

BESCHICHTUNGEN FÜR ALUMINIUM UND KUPFER

# Ideal für Elektrotechnik und E-Mobilität

Von Alexander Gramm und Simon Benzler

In modernen Fahrzeugen mit elektrischem Voll-/Teil-Antrieb wird nach wie vor auf Kupfer als Leiter gesetzt. Doch Aluminium ist leichter und wirtschaftlicher. Der Ersatz von E-Kupfer durch Aluminium macht technische Anpassungen für höhere Temperaturen und hohe Leitfähigkeitsanforderungen notwendig.

Aluminium und beschichtete Kupferlegierungen spielen eine große Rolle bei Elektromobilität und regenerativer Stromübertragung. Der Anteil an Aluminium im Fahrzeugbau steigt im Zeitalter der Elektromobilität immer



stärker an. Bislang wird Aluminium vorwiegend für Motor und Getriebe beim Verbrenner eingesetzt. Bei Elektroautos und Brennstoffzellen-Fahrzeugen wird es noch wichtiger, das Fahrzeuggewicht zu senken und größere Leistungsreichweiten durch intelligente Werkstoff- und Beschichtungslösungen zu erzielen.

Konventionelle Aluminium-Strom-Verbinders sind unbeschichtet nicht dauerhaft stabil aufgrund ihres „Kriech- & Korrosionsverhaltens“. Auch direkte Schweiß-Verbindungen von Aluminium und Kupfer zeigen elektrochemische Korrosionsaktivität. Diesen

Problemen begegnen die Fachleute bei der Gramm Technik GmbH, im Rahmen von anspruchsvollen Kundenapplikationen in der SF6-Hochspannungs- und Bus-Bar-Stromschienentechnik sowie in vielen E-Mobilitätsanforderungen, durch langjährig felderprobte Beschichtungsverfahren.

**Applikations-Beispiele**

Aluminium- und Kupferlegierungen werden Applikations-orientiert mit edleren Metallen beschichtet. So wird die Bildung korrosiver Elemente auf unkritisch außenliegende Stellen verlagert oder ganz verhindert. Die geringere elektrische Leitfähigkeit von Aluminium benötigt etwa 60 Prozent größere Leitungsquerschnitte bei der Konstruktion. Die Wahl von duktilen Beschichtungs-Werkstoffen wie Nickel-Sulfamat oder Zinn reduziert gleichzeitig die Kosten durch die Biege- und Anpassungsfähigkeit der gesamten Konstruktion. Wie die Automobilindustrie zeigt, werden selbst in Hochvoltbordnetzen oder in Leiterplatten-Konstruktionen bereits Aluminium-Werkstoffe verbaut.

Geringe Widerstandswerte im Leiter erreicht man durch die Verwendung eines Beschichtungs-Materials mit bestmöglicher Leitfähigkeit wie Gold, Silber, Kupfer und Aluminium. Bei Aluminium ist hervorzuheben, dass es neben einer sehr guten Leitfähigkeit auch eine ausgesprochen niedrige Masse aufweist. Aus diesem Grund

kommt Aluminium als stromführendes Element gemeinsam mit Beschichtungen in der gesamten Elektromobilität eine Schlüsselrolle zu. Mittelspannungs-Anlagen können mit Nickel als Basisschicht und Diffusionsbarriere bei thermisch belasteten Bauteilen und Zinn auf Aluminium- oder Kupfer-Werkstoffen beschichtet werden.

**GST-Selektiv-Beschichtung**

Das GALVANAL®-Verfahren ermöglicht ein Wisser-freies Schichtsystem nach VDE. Schichtdicken je nach Applikation sind typisch 5 bis 15 µm. Aluminium baut eine natürliche Oxidschicht auf, die ohne Beschichtung einen erhöhten Übergangswiderstand mit dem Risiko zur Kurzschlussbildung führt. Nachfolgend beschriebene Schichtsysteme ermöglichen geringe Übergangswiderstände und Leistungsverluste.

Gramm Technik GmbH ist bekannt für seine GST-Selektiv-Beschichtung. Diese ermöglicht bei kleinen Batterieverbindern und Elektrokontakten, aber auch bei großen Hochspannungskontakten, optimale Schichtsysteme, von hochleitenden (20KV) Silberbeschichtungen gegen S-Korrosion passiviert und dekorative funktionelle mit Gleiteigenschaft und Korrosionsschutz belegt. Polymerbeschichtungen wie PEEK, ATL, G-VOLT und Pulverlacke wirken stromisolierend mit Schutz gegen Durchschlagsspannungen bis fünf KV. Aus wirtschaftlicher und technischer

Produkte in der Elektro-Technik		Basis-Material		Speedplater Beschichtung		Schichtaufbau			
		CU + Leg.	Al + Leg.	partiell	voll	chem. Ni	Ni Ni-Sn	Ni-Ag	Isolation
	Stromschienen 1-6 m Länge		x		x			x	
	Al-Bleche max. 2 m Länge 70 cm Breite		x		x			x	
	- Kabelklemme - Schiene - Flex-Band	x	x	x	x			x	x
	Hochstrom-Schalter	x	x	x	x			x	x
	Endlos-Band		x		x			x	

Die Grafik zeigt die verschiedenen Beschichtungsverfahren

Sicht sind häufig partielle Beschichtungen für Serienanwendungen sinnvoll. Beispiele sind zehn bis 20 Meter lange Hochspannungs-Rohre aus Aluminium mit Nickel-Silber. Beim Projekt CERN wurden 30 Kilometer Aluminium-Hochvakuumröhren mit zwölf Metern Länge mit Ni-Pb-Sn/Pb-GST-selektiv beschichtet, um Störstrahlung zu verhindern.

Seit 2017 betreibt Gramm die vollautomatische Anlagentechnik „GSP Speed-Plating“ zur selektiven und vollflächigen Beschichtung von Aluminium-Stromschienen und Kupfer-Verbindern. Gegenüber bekannten Takt-Überbebeanlagen werden hier hohe technische Vorteile und wirtschaftliche Einsparungen realisiert.

**EUROGUSS, Halle 9, Stand 9-338**

## Röntgentechnologie und CO<sub>2</sub>-Reduktion

Diegenannte Technologie wird von der Gramm Technik GmbH entwickelt. Das Unternehmen hat sich auf die Entwicklung von Röntgenanlagen für die Materialprüfung spezialisiert. Die Anlagen sind in der Lage, die Qualität von Aluminium- und Kupfer-Verbindern zu überprüfen. Dies ist besonders wichtig, da diese Materialien in der Elektrotechnik und E-Mobilität eingesetzt werden. Die Technologie ermöglicht es, die Qualität der Beschichtungen zu überprüfen und so die Lebensdauer der Bauteile zu verlängern. Dies ist ein wichtiger Schritt zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Produktion von Aluminium und Kupfer-Verbindern. Die Technologie ist auch für die Produktion von Aluminium- und Kupfer-Verbindern geeignet, die in der Elektrotechnik und E-Mobilität eingesetzt werden. Die Technologie ermöglicht es, die Qualität der Beschichtungen zu überprüfen und so die Lebensdauer der Bauteile zu verlängern. Dies ist ein wichtiger Schritt zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Produktion von Aluminium und Kupfer-Verbindern.

Diegenannte Technologie wird von der Gramm Technik GmbH entwickelt. Das Unternehmen hat sich auf die Entwicklung von Röntgenanlagen für die Materialprüfung spezialisiert. Die Anlagen sind in der Lage, die Qualität von Aluminium- und Kupfer-Verbindern zu überprüfen. Dies ist besonders wichtig, da diese Materialien in der Elektrotechnik und E-Mobilität eingesetzt werden. Die Technologie ermöglicht es, die Qualität der Beschichtungen zu überprüfen und so die Lebensdauer der Bauteile zu verlängern. Dies ist ein wichtiger Schritt zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Produktion von Aluminium und Kupfer-Verbindern. Die Technologie ist auch für die Produktion von Aluminium- und Kupfer-Verbindern geeignet, die in der Elektrotechnik und E-Mobilität eingesetzt werden. Die Technologie ermöglicht es, die Qualität der Beschichtungen zu überprüfen und so die Lebensdauer der Bauteile zu verlängern. Dies ist ein wichtiger Schritt zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Produktion von Aluminium und Kupfer-Verbindern.

Diegenannte Technologie wird von der Gramm Technik GmbH entwickelt. Das Unternehmen hat sich auf die Entwicklung von Röntgenanlagen für die Materialprüfung spezialisiert. Die Anlagen sind in der Lage, die Qualität von Aluminium- und Kupfer-Verbindern zu überprüfen. Dies ist besonders wichtig, da diese Materialien in der Elektrotechnik und E-Mobilität eingesetzt werden. Die Technologie ermöglicht es, die Qualität der Beschichtungen zu überprüfen und so die Lebensdauer der Bauteile zu verlängern. Dies ist ein wichtiger Schritt zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Produktion von Aluminium und Kupfer-Verbindern. Die Technologie ist auch für die Produktion von Aluminium- und Kupfer-Verbindern geeignet, die in der Elektrotechnik und E-Mobilität eingesetzt werden. Die Technologie ermöglicht es, die Qualität der Beschichtungen zu überprüfen und so die Lebensdauer der Bauteile zu verlängern. Dies ist ein wichtiger Schritt zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Produktion von Aluminium und Kupfer-Verbindern.

Diegenannte Technologie wird von der Gramm Technik GmbH entwickelt. Das Unternehmen hat sich auf die Entwicklung von Röntgenanlagen für die Materialprüfung spezialisiert. Die Anlagen sind in der Lage, die Qualität von Aluminium- und Kupfer-Verbindern zu überprüfen. Dies ist besonders wichtig, da diese Materialien in der Elektrotechnik und E-Mobilität eingesetzt werden. Die Technologie ermöglicht es, die Qualität der Beschichtungen zu überprüfen und so die Lebensdauer der Bauteile zu verlängern. Dies ist ein wichtiger Schritt zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Produktion von Aluminium und Kupfer-Verbindern. Die Technologie ist auch für die Produktion von Aluminium- und Kupfer-Verbindern geeignet, die in der Elektrotechnik und E-Mobilität eingesetzt werden. Die Technologie ermöglicht es, die Qualität der Beschichtungen zu überprüfen und so die Lebensdauer der Bauteile zu verlängern. Dies ist ein wichtiger Schritt zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Produktion von Aluminium und Kupfer-Verbindern.

Diegenannte Technologie wird von der Gramm Technik GmbH entwickelt. Das Unternehmen hat sich auf die Entwicklung von Röntgenanlagen für die Materialprüfung spezialisiert. Die Anlagen sind in der Lage, die Qualität von Aluminium- und Kupfer-Verbindern zu überprüfen. Dies ist besonders wichtig, da diese Materialien in der Elektrotechnik und E-Mobilität eingesetzt werden. Die Technologie ermöglicht es, die Qualität der Beschichtungen zu überprüfen und so die Lebensdauer der Bauteile zu verlängern. Dies ist ein wichtiger Schritt zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Produktion von Aluminium und Kupfer-Verbindern. Die Technologie ist auch für die Produktion von Aluminium- und Kupfer-Verbindern geeignet, die in der Elektrotechnik und E-Mobilität eingesetzt werden. Die Technologie ermöglicht es, die Qualität der Beschichtungen zu überprüfen und so die Lebensdauer der Bauteile zu verlängern. Dies ist ein wichtiger Schritt zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Produktion von Aluminium und Kupfer-Verbindern.