulverlacksystem dies zulässt. Sehr kurze Prozesse bei unnötig hoher Temperatur vermeiden. Maßgebend sind die Vernetzungsvorgaben und die tatsächlich erreichte Bauteiltemperatur.

8.7.4 Aufhängung und Formstabilität

Während des Einbrennens wird die Zwischenschicht vorübergehend nachgiebiger. Deshalb sind Aufhängung und Fixierung so zu wählen, dass das Bauteil sein Eigengewicht und bestehende Spannungen ohne bleibende Verformung aufnehmen kann.

Besonders zu prüfen sind:

- große ebene Flächen,
- lange freie Schenkel,
- asymmetrische Bauteile,
- bereits stark vorgespannte Kantenteile,
- Bauteile mit wenigen Versteifungen,
- Aufhängungen an nur einem Punkt.

Bei Bedarf sind zusätzliche Auflage-, Aufhänge- oder Fixierpunkte vorzusehen. Diese dürfen keine unzulässigen Kontaktstellen oder Beschichtungsfehler erzeugen.

8.7.5 Prüfung und Serienfreigabe

Vor der Serienfreigabe sind mindestens zu prüfen:

- vollständige Vernetzung und Aushärtung der Pulverbeschichtung,
- Haftung und Oberflächenqualität,
- Schichtdicke,
- gleichmäßige Beschichtung der Kanten und Bohrungen,
- Maßhaltigkeit,
- Rückfederung und Winkeländerung,
- Deckblechversatz,
- Austritt oder thermische Schädigung der Zwischenschicht,

- Delamination,
- Verzug oder Durchhang,
- Korrosionsschutz der bearbeiteten Kanten.

Bei akustisch oder sicherheitstechnisch besonders kritischen Anwendungen kann zusätzlich eine Funktionsprüfung am beschichteten Bauteil erforderlich sein.

8.8 Andere thermische oder chemische Oberflächenprozesse

Andere Verfahren mit erhöhter Temperatur, längerer Tauchzeit oder aggressiven Medien müssen gesondert bewertet werden. Dazu zählen beispielsweise mehrstufige chemische Vorbehandlungen, längere Tauchprozesse, thermische Trocknungen oder metallische Beschichtungsverfahren mit hoher Prozesstemperatur.

Vor einer Anwendung sind mindestens zu prüfen:

- maximale Bauteiltemperatur,
- Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit,
- gesamte thermische Einwirkdauer,
- chemische Verträglichkeit,
- Verhalten offener Kanten und Fügestellen,
- Maß- und Formstabilität,
- Zustand der Zwischenschicht,
- Korrosionsschutz.

Verfahren, deren Temperatur oder chemische Belastung nicht sicher bewertet werden kann, dürfen erst nach erfolgreichem Vorversuch und technischer Abstimmung eingesetzt werden.

8.9 Qualitätskontrolle und Prozessdokumentation

Für freigegebene Oberflächenprozesse sollten mindestens dokumentiert werden:

- Deckblechwerkstoff und vorhandene Vorbeschichtung,
- Reinigungs- und Vorbehandlungsverfahren,
- eingesetzte Medien, Konzentrationen und Temperaturen,
- Einwirk-, Spül- und Trocknungszeiten,
- Beschichtungssystem und Chargenangabe,
- Soll- und Ist-Schichtdicke,
- Ofenprogramm,
- tatsächlicher Temperaturverlauf am Bauteil,
- Aufhängung und Fixierung,
- Prüfergebnisse zu Haftung, Aushärtung, Maßhaltigkeit und Korrosionsschutz,
- Freigabemuster.

Änderungen am Reinigungsmittel, Vorbehandlungsprozess, Beschichtungssystem, Ofenprogramm, Bauteilaufbau oder an der Aufhängung können das Ergebnis beeinflussen und erfordern eine erneute Bewertung.

9. Qualitätskontrolle, Fehlerdiagnose und Dokumentation

9.1 Grundsätze der Qualitätskontrolle

Die Qualitätskontrolle begleitet den gesamten Fertigungsablauf. Fehler, die bereits nach dem Trennen oder während des Umformens erkennbar sind, dürfen nicht ungeprüft in den nächsten Bearbeitungsschritt übernommen werden.

Prüfmerkmale und zulässige Abweichungen sind vor Beginn der Serienfertigung festzulegen. Maßgebend sind insbesondere:

- Zeichnung und Bestellung,
- vereinbarter Material- und Schichtaufbau,
- Funktions- und Sicherheitsanforderungen,
- Oberflächen- und Korrosionsschutzanforderungen,
- Anforderungen an Dichtheit und Fügeverbindungen,
- freigegebene Musterteile und Prozessparameter.

Die Prüfung sollte, abhängig von Bauteil und Verfahren, umfassen:

- Wareneingangsprüfung,
- prozessbegleitende Sicht- und Maßprüfung,
- Prüfung nach kritischen Bearbeitungsschritten,
- Prüfung eines Erst- oder Referenzmusters,
- festgelegte Stichproben oder eine vollständige Prüfung kritischer Merkmale,
- dokumentierte Endkontrolle.

Prüf- und Messmittel müssen für das jeweilige Merkmal geeignet sein. Bei vergleichenden Sichtprüfungen ist ein freigegebenes Referenzmuster besonders hilfreich.

KERNREGEL – FEHLER NICHT WEITERVERARBEITEN

Werden Aufplatzen, Delamination, blockierte Schnittkanten, ungewöhnlicher Verzug, starke Wellenbildung oder thermische Schädigungen festgestellt, ist der Prozess zu unterbrechen. Ursache und Verwendbarkeit des Bauteils müssen vor der weiteren Bearbeitung geklärt werden.

9.2 Prüfung nach dem Trennen

Nach dem Trennen sind, abhängig vom Verfahren, mindestens zu prüfen:

- vollständige Durchtrennung beider Deckbleche und der Zwischenschicht,
- Maßhaltigkeit und Konturtreue,
- Rechtwinkligkeit beziehungsweise zulässige Schnittschräge,
- Grat, umgelegte Kanten und scharfkantige Ausbrüche,
- Schmelz-, Schlacke- oder Abrasivmittelanhaftungen,
- Deckblechversatz und Verformung der Schnittkante,
- thermisch beeinflusste oder verfärbte Bereiche,
- Austritt, Rückzug oder Schädigung der Zwischenschicht,
- Delamination oder unzulässiges Öffnen des Schichtverbunds,
- Sauberkeit und vollständige Trocknung,
- erforderlicher Korrosionsschutz.

Ist eine nachfolgende Kantung vorgesehen, ist zusätzlich zu prüfen:

- Sind die maßgebenden Schnitt- und Außenkanten entgratet?
- Sind thermische Verbackungen oder mechanische Verhakungen kontrolliert gelöst?
- Sind beide Deckbleche über den erforderlichen Bereich tatsächlich gegeneinander beweglich?
- Wurde der Schichtverbund beim Lösen der Kante nicht unnötig geöffnet oder beschädigt?

ABBRUCHKRITERIUM

Kann die für die Kantung erforderliche Freigängigkeit der Deckbleche nicht eindeutig hergestellt oder beurteilt werden, darf das Bauteil nicht gekantet werden.

9.3 Prüfung nach dem Umformen

Nach dem Biegen, Abkanten, Rundbiegen, Bördeln, Falzen, Tiefziehen oder Streckziehen sind, soweit relevant, zu prüfen:

- Biegewinkel, Innenbiegeradius und Kontur,
- Maßhaltigkeit und Bauteillage,
- Rückfederung,
- Deckblechverschiebung an freien Kanten,
- Falten, Wellen und Aufwölbungen,
- möwenflügelartige Verformungen,
- Risse, Einschnürungen oder Beschichtungsschäden,
- Klaffen, Delamination oder Aufplatzen,
- Verformung bereits bearbeiteter Bereiche,
- Lage und Fluchtung von Bohrungen und Ausschnitten,
- Oberflächenzustand und Korrosionsschutz.

Besonders kritisch sind:

- ungewöhnlich hohe oder plötzlich ansteigende Umformkräfte,
- eine sichtbar blockierte Relativbewegung der Deckbleche,
- Wellenbildung während der Kantung,
- beginnendes Klaffen oder Aufplatzen,
- eine bleibende Verformung, die nicht durch kontrolliertes Richten behoben werden kann.

Solche Auffälligkeiten sind nicht durch zusätzliche Presskraft zu übergehen. Temperatur, Schnittkanten, Kantfolge, Biegeradius, Werkzeuggeometrie und Umformgeschwindigkeit sind zu prüfen.

9.4 Prüfung nach dem Fügen

Nach thermischen und mechanischen Fügeverfahren sind, abhängig vom Verfahren, mindestens zu prüfen:

- Lage und Vollständigkeit der Verbindung,
- Punkt-, Naht-, Niet- oder Clinchqualität,
- ausreichende Erfassung der vorgesehenen Deckbleche,
- Festigkeit und Versagensart,
- Punktdurchmesser, Einbrand oder geometrische Ausbildung der Fügestelle,
- Elektrodeneindruck, Spritzer, Poren oder Einschlüsse,
- Setzverhalten und dauerhafte Klemmwirkung,
- Vorspannung von Schraubverbindungen, sofern funktionsrelevant,
- Bauteilverzug und Maßhaltigkeit,
- thermische Verfärbung oder Schädigung der Zwischenschicht,
- Delamination oder Klaffen im Umfeld der Fügestelle,
- Dichtheit, falls gefordert,
- Korrosionsschutz und Kontaktkorrosion.

Bei Schweißverfahren sind freigegebene Prüfstücke oder zerstörende Vergleichsprüfungen sinnvoll, wenn die Fügestellen nicht allein durch Sicht- und Maßprüfung bewertet werden können.

9.5 Prüfung nach Reinigung und Oberflächenbehandlung

Nach Reinigung, Vorbehandlung, Lackierung, Pulverbeschichtung oder anderen Oberflächenprozessen sind, soweit relevant, zu prüfen:

- vollständige Entfernung von Reinigungs-, Spül- und Abrasivmittlrückständen,
- vollständige Trocknung, insbesondere in Bohrungen, Falzen und offenen Kanten,
- Sauberkeit und Benetzbarkeit der Oberfläche,
- Haftung, Vernetzung und Oberflächenqualität der Beschichtung,
- Schichtdicke und Kantenabdeckung,
- Farb- und Glanzgleichmäßigkeit,
- Kontaktierung und vollständige Beschichtung beider Deckblechseiten,
- Maßhaltigkeit, Winkel, Rückfederung, Durchhang und Verzug,
- Deckblechversatz,
- Austritt oder thermische Schädigung der Zwischenschicht,
- Delamination,
- Korrosionsschutz an Schnitt-, Bohr-, Umform- und Schweißkanten.

Bei thermischen Beschichtungsprozessen sind die tatsächliche Bauteiltemperatur und der Temperatur-Zeit-Verlauf zu dokumentieren, wenn sie für die Prozessfreigabe maßgebend sind.

9.6 Typische Fehlerbilder, mögliche Ursachen und Abhilfen

Die folgende Tabelle unterstützt bei der ersten Ursachenanalyse. Mehrere Ursachen können gleichzeitig vorliegen. Bei wiederkehrenden oder nicht eindeutig erkläraren Fehlern sind Prozess, Materialcharge und Bauteilaufbau systematisch miteinander zu vergleichen.

Fehlerbild	Mögliche Ursache	Abhilfe beziehungsweise Prüfung
Schichtverbund platzt beim Kanten zwischen vorhandenen Kantungen auf	nachträgliche Kantung zwischen zwei bereits ausgeführten Kantungen	Kantfolge von der Bauteilmitte schrittweise nach außen zu den freien Kanten neu planen; Bauteil nicht mit höherer Presskraft weiterbearbeiten
Aufplatzen an einer freien Kante	Schnittkante durch Grat, umgelegte Kante oder thermische Verbackung blockiert	Kante entgraten, Verbackung kontrolliert lösen und Freigängigkeit prüfen
Wellen oder Aufwölbungen beim Kanten	Material zu kalt, Zwischenschicht nicht ausreichend nachgiebig, Umformgeschwindigkeit zu hoch	vollständig konditionieren, lokale Erwärmung prüfen, Senkgeschwindigkeit reduzieren
Ungewöhnlich hoher Kraftanstieg beim Kanten	Deckblechbewegung durch Kantfolge, verbackene Kante oder ungeeigneten Radius blockiert	Umformung abbrechen; Temperatur, Kanten, Kantfolge, Radius und Werkzeug prüfen
Kante klappt	Biegung gegen eine geschlossene Kante, Bauteiltemperatur zu niedrig oder Bauteil unzureichend unterstützt	Biegung zur freien Kante ausführen, vollständige Konditionierung prüfen, bei Bedarf kontrolliert lokal erwärmen sowie Werkzeug und Bauteilunterstützung prüfen
Möwenflügelartige Wölbung	Biegelinie weit von freier Kante entfernt oder Bauteil unzureichend unterstützt	Bauteil besser unterstützen, kontrolliert richten, Geometrie oder Bearbeitungsfolge anpassen
Hohe oder ungleichmäßige Rückfederung	Material zu kalt, ungeeigneter Radius, unsymmetrischer Aufbau oder spätere Wärmebehandlung	konditionieren, Pressweg und Werkzeug anpassen, Aufbau und Folgeprozess berücksichtigen
Löcher fluchten nach dem Kanten nicht	Öffnungen vor der Umformung ohne ausreichende Verschiebungszugabe hergestellt	nach dem Kanten auf Endmaß bearbeiten oder größere Öffnung beziehungsweise Langloch vorsehen
Rissbildung an einer vorgestanzten Öffnung	Öffnung zu nah an der Biegelinie, zu kleiner Radius oder unzureichende Zugabe	Lage, Randabstand, Radius und Bearbeitungsreihenfolge ändern
Starker Grat beim Scheren oder Stanzen	Schneidspalt, Messerzustand oder Werkzeugführung ungeeignet	Schneidspalt und Werkzeugzustand prüfen; Werkzeuge schärfen und Führung einstellen
Schnittkante mechanisch verhakt	umgelegte Deckblechkanten oder ungleichmäßiger Schnitt	entgraten, Kante richten und Freigängigkeit prüfen
Deckbleche beim Laser- oder Plasmaschneiden verbacken	örtlicher Wärmeeintrag, Schmelzanhaftung oder ungeeignete Parameter	Parameter optimieren, Anhaftungen entfernen und Kante vor dem Kanten kontrolliert lösen
Zwischenschicht am thermischen Schnitt zurückgezogen oder verbrannt	zu hoher Wärmeeintrag oder zu geringe Schnittgeschwindigkeit	thermischen Prozess neu qualifizieren oder kaltes Trennverfahren verwenden
Wasserstrahlschnitt zeigt starke Schräge oder Auswaschung	Vorschub, Düsenabstand, Abrasivmittel oder Anlagenzustand ungeeignet	Schneidparameter und Anlagenzustand prüfen; Musterteil erneut fertigen
Delamination am Einstechpunkt des Wasserstrahls	ungeeignete Einstechstrategie oder instabile Werkstückauflage	Einstechpunkt und Einstechverfahren ändern; Bauteil besser unterstützen

9.6 Typische Fehlerbilder, mögliche Ursachen und Abhilfen – Fortsetzung

Fehlerbild	Mögliche Ursache	Abhilfe beziehungsweise Prüfung
Sägekante öffnet sich oder schwingt	Werkstück unzureichend gespannt, Zahnteilung oder Vorschub ungeeignet	beide Deckbleche besser unterstützen, Werkzeug und Vorschub anpassen
Falten beim Tiefziehen	Niederhalterkraft, Werkzeugsteifigkeit, Ziehsticks, Schmierung oder Zuschchnitt nicht ausreichend aufeinander abgestimmt	Niederhalterkraft, Ziehsticks, Zuschchnitt, Schmierung und Werkzeugsteifigkeit gemeinsam optimieren
Risse oder Einschnürungen beim Tiefziehen	Umformgrad zu hoch, Radien zu klein oder Werkstoff ungeeignet	Geometrie, Radien, Ziehfolge und Deckblechwerkstoff prüfen
Erster Widerstandsschweißpunkt gelingt nicht	kein sicherer Strompfad zwischen den Deckblechen	kontrolliert können, klemmen oder definierte Kontaktstelle vorsehen
Widerstandsschweißpunkt zu klein oder instabil	Elektrodenkraft, Strom, Zeit, Oberfläche oder Elektrodenzustand ungeeignet	Parameter schrittweise qualifizieren und Elektroden prüfen
Starke Wärmeschädigung beim Schweißen	Punkte oder Nähte zu dicht beziehungsweise zu schnell nacheinander	Abstand, Reihenfolge, Schweißdauer und Abkühlzeiten anpassen
Poren oder unruhiger Lichtbogen	thermische Zersetzungsprodukte, Verschmutzung oder ungeeignete Nahtvorbereitung	Oberfläche und Nahtvorbereitung prüfen; Wärmeeintrag, Schutzgasführung und Absaugung aufeinander abstimmen
Rollennaht undicht	unzureichende Überdeckung, instabiler Stromkontakt oder ungeeignete Geschwindigkeit	Überdeckung, Kontaktierung, Elektrodenkraft und Vorschub neu qualifizieren
Niet- oder Clinchverbindung locker	Klemmbereich, Setzkraft oder Werkzeuggeometrie ungeeignet	Verbindungselement, Matrize, Stempel und Setzparameter anpassen
Nur ein Deckblech wird tragfähig erfasst	Fügestelle oder Verbindungselement nicht auf Schichtaufbau abgestimmt	Lastpfad und Füßegeometrie so ändern, dass die vorgesehenen Deckbleche sicher erfasst werden
Vorspannkraft einer Schraube nimmt ab	Relaxation der Zwischenschicht oder zu hohe Flächenpressung	größere Auflage, Distanzhülse oder Stützelement und Vorspannkontrolle vorsehen
Beschichtung haftet unzureichend	unvollständige Reinigung, ungeeignete Vorbehandlung oder Restfeuchte	Reinigung, Spülung, Vorbehandlung und Trocknung prüfen
Eine Deckblechseite wird beim Pulverbeschichten unzureichend beschichtet	Gegenüberliegende Deckblechoberfläche besitzt keinen ausreichenden elektrischen Kontakt zur Aufhängung beziehungsweise Erdung	Jede zu beschichtende metallische Deckblechoberfläche zuverlässig kontaktieren; bei fehlender metallischer Verbindung beide Deckbleche separat kontaktieren
Pulverbeschichtung nicht vollständig ausgehärtet	tatsächliche Bauteiltemperatur oder Haltezeit zu gering	Temperatur-Zeit-Verlauf am Bauteil prüfen und Vernetzungskurve einhalten
Verzug nach Pulverbeschichten	zu hohe Temperatur, ungünstige Aufhängung oder thermisch erhöhte Rückfederung	Temperatur innerhalb des zulässigen Prozessfensters reduzieren, Einwirkzeit entsprechend verlängern und das Bauteil formstabil aufhängen beziehungsweise fixieren
Zwischenschicht tritt nach Wärmebehandlung aus	Temperatur oder Haltezeit zu hoch, Bauteil ungünstig belastet	thermischen Prozess reduzieren und Aufhängung beziehungsweise Fixierung prüfen
Korrosion an bearbeiteter Schnitt-, Bohr- oder Schweißkante	Schutzschicht beim Bearbeiten beschädigt oder entfernt beziehungsweise Korrosionsschutzsystem ungeeignet	Korrosionsschutz werkstoff- und anwendungsgerecht wiederherstellen; Belastung und Ausführung dokumentieren
Kontaktkorrosion an Verbindung	ungeeignete Metallpaarung oder fehlende elektrische beziehungsweise stoffliche Trennung	Werkstoffpaarung, Beschichtung und isolierende Zwischenlage prüfen

9.7 Umgang mit Abweichungen

Bei festgestellten Abweichungen ist vor der Weiterverarbeitung festzulegen:

- Ist das Merkmal funktions-, sicherheits- oder nur optisch relevant?
- Kann das Bauteil ohne Beeinträchtigung nachgearbeitet werden?
- Verändert die Nacharbeit den Schichtverbund, die Dämpfungsfunktion oder den Korrosionsschutz?
- Ist eine Freigabe durch Konstruktion, Qualitätssicherung oder Auftraggeber erforderlich?
- Muss der Prozess vor Fortsetzung der Serie korrigiert und erneut geprüft werden?

Nacharbeiten dürfen keine neue Blockierung der Deckblechbewegung, keine unkontrollierte Delamination und keine unzulässige thermische Belastung verursachen.

Nicht freigegebene Abweichungen dürfen nicht durch weitere Bearbeitung verdeckt werden.

9.8 Prozessdokumentation und Änderungsbewertung

Für wiederkehrende Bauteile sollten mindestens dokumentiert werden:

- Artikel-, Auftrags- und Zeichnungsstand,
- Materialcharge beziehungsweise eindeutige Materialzuordnung,
- Material- und Schichtaufbau,
- Deckblechwerkstoffe, Deckblechdicken und Gesamtstärke,
- Oberflächenzustand und vorhandene Beschichtungen,
- Datum, Maschine, Werkzeug und gegebenenfalls Programmstand,
- Konditionierungsbedingungen und tatsächliche Bauteiltemperatur,
- Schneidverfahren, wesentliche Schneidparameter und Kantenbearbeitung,
- Biegeradius, Kantfolge, Umformgeschwindigkeit und lokale Erwärmung,
- Schweiß-, Niet-, Clinch-, Schraub- oder sonstige Fügeparameter,
- Reinigungs-, Vorbehandlungs- und Beschichtungsparameter,
- tatsächlicher Temperatur-Zeit-Verlauf thermischer Prozesse, soweit relevant,
- Prüfmerkmale, Prüfumfang und zulässige Abweichungen,
- Prüfergebnisse, Abweichungen und Nacharbeiten,
- freigegebenes Erst- oder Referenzmuster.

Eine erneute Prozessbewertung ist insbesondere erforderlich bei Änderungen von:

- Deckblechwerkstoff, Dicke, Lieferzustand oder Oberfläche,
- Zwischenschicht beziehungsweise Schichtaufbau,
- Materiallieferant oder Materialcharge bei auffälligen Abweichungen,
- Werkzeug, Maschine, Programm oder Fertigungsstandort,
- Kantfolge, Biegeradius oder Erwärmungsverfahren,
- Schneid-, Füge-, Reinigungs- oder Beschichtungsverfahren,
- Einsatzbedingungen oder Qualitätsanforderungen.

10. Arbeitsschutz, Vorversuche und technische Abstimmung

10.1 Allgemeine Arbeitsschutzgrundsätze

Bei allen Bearbeitungs-, Umform-, Füge-, Reinigungs- und Beschichtungsverfahren sind die für Betrieb, Maschine, Werkstoff, Hilfsstoff und Verfahren geltenden Schutzmaßnahmen einzuhalten.

Grundlage sind insbesondere:

- betriebliche Gefährdungsbeurteilung,
- Maschinen- und Betriebsanweisungen,
- Herstellerangaben der eingesetzten Anlagen, Werkzeuge und Hilfsstoffe,
- aktuelle Sicherheitsinformationen der eingesetzten Reinigungs-, Beschichtungs-, Schweiß- und Prozessmedien,
- geeignete persönliche Schutzausrüstung,
- Unterweisung der Beschäftigten.

Dieses Dokument ersetzt keine betriebliche Gefährdungsbeurteilung und keine verfahrensbezogene Arbeits- oder Sicherheitsanweisung.

10.2 Verfahrensbezogene Gefährdungen

10.2.1 Transport und Handhabung

Zu berücksichtigen sind:

- hohes Tafel- und Stapelgewicht,
- scharfe Schnittkanten,
- Durchhängen großer Tafeln,
- Quetsch- und Schergefahren,
- sichere Lastaufnahme und geeignete Hebemittel,
- Schutz empfindlicher Oberflächen.

10.2.2 Mechanisches und wasserstrahlgestütztes Trennen

Zu berücksichtigen sind:

- bewegte Werkzeuge und Einzugsstellen,
- wegfliegende Späne und scharfkantige Abschnitte,
- hohe Drücke beim Wasserstrahlschneiden,
- Abrasivmittel und Schneidrückstände,
- sichere Werkstückspannung,
- Anlagenzugang nur nach den Vorgaben des Maschinenherstellers.

10.2.3 Umformen und lokale Erwärmung

Zu berücksichtigen sind:

- Quetsch- und Scherstellen an Pressen und Biegemaschinen,
- unerwartete Bauteilbewegung oder Rückfederung,
- heiße Oberflächen,
- Brandgefahr durch Heißluftgeräte, Infrarotstrahler oder offene Flammen,
- ausreichende Lüftung,
- sichere Ablage erwärmter Bauteile.

Bei Verwendung einer offenen Flamme, beispielsweise mittels eines Gas-, Anwärm- oder Abflambrenners, sind Flammenbereich, Bauteiloberfläche und Umgebung besonders zu kontrollieren. Die Flamme ist ständig in Bewegung zu halten. Brennbare Stoffe und ungeeignete Schutzfolien sind aus dem Arbeitsbereich zu entfernen.

10.2.4 Schweißen, Löten und andere thermische Fügeverfahren

Erforderlich sind insbesondere:

- geeignete Schweißrauch- und Prozessabsaugung,
- ausreichende Belüftung,
- Augen-, Gesichts-, Haut- und Hitzeschutz,
- Brand- und Explosionsschutz,
- sichere Handhabung von Gasen und heißen Bauteilen,
- Kontrolle angrenzender Bereiche auf Schmel- oder Brandstellen.

Entstehende Schweißrauche, Dämpfe und thermische Zersetzungsprodukte dürfen nicht eingeatmet werden.

10.2.5 Reinigung, Vorbehandlung und Beschichtung

Zu berücksichtigen sind:

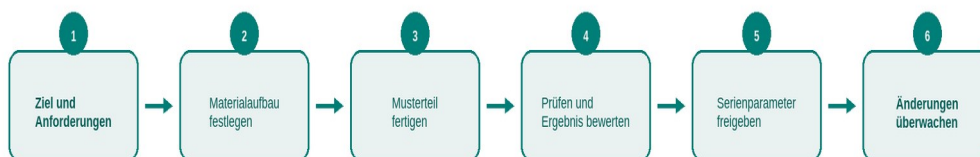
- Haut- und Augenkontakt mit Reinigungs- und Vorbehandlungsmedien,
- Dämpfe, Aerosole und Stäube,
- elektrische und elektrostatische Gefährdungen,
- Brand- und Explosionsgefahr bei brennbaren Medien oder Pulverlacken,
- sichere Entwässerung, Trocknung und Ofenbeschickung,
- Temperaturbeständigkeit von Schutzfolien, Aufhängungen und Hilfsmitteln.

10.3 Planung und Durchführung von Vorversuchen

Vor der Bearbeitung von Serien-, Kunden- oder Fertigteilen wird grundsätzlich empfohlen, die vorgesehenen Bearbeitungs- und Fügeschritte zunächst an einem repräsentativen Musterstück zu erproben. Dadurch können Erfahrungen mit dem besonderen Materialverhalten gesammelt, Prozessparameter optimiert, vermeidbare Fehler reduziert und Schäden an vollwertigen Blechzuschnitten oder bereits weitgehend fertiggestellten Bauteilen vermieden werden.

Das Musterstück sollte möglichst denselben Materialaufbau, dieselbe Gesamtstärke und eine vergleichbare Geometrie wie das spätere Bauteil aufweisen. Die ermittelten Einstellungen und Ergebnisse sind zu dokumentieren und vor Beginn der eigentlichen Fertigung freizugeben.

PROZESSQUALIFIZIERUNG UND SERIENFREIGABE



Dokumentierte Informations- und Prüfstrecke · Maschinen- und Werkzeugstand festhalten

Abb. 15 – Ablauf der Prozessqualifizierung und Serienfreigabe

Vorversuche sind insbesondere erforderlich oder dringend zu empfehlen bei:

- neuen Deckblechwerkstoffen oder Werkstoffkombinationen,
- neuen oder unsymmetrischen Schichtaufbauten,
- kleinen Biegeradien oder hohen Umformgraden,
- komplexen Kantfolgen,
- Tiefzieh- und Streckziehteilen,
- engen Toleranzen oder anspruchsvollen Konturen,
- thermischen Schnitt- und Fügeverfahren,
- neuen Reinigungs-, Vorbehandlungs- oder Beschichtungsprozessen,
- Pulverbeschichtung und anderen Einbrennprozessen,
- dynamisch belasteten, dichtsrelevanten oder sicherheitsrelevanten Bauteilen,
- Serienanläufen und wesentlichen Prozessänderungen.

Ein Vorversuch sollte mindestens festlegen:

1. Ziel und kritische Merkmale: Welche Funktion, Abmessung, Oberfläche oder Verbindung muss erreicht werden?
2. Tatsächlicher Materialaufbau: Welche Deckblechwerkstoffe, Dicken, Oberflächen und welcher Schichtaufbau werden verwendet?
3. Versuchsparameter: Welche Werkzeuge, Maschinen, Temperaturen, Geschwindigkeiten und Reihenfolgen werden variiert?
4. Prüfplan: Welche Merkmale werden wie und wann geprüft?
5. Annahmekriterien: Welche Abweichungen sind zulässig?
6. Dokumentation: Welche Einstellung und welches Muster werden als freigegebener Referenzstand festgehalten?

Die Versuche müssen mit dem tatsächlich vorgesehenen Materialaufbau durchgeführt werden. Ergebnisse aus anderen Werkstoffen, Dicken, Oberflächen oder Schichtaufbauten sind nicht ohne Prüfung übertragbar.

10.4 Serienfreigabe und erneute Qualifizierung

Eine Serienfreigabe sollte erst erfolgen, wenn:

- der Bearbeitungsablauf vollständig festgelegt ist,
- kritische Parameter dokumentiert sind,
- ein Musterteil die festgelegten Annahmekriterien erfüllt,
- Prüfmerkmale und Prüfumfang definiert sind,
- Bedien- und Arbeitsanweisungen vorliegen,
- erforderliche Schutzmaßnahmen umgesetzt sind.

Eine erneute Qualifizierung ist erforderlich, wenn eine Änderung das Bearbeitungsergebnis beeinflussen kann. Dies betrifft insbesondere Änderungen an Material, Schichtaufbau, Oberfläche, Werkzeug, Maschine, Programm, Temperaturführung, Kantfolge, Fügeverfahren, Beschichtungssystem oder Einsatzanforderung.

10.5 Technische Abstimmung mit OTO Akustiktechnik

OTO Akustiktechnik unterstützt bei:

- Auswahl eines geeigneten Schichtaufbaus,
- konstruktiver Abstimmung,
- Beurteilung geplanter Bearbeitungsverfahren,
- Musterfertigung,
- Vorbereitung und Bewertung von Vorversuchen,
- Analyse auffälliger Fehlerbilder.

Für eine gezielte technische Abstimmung sollten möglichst vorliegen:

- Zeichnung oder 3D-Daten,
- gewünschter Schichtaufbau,
- Deckblechwerkstoffe, Deckblechdicken und Oberflächen,
- vorgesehene Bearbeitungs- und Fügeverfahren,
- geplante Kantfolge und kritische Radien,
- vorgesehene Temperatur- und Beschichtungsprozesse,
- Einsatztemperatur, Umgebung und Medienbelastung,
- Anforderungen an Oberfläche, Festigkeit, Dichtheit und Korrosionsschutz,
- geplante Stückzahl und gewünschter Serienprozess,
- vorhandene Musterteile, Fotos oder Fehlerbeschreibungen.

10.6 Technischer Hinweis

Die Angaben in diesem Dokument beruhen auf den bisherigen Erfahrungen mit OTO-Akustikblech sowie auf dokumentierten Verarbeitungshinweisen für vergleichbare Metallverbunde.

Die erreichbaren Ergebnisse hängen insbesondere ab von:

- Werkstoff und Dicke der Deckbleche,
- Schichtaufbau und Oberfläche,
- Bauteilgeometrie,
- Werkzeug, Maschine und Anlagenzustand,
- Prozessparametern,
- tatsächliche Bauteiltemperatur und vollständige Durchwärmung des Schichtverbunds,
- Einspannung und Unterstützung,
- Fertigungsreihenfolge,
- nachfolgenden thermischen und chemischen Prozessen.

Die Angaben sind allgemeine Verarbeitungshinweise und stellen keine Garantie für ein bestimmtes Bearbeitungs-, Festigkeits- oder Qualitätsergebnis im konkreten Anwendungsfall dar.

Für neue oder kritische Anwendungen sind Vorversuche und eine anwendungsbezogene technische Auslegung erforderlich. Die Verantwortung für die Auslegung des konkreten Bauteils und die Eignung des gewählten Fertigungsprozesses verbleibt beim Anwender beziehungsweise Verarbeiter.

Technische Änderungen und produktionsbedingte Abweichungen bleiben vorbehalten.

Anhang A · Die wichtigsten Kernregeln auf einen Blick

- 1.** OTO-Akustikblech mindestens 48 Stunden bei etwa 21 °C konditionieren und das vollständige Bauteil vor dem Kanten auf mindestens 21 °C durchwärmen.
- 2.** Bei anspruchsvollen oder starken Kantungen eine kontrollierte lokale Erwärmung prüfen.
- 3.** Wasserstrahlschneiden ist wegen des fehlenden Wärmeeintrags das bevorzugte Trennverfahren.
- 4.** Vor dem Kanten müssen die maßgebenden Schnittkanten entgratet und bei Verbackung oder Verhakung kontrolliert gelöst werden.
- 5.** Die Deckbleche müssen an der für den Längenausgleich erforderlichen freien Kante tatsächlich gegeneinander beweglich sein.
- 6.** Niemals eine Kantung zwischen zwei bereits ausgeführten Kantungen herstellen.
- 7.** Bei mehreren Kantungen in der Bauteilmitte beginnen und schrittweise nach außen zu den freien Kanten arbeiten.
- 8.** Als Ausgangswert einen Innenbiegeradius am Innendeckblech von etwa dem 1,5- bis 2-Fachen der Gesamtstärke vorsehen.
- 9.** Funktions-, Pass- und Befestigungsbohrungen möglichst erst nach dem Kanten auf Endmaß herstellen.
- 10.** Kanten, über die noch ein Längenausgleich erfolgen muss, vor Abschluss der Kantarbeiten nicht durch Lack, Dichtstoff, Schweißung oder Versiegelung verbinden.
- 11.** Vor dem ersten Widerstandsschweißpunkt einen sicheren Strompfad zwischen den Deckblechen herstellen.
- 12.** Schweißfolge, Abstände und Abkühlphasen so wählen, dass keine örtliche Wärmeansammlung entsteht.
- 13.** Bei elektrostatischer Pulverbeschichtung jede zu beschichtende Deckblechseite zuverlässig elektrisch kontaktieren.
- 14.** Beim Pulverbeschichten niedrigere Temperatur mit längerer Einwirkzeit bevorzugen, sofern das Beschichtungssystem dies zulässt.
- 15.** Neue oder geänderte Prozesse mit dem tatsächlichen Schichtaufbau qualifizieren und dokumentieren.

Anhang B · Schnellcheck Wasserstrahlschneiden

Bauteil / Artikel	Zeichnung / Index	Auftrag / Charge	Datum	Prüfer

Vor dem Schneiden

- ☐ Material- und Schichtaufbau bekannt,
- ☐ Zeichnung, Toleranzen und gewünschte Schnittqualität festgelegt,
- ☐ Tafel eben und ausreichend unterstützt,
- ☐ Werkstück gegen Verschiebung und Schwingung gesichert,
- ☐ Düsenabstand, Vorschub und Abrasivmittel auf den Aufbau abgestimmt,
- ☐ Einstechpunkt und Einstechstrategie festgelegt,
- ☐ empfindliche Sichtseite geschützt,
- ☐ vorgesehenen Schneidprozess an einem repräsentativen Musterstück erprobt,
- ☐ Musterteil beziehungsweise Prozessfreigabe vorhanden.

Nach dem Schneiden

- ☐ Schnitt durch beide Deckbleche und die Zwischenschicht vollständig ausgeführt,
- ☐ Maßhaltigkeit und Schnittschräge geprüft,
- ☐ keine unzulässige Auswaschung oder Delamination,
- ☐ Abrasivmittel und Schneidrückstände vollständig entfernt,
- ☐ Bauteil und offene Kanten vollständig getrocknet,
- ☐ Oberfläche und Zwischenschicht unbeschädigt,
- ☐ erforderlicher Korrosionsschutz an offenen Schnittkanten vorgesehen beziehungsweise wiederhergestellt,
- ☐ bei späterer Kantung freie Beweglichkeit der maßgebenden Kante geprüft.

Bemerkungen / festgestellte Abweichungen:

Ergebnis / Freigabe: _____ Datum / Unterschrift: _____

Anhang C · Schnellcheck Schnittkante vor dem Kanten

Bauteil / Artikel	Zeichnung / Index	Auftrag / Charge	Datum	Prüfer

- ☐ Schnittverfahren und spätere Biegerichtung bekannt,
- ☐ Kantenfreigängigkeit an einem Musterstück beziehungsweise Probestreifen geprüft,
- ☐ vorhandener Grat vollständig entfernt,
- ☐ Schmelz- und Schlackeanhaftungen entfernt,
- ☐ umgelegte oder verhakte Schnittkanten gerichtet,
- ☐ verbackene Deckbleche kontrolliert voneinander gelöst,
- ☐ freie Beweglichkeit über den tatsächlich erforderlichen Bereich praktisch geprüft,
- ☐ Deckbleche nicht großflächig auseinandergehelt,
- ☐ keine unzulässige Delamination erzeugt,
- ☐ Zwischenschicht nicht unnötig beschädigt,
- ☐ Schnittkante sauber und für die Umformung geeignet,
- ☐ erforderlicher Korrosionsschutz nach der Bearbeitung vorgesehen.

ABBRUCHKRITERIUM:

- Kann die erforderliche Freigängigkeit der Deckbleche nicht eindeutig festgestellt werden, darf die Kantung nicht begonnen werden.

Bemerkungen / festgestellte Abweichungen:

Ergebnis / Freigabe: _____ Datum / Unterschrift: _____

Anhang D · Schnellcheck vor, während und nach dem Kanten

Bauteil / Artikel	Zeichnung / Index	Auftrag / Charge	Datum	Prüfer

Vor dem Kanten

- ☐ OTO-Akustikblech mindestens 48 Stunden bei etwa 21 °C konditioniert,
- ☐ tatsächliche Temperatur des vollständigen Bauteils mindestens 21 °C,
- ☐ vorgesehene Kantung an einem repräsentativen Musterstück erprobt,
- ☐ Notwendigkeit einer kontrollierten lokalen Erwärmung bei anspruchsvollen Kantungen geprüft,
- ☐ Deckblechwerkstoffe, Dicken, Orientierung und Walzrichtung bekannt,
- ☐ Innenbiegeradius für Aufbau und Werkstoff geeignet,
- ☐ Kantfolge vollständig festgelegt und gegebenenfalls nummeriert,
- ☐ Bearbeitung beginnt in der Bauteilmitte und erfolgt schrittweise nach außen zu den freien Kanten,
- ☐ keine nachträgliche Kantung zwischen zwei vorhandenen Kantungen,
- ☐ erforderliche freie Kanten vorhanden und freigängig,
- ☐ Schnittkanten gemäß Anhang C geprüft,
- ☐ Bohrungs- und Ausschnittverschiebung berücksichtigt,
- ☐ Werkzeug, Auflagen und Bauteiloberflächen sauber,
- ☐ geeignete Unterstützung und reduzierte Senkgeschwindigkeit vorgesehen,
- ☐ Musterteil beziehungsweise Prozessfreigabe vorhanden.

Während des Kantens

- ☐ gleichmäßiger Biegeverlauf,
- ☐ keine Wellenbildung oder Aufwölbung,
- ☐ kein ungewöhnlich hoher oder plötzlich ansteigender Kraftbedarf,
- ☐ keine erkennbare Blockierung der Deckblechbewegung,
- ☐ keine Rauch-, Blasen- oder Verbrennungserscheinung,
- ☐ keine sichtbare Ablösung oder beginnendes Aufplatzen.

ABBRUCHKRITERIUM:

Bei ungewöhnlichem Kraftanstieg, Wellenbildung, Klaffen oder beginnendem Aufplatzen den Vorgang sofort unterbrechen und Temperatur, Schnittkante, Kantfolge, Radius und Werkzeug prüfen.

Nach dem Kanten

- ☐ Winkel, Radius und Maßhaltigkeit geprüft,
- ☐ Rückfederung geprüft,
- ☐ Klaffen, Wellen und Aufwölbung ausgeschlossen,
- ☐ Deckblechverschiebung bewertet,
- ☐ keine Delamination oder Rissbildung,
- ☐ Bohrungslage und Fluchtung geprüft,
- ☐ Oberfläche und Korrosionsschutz geprüft,
- ☐ Ergebnis dokumentiert beziehungsweise mit Referenzmuster verglichen.

Bemerkungen / festgestellte Abweichungen:

Ergebnis / Freigabe: _____ Datum / Unterschrift: _____

Anhang E · Schnellcheck Widerstandspunktschweißen

Bauteil / Artikel	Zeichnung / Index	Auftrag / Charge	Datum	Prüfer

Vor dem Schweißen

- ☐ Werkstoff-, Oberflächen- und Schichtaufbau bekannt,
- ☐ Fügestellen sauber und zugänglich,
- ☐ sichere Einspannung und geeignete Elektroden vorhanden,
- ☐ sicherer Strompfad durch kontrolliertes Körnen, eine beide Deckbleche kontaktierende Klemme beziehungsweise Spannvorrichtung oder eine definierte metallische Kontaktstelle hergestellt,
- ☐ Schweißparameter an einem repräsentativen Prüfstück ermittelt und freigegeben,
- ☐ Punktabstand, Schweißfolge und Abkühlphasen geplant,
- ☐ Absaugung und Lüftung vorhanden.

Während des Schweißens

- ☐ stabiler Stromfluss,
- ☐ keine unnötige Wärmeansammlung,
- ☐ benachbarte Punkte nicht zu schnell nacheinander,
- ☐ Elektrodenzustand und Elektrodenkühlung kontrollieren,
- ☐ vorgesehene Abkühlphasen einhalten,
- ☐ Spritzer, ungewöhnliche Rauchentwicklung und Verzug beobachten.

Nach dem Schweißen

- ☐ Punktlage und Punktdurchmesser geprüft,
- ☐ Festigkeit und Versagensart geprüft,
- ☐ Elektrodeneindruck und Spritzer bewertet,
- ☐ Verzug und Maßhaltigkeit geprüft,
- ☐ thermische Schädigung der Zwischenschicht ausgeschlossen,
- ☐ Korrosionsschutz geprüft,
- ☐ Parameter und Prüfergebnis dokumentiert.

Bemerkungen / festgestellte Abweichungen:

Ergebnis / Freigabe: _____ Datum / Unterschrift: _____

Anhang F · Schnellcheck Pulverbeschichten

Bauteil / Artikel	Zeichnung / Index	Auftrag / Charge	Datum	Prüfer

Vor der Beschichtung

- ☐ Deckblechwerkstoff und vorhandene Vorbeschichtung bekannt,
- ☐ Reinigungs- und Vorbehandlungsprozess freigegeben,
- ☐ Oberfläche sauber, trocken und frei von Rückständen,
- ☐ offene Schnitt-, Bohr-, Schweiß- und Umformkanten geprüft,
- ☐ Pulverlacksystem und Vernetzungskurve bekannt,
- ☐ Schutzfolien für den Wärmeprozess entfernt oder ausdrücklich freigegeben,
- ☐ jede zu beschichtende metallische Deckblechoberfläche zuverlässig mit Aufhängung beziehungsweise Erdung kontaktiert; bei fehlender metallischer Verbindung beide Deckbleche separat kontaktiert,
- ☐ Aufhängung und Fixierung auf Formstabilität geprüft,
- ☐ repräsentatives Musterteil zur Prozessprüfung vorgesehen und geprüft,
- ☐ tatsächliche Bauteiltemperatur messbar.

Vorbehandlung und Trocknung

- ☐ Reinigungs- und Vorbehandlungsmedien verträglich,
- ☐ Spülung vollständig,
- ☐ keine Medienreste in Bohrungen, Falzen oder offenen Kanten,
- ☐ Bauteil vor dem Einbrennen vollständig trocken,
- ☐ erforderlicher Korrosionsschutz berücksichtigt.

Einbrennprozess

- ☐ Vorgaben und Vernetzungskurve des Pulverlackherstellers eingehalten,
- ☐ innerhalb der Vernetzungsvorgaben des Pulverlackherstellers eine möglichst niedrigere Temperatur mit entsprechend längerer Einwirkzeit gewählt,
- ☐ tatsächliche Bauteiltemperatur berücksichtigt,
- ☐ Aufheiz- und Abkühlverhalten beobachtet,
- ☐ übermäßige Erwärmung vermieden,
- ☐ Bauteil während des Prozesses formstabil unterstützt.

Nach der Beschichtung

- ☐ vollständige Vernetzung und Aushärtung geprüft,
- ☐ Haftung, Oberfläche und Schichtdicke geprüft,
- ☐ Abdeckung der Schnitt-, Bohr-, Umform- und Fügestellen geprüft,
- ☐ Maßhaltigkeit, Winkel und Rückfederung geprüft,
- ☐ Deckblechversatz, Verzug und Durchhang geprüft,
- ☐ Austritt oder thermische Schädigung der Zwischenschicht ausgeschlossen,
- ☐ Delamination ausgeschlossen,
- ☐ Korrosionsschutz geprüft,
- ☐ Prozessdaten und Prüfergebnis dokumentiert.

Bemerkungen / festgestellte Abweichungen:

Ergebnis / Freigabe: _____ Datum / Unterschrift: _____

Anhang G · Schnellcheck Prozessqualifizierung und Serienfreigabe

Bauteil / Artikel	Zeichnung / Index	Auftrag / Charge	Datum	Prüfer

- ☐ tatsächlicher Material- und Schichtaufbau verwendet,
- ☐ Ziel und kritische Qualitätsmerkmale festgelegt,
- ☐ Bearbeitungsreihenfolge und Kantfolge dokumentiert,
- ☐ Werkzeuge, Maschinen und Programme eindeutig zugeordnet,
- ☐ Konditionierungsbedingungen und erforderliche Prozess- beziehungsweise Bauteiltemperaturen festgelegt,
- ☐ Schnittkanten- und Umformprüfungen definiert,
- ☐ Füge- und Beschichtungsparameter festgelegt,
- ☐ Annahmekriterien und Prüfumfang definiert,
- ☐ Musterteil vollständig geprüft,
- ☐ Abweichungen und Nacharbeiten bewertet,
- ☐ freigegebenes Referenzmuster beziehungsweise dokumentierte Erstmusterprüfung vorhanden,
- ☐ Arbeits- und Sicherheitsanweisungen verfügbar,
- ☐ Serienparameter dokumentiert,
- ☐ Änderungen mit Requalifizierungspflicht festgelegt.

Bemerkungen / festgestellte Abweichungen:

Serienfreigabe erteilt: ☐ Ja ☐ Nein ☐ mit Auflagen

Freigegeben durch: _____ Datum / Unterschrift: _____