

3 D-MID Technologie - Räumliche Elektronische Baugruppen

Herstellungsverfahren, Gebrauchsanforderungen, Materialkennwerte

von

Elektronische Baugruppen e.V Forschungsvereinigung Räumliche

1. Auflage

3 D-MID Technologie - Räumliche Elektronische Baugruppen – Forschungsvereinigung Räumliche

schnell und portofrei erhältlich bei beck-shop.de DIE FACHBUCHHANDLUNG

Hanser München 2004

Verlag C.H. Beck im Internet:

www.beck.de

ISBN 978 3 446 22720 0

9 Technologiedaten der MID- Herstellungsverfahren

9.1 Technische Möglichkeiten und techn.-wirtschaftl. Unterschiede der Verfahren im Vergleich

Vor der konkreten Realisierung einer MID-Anwendung ergeben sich für den potentiellen Anwender noch eine Reihe von technischen Einzelfragen wie z. B.:

- Wie werden die Metallschichten bzw. Leiterbahnen aufgebracht ?
- Welche Beschichtungen sind möglich und welcher Schichtaufbau?
- Gibt es verfahrensbedingte Begrenzungen für die zu beschichtenden Flächen?
- Welcher Kunststoff ist im Einzelfall geeignet? usw.

Dazu wurden aus den drei Bereichen Metallisierung, geometrische Kenngrößen und einsetzbare Materialien in Zusammenarbeit mit den MID-Herstellern Erfahrungswerte zusammengestellt, die den Wissensstand zum Zeitpunkt der Drucklegung darstellen (Tabelle 9.1). Angegebene Werte sind als Richtwerte zu verstehen. Im Einzelfall kann es angeraten sein, mit dem MID-Hersteller die Anwendung zu beraten. Eine Liste der MID-Hersteller ist in Abschnitt 13 abgedruckt.

In Tabelle 9.2 sind weitere technische und wirtschaftliche Unterscheidungskriterien für eine Auswahldiskussion zusammengefasst.

Die wichtigsten Verfahren zur Aufbringung der Leiterbahnen sowie von sendenden bzw. schirmenden Flächen werden im Einzelnen kurz beschrieben und kritisch bewertet. Es sind dies:

- Zweikomponentenspritzgießen,
- Heißprägen,
- Maskenbelichtungsverfahren,
- Laserstrukturierung,
- Folienhinterspritzen,
- Weitere Varianten.

Für Leser, die mit der Materie noch nicht so vertraut sind, werden im Kapitel 9.2 die einzelnen Verfahren ausführlicher dargestellt.

Tabelle 9.1 Technische Daten für die MID-Herstellung

	Heißprägen	Maskenbelichtungsverfahren	Laserstrukturierung	Zweikomponentenspritzguss	Folienhinterspritzen
Metallschichtdicke Grundmetallisierung	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu
Minimal [μm]	12	5	2	1	2
maximal [μm]	100	70	50	35	50
Metallschichtdicke Oberflächenveredelung	Sn Ni Au	Sn Ni Au	Sn Ni Au	Sn Ni Au	Sn Ni Au
minimal [μm]	0,5 1 0,1	5 1 0,1	2 3 0,1	1 0,1	1 0,1
maximal [μm]	5 5 2	13 12 1	15 5 0,2	12 0,8	5 1
Metallisierungsfläche, maximal [cm^2]	^{1) 3)}	2500	400	²⁾	²⁾
Ausdehnung in z- Richtung [mm]	³⁾	230	200	200	200
kleinste Leiterbahn- breite [μm]	200	125	80	250	100
kleinste Isolierbreite [μm]	300	125	40	250	100
bisher eingesetzte Materialien; Serieneinsatz	ABS, PA, PBT, PC+ABS PPS	PEI, PPA, PET, PC+PBT	PEI, PA, LCP	Metallisier- bar: PES, PEI, LCP, PA, PPA, ABS Nicht metalli- sierbar: ABS+PSU, PPA, PBT, PPS, PES, PC, PA	PEI, PSU, PBT, PC, PPS,
bisher eingesetzte Materialien; Vorse- rieneinsatz	alle außer LCP		ABS, PC, PC+ABS, PBT, PI, PET	PC+ABS	PC/PBT, PET, PEN

¹⁾ begrenzt durch verfügbare Prägefolie²⁾ begrenzt durch Galvanikbadgröße³⁾ begrenzt durch verfügbare Prägemaschine

Die dargestellten Werte sind als Richtwerte zum Zeitpunkt der Drucklegung zu verstehen. Im Einzelfall wird empfohlen mit dem jeweiligen Hersteller Rücksprache zu halten.

Das **Heißprägen** zeichnet sich durch niedrige Investitionskosten für den Prägestempel, sowie hohe Effizienz des Herstellungsprozesses aus. Nach dem Spritzgießen wird in einem Arbeitsschritt die Struktur der Leiterbahnen aufgebracht. Es ist dazu kein nasschemischer Prozess erforderlich. Die heißgeprägten MID eignen sich deshalb gut für dekorative Oberflächen. Für eine Änderung des Leiterbahnlayouts ist nur der Prägestempel zu ändern.

Ein anderer Schichtaufbau kann durch die Wahl einer anderen Prägefolie realisiert werden. Die Prägefolien sind in den üblichen Kupferschichtdicken und mit unterschiedlichen Oberflächenveredelungen erhältlich. Bei der Heißprägetechnik sind Durchkontaktierungen durch Füllen der Bohrungen mit Leitpaste zu realisieren. In Ausnahmefällen kann auch eine ausreichende EMV-Abschirmung erreicht werden.

Tabelle 9.2 Technisch-wirtschaftliche Möglichkeiten der MID-Herstellungsverfahren

	Heißprägen	Maskenbelichtungsverfahren	Laserstrukturierung	Zweikomponentenspritzguss	Folienhinterspritzen
Gestaltungsfreiheit	-	0	0	+	- ¹⁾ 0 ²⁾
Flexibilität bezüglich Layoutänderungen	0	0	+	-	0
Eignung für EMV-Abschirmung	-	+	+	+	-
Investitionskosten	+	0	0	-	0
Durchkontaktierung mit/ ohne Zusatzmaßnahmen	mit	ohne	ohne	ohne	ohne
Eignung für dekorative Oberflächen	+	0	0	0	+
Effizienz des Herstellungsprozess	+	-	-	+	+
Flexibilität bezüglich des Schichtaufbaus	0	+	+	+	0

+ = sehr gut 0 = mittel - = schwach ¹⁾ klassische Flex-Leiterplatte ²⁾ Primertechnologie

Das **Maskenbelichtungsverfahren** eignet sich sehr gut für die gleichzeitige EMV-Abschirmung und hat eine hohe Flexibilität hinsichtlich des Schichtaufbaus. Die Gestaltungsfreiheit ist gut, und es gibt nur wenige Einschränkungen. Durch die Verwendung einer dreidimensionalen Photomaske können definierte Strukturen dort erzeugt werden, wo die Maske direkt am MID anliegt. Die Einstufung mit "0" in der Tabelle erfolgte in Relation zum Zweikomponentenspritzgießen, bei dem eine noch höhere Gestaltungsfreiheit gegeben ist. Layoutänderungen der Leiterbahngeometrie

können durch Änderung des Photomaskenbildes erfolgen und sind schnell und mit geringem Arbeitsaufwand möglich. Die Investitionskosten setzen sich aus dem Aufwand für das Spritzgießwerkzeug und die Photomaske zusammen. Der Spritzling durchläuft beim Maskenbelichtungsverfahren nasschemische Arbeitsschritte. Durchkontaktierungen sind deshalb ohne Zusatzmaßnahmen erreichbar. Das Verfahren eignet sich allerdings wegen einiger Ätzschritte nur bedingt für den Einsatz als dekorative Oberfläche. Der Herstellungsprozess ist dem der konventionellen Leiterplatten ähnlich und erfordert zahlreiche Arbeitsschritte.

Die **Laserstrukturierung** weist eine hohe Flexibilität bezüglich des Schichtaufbaus auf. Im Prinzip wird vor der Strukturierung der Leiterbahnen das Werkstück ganzflächig erst nasschemisch und dann elektrolytisch bis zur gewünschten Endschichtdicke verkupfert. Bohrungen, die beim Spritzgießen des Formteils mitgeformt wurden, werden während der Metallisierung durchkontaktiert. Die Leiterbahnen werden anschließend sequentiell mit dem Laser aus der Verkupferung frei geschnitten. Die umgebende, nicht mehr benötigte Kupferschicht wird nicht abgetragen und steht als EMV-Abschirmung oder zur Wärmeableitung zur Verfügung. Die Flexibilität hinsichtlich Layoutänderung ist sehr hoch und kostengünstig, da nur das Laserablaufprogramm umgeschrieben werden muss. Als Investitionskosten fallen die Kosten für das Spritzgießwerkzeug und für das Laser-Beschriftungsprogramm an. Die Gestaltungsfreiheit beim Laser-Direkt-Strukturieren ist höher als die, die das Heißprägen und das Folienhinterspritzen bieten. Eine Eignung für dekorative Oberflächen ist dann gegeben, wenn die Metalloberfläche als Oberfläche des Bauteils den Anforderungen entspricht. Die verschiedenen Möglichkeiten und Abwandlungen des Verfahrens werden im Kapitel 9.2.3 näher beschrieben.

Das **Zweikomponentenspritzgießen** bietet die größte Gestaltungsfreiheit aller MID-Herstellungsverfahren. Für andere Verfahren problematische Leiterbahngeometrien, wie z. B. Leiterbahnen auf in Vertiefungen liegenden Freiformflächen sowie Durchkontaktierungen können mit dem Zweikomponentenspritzgießen realisiert werden. Bei diesem Verfahren werden eine metallisierbare und eine nicht metallisierbare Werkstoffkomponente in zwei Arbeitsschritten aufeinander gespritzt. Beim zweiten Schuss wird dabei das Werkstück im Werkzeug auf den Flächen abgestützt, die während des ersten Schusses schon ihre endgültige Kontur erhalten haben. Für die EMV-Abschirmung ist zu berücksichtigen, dass die leitenden Flächen nur auf den metallisierbaren Oberflächenbereichen aufgebaut werden können. Die Investitionskosten bestehen hauptsächlich aus den Herstellkosten für das Spritzgusswerkzeug mit den beiden Kavitäten. Bei Layoutänderung der Leiterbahngeometrie müssen meistens beide Kavitäten umgearbeitet oder neu erstellt werden. Nach dem Spritzgießen wird die Oberfläche des metallisierbaren Kunststoffes aktiviert und die gewünschte Kupferschichtdicke chemisch oder galvanisch aufgebracht. Im anschließenden Schritt wird

die vorgesehene Oberflächenveredelung, z. B. Ni–Au, appliziert. Das Zweikomponentenspritzgießen eignet sich wegen der Verwendung von nasschemischen Bädern nur bedingt für dekorative Oberflächen. Da die Strukturierung der Leiterbahnen direkt beim Spritzgießen stattfindet, ist die Prozesskette kurz und effizient.

Das **Folienhinterspritzen** zeichnet sich durch eine kurze Prozesskette aus und eignet sich unter bestimmten Voraussetzungen für dekorative Oberflächen. Die Leiterfolie kann mit herkömmlicher subtraktiver Flex-Leiterplattentechnik oder additiv mittels Primertechnologie sowie im Heißprägeverfahren strukturiert werden. In allen Verfahren sind Durchkontaktierungen möglich. Die Besonderheit des Folienhinterspritzens ist die separate Strukturierung des Schaltungsbildes in der Ebene und die nachträgliche Formstabilisierung der Folie zum MID-Bauteil durch Hinterspritztechnik. Darüber hinaus bietet das Verfahren als einziges MID-Herstellungsverfahren die Möglichkeit ohne Zusatzaufwand, flexible Anschlussflächen außerhalb der hinterspritzten Bereiche in ein MID-Teil zu integrieren. Die Gestaltungsfreiheit des Bauteils wird beim Hinterspritzen von subtraktiv erzeugten Flex-Leiterplatten auf einfache Geometrien limitiert, da die Verformbarkeit der kupferstrukturierten Folien auf Grund der geringen Bruchdehnung der Kupferleiterbahnen begrenzt ist.

Durch eine Verfahrensvariante der Primertechnologie wird dieser Nachteil dadurch umgangen, dass zwischen Primer- Strukturierung der Folie und dem Einlegen in die Werkzeugkavität ein Umformprozess stattfindet. Erst nach dem Hinterspritzen der Folie wird das MID-Bauteil dann metallisiert (s. Kapitel 9.2.5).

9.2 MID-Herstellungsverfahren

In diesem Kapitel werden die wichtigsten MID-Herstellungsverfahren und einige Varianten vorgestellt. Neben der graphischen Darstellung der Verfahrensschritte werden die Möglichkeiten und Grenzen der jeweiligen Verfahren aufgezeigt. Bei der Herstellung der Basisformteile wird zwischen Ein- und Zweikomponentenspritzguss- sowie Insert Molding-Verfahren unterschieden (Bild 9.1).

Bei allen Herstellungsverfahren, außer dem Heißprägen und Stanzgitterumspritzen, müssen die Oberflächen entweder der Kunststoff-Formteile oder der verwendeten Folien mit, auf chemisch-galvanischem Weg hergestellten, metallisierten Schichten versehen werden. Ein wesentlicher Bestandteil ist dabei die Vorbereitung der Oberflächen auf das Metallisieren. Dazu gibt es verschiedene Vorbehandlungsverfahren, die als ergänzende Information im Kapitel 9.2.6 beschrieben werden.

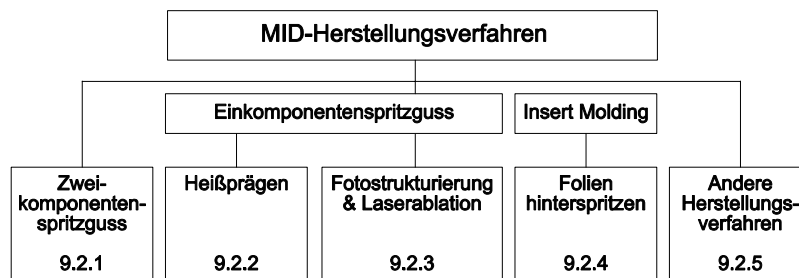


Bild 9.1 Zur Auswahl stehende Herstellungsverfahren

Die Entscheidung für ein bestimmtes MID-Herstellungsverfahren ist komplex. Sie hängt sowohl von den Randbedingungen, die für eine Anwendung gegeben sind, als auch von der Geometrie des Bauteils und den Investitionskosten für das MID-Herstellungsverfahren ab. Einen Leitfaden zur Auswahl des geeigneten Verfahrens enthält Kapitel 9.3.

9.2.1 Zweikomponentenspritzguss

9.2.1.1 Verfahrensbeschreibung

Mit dieser Bezeichnung wurde früher nur das Verfahren bezeichnet, bei dem zwei Materialien ineinander gespritzt werden. Hier geht es aber darum, dass zwei Kunststoffe aufeinander gespritzt werden. Dieses Verfahren wiederum wurde früher Zweifarbenspritzgießen genannt. Mit ihm wurden bevorzugt Schreibmaschinentasten, Schaltknöpfe und ähnliches dadurch hergestellt, dass zunächst eine Kappe mit einer Aussparung in Form des darzustellenden Zeichens spritzgegossen wurde. Diese wurde dann mit einem andersfarbigen Material hinterspritzt, wobei die Aussparung für das Zeichen ausgefüllt wurde.

Bei dem hier zu beschreibenden Verfahren geht man in ähnlicher Weise vor. Für den ersten "Schuss" kann zunächst ein **metallisierbarer**, nicht elektrisch leitender Kunststoff verwendet. Dabei wird die Leiterbahngeometrie des MID erhaben abgebildet. Im zweiten Schuss werden die Bereiche zwischen den Leiterbahnen mit einem **nicht metallisierbaren** Kunststoff aufgefüllt (Bild 9.2 Variante A).

Alternativ kann im ersten Schuss die Leiterbahnstruktur als Vertiefung aus der nicht metallisierbaren Komponente gespritzt und im zweiten Schuss mit der metallisierbaren Komponente aufgefüllt werden (Bild 9.2, Variante B). Nach dem zweiten Schuss hat das MID-Basisteil seine endgültige geometrische Form und es werden in den nachfolgenden Schritten die entsprechenden Metalle auf den metallisierbaren Kunst-

stoff aufgebracht. Hierzu wird zunächst die Oberfläche des metallisierbaren Kunststoffes aktiviert. Auf diese aktivierte Oberfläche wird galvanisch Kupfer bis zur gewünschten Stärke aufgebracht. Je nach Anwendungsfall wird abschließend noch das gewünschte Oberflächenfinish appliziert.

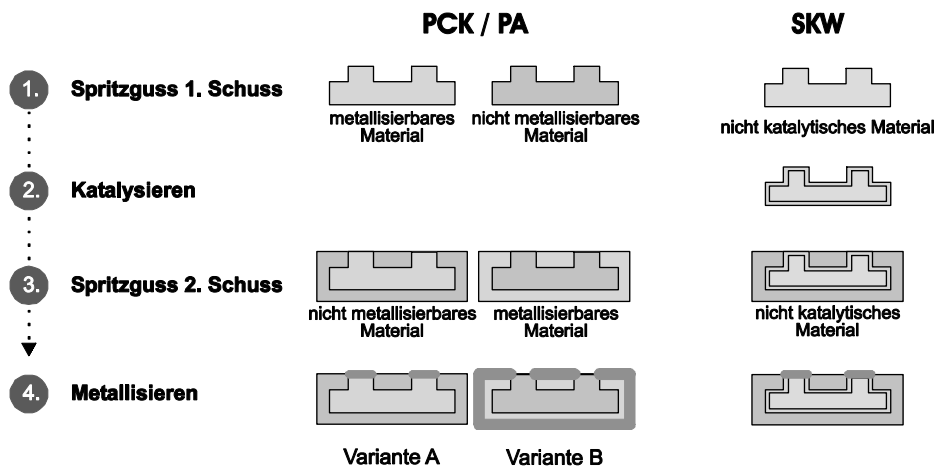


Bild 9.2 Varianten des Zweikomponentenspritzgusses

Die Varianten A und B in Bild 9.2 stellen z.B. das PCK-Verfahren (PCK = Printed Circuit Board Kollmorgen) dar. Bei diesem Verfahren wird dem metallisierbaren Kunststoff Palladium beigemischt, das als Keim für die Metallisierung dient. Bei anderen Verfahren, die entsprechend den Varianten A und B ablaufen, kommen inhärent metallisierbare Kunststoffe zum Einsatz. Variante C stellt das SKW-Verfahren (SKW = Sankyo Kasei Wiring Board) dar.

Das Zweikomponentenspritzgießen (Bild 9.3) bietet die größte geometrische Freiheit aller MID-Herstellungsverfahren. Schwierige Leiterbahngeometrien und Durchkontaktierungen sind in diesem Verfahren realisierbar. Die Strukturierung der Leiterbahngeometrie erfolgt während des Spritzgießens. Die kleinste Leiterbahnbreite liegt bei 0,25 mm. Sie ist abhängig von den Fließeigenschaften des Kunststoffes und den Fließlängen im Werkzeug. Wegen der kurzen Prozesskette ergeben sich für große Serien geringe Stückkosten.

Für das Spritzen des ersten und zweiten Schusses sind unterschiedliche Kavitäten notwendig. Die beiden verwendeten Kunststoffe müssen entweder eine gute so genannte Schmelzeverträglichkeit aufweisen, damit sich beim Aufeinanderspritzen eine gute Haftung ergibt oder es muss für eine mechanische Verankerung gesorgt sein.. Daher steht für das hier beschriebene Verfahren zwar nur eine begrenzte Auswahl geeigneter Werkstoffkombinationen zur Verfügung, dafür lassen sich die so herge-

stellten Basisformteile aber problemlos und ohne vorherige Trennung der Komponenten rezyklieren.

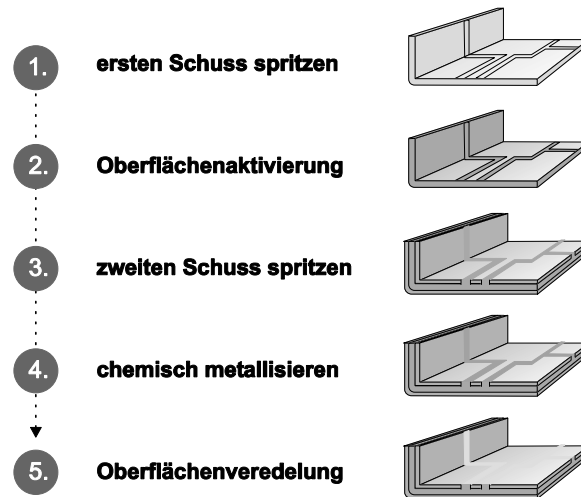


Bild 9.3 Herstellungsschritte beim Zweikomponentenspritzguss

Der Zweikomponentenspritzguss ist durch folgende Punkte charakterisiert:

- Größte geometrische Freiheit aller MID-Herstellungsverfahren
- Geometrische Freiheit nur durch Spritzgießbarkeit beschränkt
- Strukturierung erfolgt durch zwei Werkzeugkavitäten
- hohe Ströme realisierbar
- kurze Prozesskette
- geringe Stückkosten für große Serien
- Durchkontaktierungen problemlos
- Fine Pitch eingeschränkt möglich
- Dekorative Oberflächen begrenzt möglich

Tabelle 9.3 Geometrische Grenzen beim 2K-Spritzguss (in mm)

Design-Grenzen	LCP/SPS	PEI	PPA	PES	PA
Leiterbahnbreite	0,25	0,6	0,4	0,6	0,5
Leiterbahnzwischenraum	0,25	0,6	0,4	0,6	0,5
Min Lochdurchmesser	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Aspektverhältnis Länge/Durchmesser	<6:1	<6:1	<6:1	<6:1	<6:1

Min Stiftdurchmesser	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Stiftlänge bei min Stift- durchmesser	2	2	2	2	2
Wandstärke 1. Schuss	0,25	0,8	0,8	0,8	0,8
Wandstärke 2. Schuss	0,25	1	1	1	1

9.2.1.2 Metallisierung von 2K-Teilen

Bei der chemischen Metallisierung von 2K-Teilen für 3D-MID-Anwendungen soll der eine Kunststoff (Leiterbahnen u. a.) haftfest metallisiert werden, während der andere (Substrat) unbeschichtet bleibt. Zur Metallisierung von Standardkunststoffen sind eine Reihe von Verfahren bekannt, die aber bei neuen Formulierungen dieser Kunststoffe mit anderen Füllstoffen oder für neuartige Blends überarbeitet werden müssen (Tabelle 9.4). Bei Kombinationen muss der Beschichtungsgang oft neu ausgearbeitet werden.

Bei allen Metallisierungsverfahren spielt die Aufrauung der Kunststoffoberfläche mittels Quellen und Beizen eine entscheidende Rolle, um zu haftfesten Beschichtungen zu kommen. Bei den 2K-Kunststoffen ist das besondere Problem, dass der zweite, nicht zu beschichtende, Kunststoff von Queller und Beize nicht angegriffen werden darf.

Um die chemische Metallabscheidung in einem Metallisierungsbad zu starten, müssen sich auf der aufgerauten Kunststoffoberfläche Edelmetallkeime (z. B. Palladium) als Katalysator verankern. Diese Keime dürfen sich natürlich nicht auf der Oberfläche des nicht zu beschichtenden Kunststoffes festsetzen, ansonsten können dort unerwünschte Metallisierungen auftreten.

Tabelle 9.4 Beispielhafter schematischer Verfahrensablauf der Kunststoffmetallisierung

Chemische Beschichtung	ABS und PC/ABS 1. Arbeitsgang	ABS und PC/ABS 2. Arbeitsgang	PA-Arbeitsgang 3. Arbeitsgang
Beizen	Chromschwefelsäure	Chromschwefelsäure	Beizqueller für PA
Reduzieren	-	Cr(VI)-Reduktion	-
Palladium- Bekeimung	ionogenes Pd	kolloidales Pd	ionogenes Pd
Beschleunigen	Pd reduzieren	Zinn entfernen	Pd reduzieren
Chem. Vernickelung	1-2 µm Ni	1-2 µm Ni	1-2 µm Ni
Aktivierung	verdünnte Säure	verdünnte Säure	verdünnte Säure
Chem. Verkupferung	15-25 µm Cu	15-25 µm Cu	15-25 µm Cu

Unter chemischer (stromloser, außenstromloser) Vernickelung und Verkupferung versteht man die Abscheidung eines Metalls ohne Anlegen eines äußeren Stroms. Die vorher aufgetragenen Palladiumkeime dienen als Zerfallszentren für die stabilisierten Nickel- bzw. Kupferlösungen. Die Badführung der chemischen Nickel- bzw. Kupferbäder ist aufwendig, da sie sehr genau analytisch überwacht und korrigiert werden müssen. Um das Kupferbad vor Palladiumkeimen zu schützen und aufgrund besserer Haftfestigkeitswerte, werden die Kunststoffteile zuerst vernickelt. Die Kupferschichten werden anschließend passiviert, um Anlaufschichten zu verhindern.

Es wird eine Beschichtungsanlage mit mehreren Badbehältern benötigt. Die Behandlungsflüssigkeiten sollten je nach gewünschter Bedingung beheizt, gerührt, umgepumpt oder mit Lufteinblasung betreibbar sein. Für das chemische Verkupfern sind Badbehälter mit automatischer Analysenkontrolle und Zudosierung der fehlenden Chemikalien notwendig.

In Tabelle 9.5 sind beispielhaft die qualitativen Versuchsergebnisse der chemischen Metallisierung von 2K-Probeteilen zusammengefasst.

Tabelle 9.5 Versuchsergebnisse der Kunststoffmetallisierung (3-D MID)

	Kunststoff-Kombination		Arbeitsgang	Ergebnis der Metallisierung		Bewertung als 2 K-Teil
	metallis. K.	nicht met. K.		metallis. K.	nicht metallis. K.	
1a	PC/ABS	PC	2	mittel	ohne Cu	mittel
1b	PC/ABS	PC	1	gut	ohne Cu	gut
2	ABS1	PBT	1	gut	teilweise beschichtet	schlecht
3	ABS1	ASA	1	gut	beschichtet	schlecht
4	PA 46-GF	PA 6/6T-GF	3	schlecht	ohne Cu	schlecht
5	PA 66-GF	PA 6/6T	3	gut	ohne Cu	sehr gut
6	PA 66-GF	PA 6/6T-GF	3	gut	ohne Cu (poliert. Werkzeug)	gut
7	PA 66-GF	PA 6/6T-M	3	gut	ohne Cu	sehr gut

Es zeigt sich, dass von den hier aufgeführten Kunststoffkombinationen nur PC/ABS // PC bzw. PA 66 // PA 6/6T für 2 K-Teile in Frage kommen. Die anderen Kombinationen sind nicht geeignet. Weiterhin sind Kombinationen aus LCP / LCP, PPA / PPS und sPS /sPS im Serieneinsatz.

Die partielle Beschichtung von 2K-Spritzguss-Teilen ist nur bei bestimmten Kunststoffkombinationen möglich. Die Kunststoff-Verarbeitungsparameter (z. B. Werkzeugtemperatur, Einspritzgeschwindigkeit) haben einen großen Einfluss auf die Metallisierbarkeit sowie die Haftfestigkeit der Metallschichten auf dem Substrat. Beim Spritzen von 2K-Teilen dürfen zwischen den beiden Komponenten keine Lücken auftreten, da dort Chemikalienreste verbleiben könnten.

2K-Spritzguss-Teile partiell (nur auf den Leiterbahnen) zu metallisieren ist eine gute Möglichkeit für 3D-MID-Teile, wenn die richtige Kunststoffkombination verwendet wird. Die Dreidimensionalität des Schaltungsträgers spielt bei der Metallisierung nur eine untergeordnete Rolle, da die Schichtdicke der chemischen Kupferschichten bei richtiger Benetzung überall gleich ist. Die Metallisierung ist aber aufgrund der geringen Abscheideraten der chemischen Kupferbäder zeitaufwendig. Die Beschichtungskosten sind stark von der Auslastung der Beschichtungsanlage abhängig. Es entfallen der Aufwand und die Kosten für die Strukturierung eines 1K-Teils.

9.2.1.3 Gestaltungsrichtlinien

Diese folgenden Gestaltungsrichtlinien umfassen sowohl die Konzeption und Konstruktion des Spritzgießwerkzeuges hinsichtlich einer spritzgießgerechten Gestaltung als auch die Herstellung der Bauteile hinsichtlich einer metallisierungsgerechten Verarbeitung.

Abdichten der Leiterbahn

Bei der Herstellung von 2K-MID ist auf eine sichere Abdichtung der Leiterbahnen zu achten. Hierzu sind die Leiterbahnen bevorzugt über eine Fläche abzudichten, auf die die Schließkraft der Spritzgießmaschine senkrecht wirkt. Eine Abdichtung zur Gehäusewand sollte über eine umlaufende Dichtfläche, die senkrecht zur Schließkraft der Spritzgießmaschine liegt, erfolgen, um eine sichere Abdichtung zu gewährleisten. Ist dies nicht möglich, wie z. B. bei Durchkontaktierungen auf der Bauteilaußenseite, so muss die Überlappungslänge von Werkzeug und Vorspritzling möglichst groß gewählt werden. Des Weiteren sollten die auftretenden Spritzdrücke in den Bereichen, in denen die Abdichtung der Leiterbahn nur durch eine Überlappung von Vorspritzling und Werkzeug realisiert ist, so gering wie möglich gehalten werden, um ein Überspritzen der zu metallisierenden Bereiche zu vermeiden.

Strukturfeinheit des Leiterbildes

Die Leiterbahnbreiten und -abstände sind den Festigkeiten der verwendeten Materialien anzupassen, da es sonst zu einem Umklappen der Leiterbahnen beim Umspritzen auf Grund ungleicher Druckverhältnisse an den Flanken der Leiterbahn kommen

kann. In diesem Zusammenhang ist auch die erreichbare Fließweglänge bei gegebenen Leiterbahnabstand zu berücksichtigen, um hohe Einspritzdrücke beim 2. Schuss zu vermeiden. Hier ist allerdings ein Kompromiss hinsichtlich der zu realisierenden Fließweglängen bzw. Leiterbahnabstände zu finden.

Auch können nahe gelegene Angusspunkte zum Umklappen der Leiterbahnen aufgrund von Druckunterschieden an den Leiterbahnflanken führen. Abhilfe kann an solchen Stellen durch Barrieren geschaffen werden, die den Schmelzefluss vor der gefährdeten Leiterbahn umlenken und somit den auf die Leiterbahn wirkenden Druck reduzieren.

Spritzgerechte Layout-Entflechtung

Bereits bei der Erstellung des Leiterbahnlayouts ist auf eine spritzgießtechnisch günstige Entflechtung zu achten. So ist die Entstehung von Bindenähten am Fließwegende zu vermeiden, da durch die bereits stark abgekühlten Schmelzefronten ein Verschweißen der Schmelzeströme kaum noch möglich ist. Ebenfalls kann es bei einer ungünstigen, nicht spritzgießgerechten Entflechtung der Schaltung zu leicht vermeidbaren Entlüftungsproblemen in der Werkzeugkavität kommen.

Werkzeugentlüftung

Auch ist für eine ausreichende Entlüftung der Werkzeugkavität beim Umspritzen mit der 2. Komponente zu sorgen, um die komplette Formfüllung zu erreichen bzw. zu vereinfachen. Ist für eine gute Werkzeugentlüftung beim Umspritzen des Vorspritzlings gesorgt, kann der benötigte Einspritzdruck niedrig gehalten werden. Ein niedrigeres Einspritzdruckniveau in der gesamten Kavität reduziert wiederum die Gefahr, dass es zu Deformationen von Leiterbahnen kommt.

Fließhilfen und Abstütungen

Soll ein Vorspritzling auf Ober- und Unterseite umspritzt werden, so kommt es häufig aufgrund der ungleichen Druckverteilung zwischen Ober- und Unterseite oder durch Voreilen der Schmelze auf einer der beiden Seiten zu einer Deformation des Vorspritzlings. In Folge der Deformation des Vorspritzlings beim Umspritzen kann es zu einem Überdecken der 1. Komponente mit der 2. Komponente kommen.

Fließhilfen in Form von Durchbrüchen können beim Umspritzen des Vorspritzlings einen Druckausgleich bzw. eine zeitgleiche Füllung von Unterseite und Oberseite erzielen und eine Deformation des Vorspritzlings vermeiden.

Sollte ein Druckausgleich nicht möglich sein, so kann auch durch Abstützung des Vorspritzlings in der Kavität des 2. Schusses eine Deformation des Vorspritzlings vermieden werden, jedoch sind die Oberflächen dieser Abstütungen an der Bauteil-

oberfläche zu sehen und werden in Folge dessen bei der Metallisierung mit einer Metallschicht überzogen.

Auf die Metallisierung abgestimmte Spritzparameter

Die Wahl der Spritzgießparameter hat einen entscheidenden Einfluss auf die Haftfestigkeit der Metallschicht bei einer chemischen Metallisierung. Es ist daher empfehlenswert, die Massetemperatur, die Werkzeugtemperatur und die Einspritzgeschwindigkeit dem Metallisierungsprozess anzupassen.

So sollten bei PA 66-GF die Werkzeugtemperatur möglichst niedrig gehalten werden, um eine möglichst stark ausgeprägte Randschicht zu erhalten. Bei der Verarbeitung von PA 6/6T-GF ist wiederum eine höhere Werkzeugtemperatur zur Vermeidung von Fremdabscheidungen hilfreich. Ebenso wird die Formfüllung beim Einspritzen der 2. Komponente durch die höhere Werkzeugtemperatur erleichtert. Hierzu muss jedoch eine thermische Trennung der Einzelkavitäten vorliegen.

Bei den ABS-Kombinationen wird nur dann eine gute Haftfestigkeit der Metallisierung erzielt, wenn beim Spritzgießen mit einer höheren Masse- und Werkzeugtemperatur und einer kleinen Einspritzgeschwindigkeit gearbeitet wurde, da es sonst zu einer Verstreckung der Butadienpartikel im ABS kommt.

Polierte Werkzeugoberflächen

Bei der Materialkombination PA 66-GF // PA 6/6T-GF kann durch Polieren der Werkzeugoberfläche der Kavität für die nicht zu metallisierende Komponente eine Reduzierung der Fremdabscheidungen erreicht werden.

Vermeiden von beidseitiger Metallisierung

Bei der Bauteilkonzeption ist auch eine ausreichende Möglichkeit zur Trocknung des metallisierten MID zu berücksichtigen. Gerade bei wasseraufnehmenden Kunststoffen, wie PA 66-GF und PA 6/6T-GF, kommt es bei der Metallisierung zu einer Wasseraufnahme. Beim Lötprozess verdampft im Material enthaltenes Wasser und tritt aus dem Kunststoff aus, was zu Blasenbildung führt und eine Delaminierung der Metallisierung nach sich zieht. Um dies zu Vermeiden muss nach der Metallisierung eine Wärmebehandlung zur Trocknung der MID durchgeführt werden. Damit bei diesem Prozessschritt die Feuchtigkeit entweichen kann, darf die Bauteiloberfläche nicht komplett mit einer gasdichten Metallschicht überzogen sein. Es empfiehlt sich daher eine der Bauteilseiten aus der nicht metallisierten Komponente herzustellen, damit diese bei der Metallisierung unbeschichtet bleibt. Auch sollten Bereiche die auf der einen Seite großflächig metallisierte Bereiche aufweisen, auf der anderen Seite keine Metallschicht erhalten.