



SHOW NEWSPAPER

KICK-OFF EDITION

Circulation:
worldwide 50.000

powered by **Aluminium** and **ALUMINIUM** for the global aluminium industry

Praxis Zitung für
Beratung & Anweisung

INTERNATIONAL
ALUMINIUM
JOURNAL

Sonderausgabe November 2019

Klebprozesse: Vorbehandlung von Aluminiumleuchten mit Atmosphärendruckplasma

Wegweisende Entscheidung: Haftung ohne Primer

Vor nur wenigen Jahren entschied sich der schwäbische Leuchtenhersteller Waldmann zum radikalen Wandel seiner Vorbehandlungsmethode vor dem Verkleben. Statt Nasschemie sichert Atmosphärendruckplasma die geforderte hohe Haftung von jährlich tausenden von Aluminium-Leuchtgehäusen.

Die Fertigung von Industrieleuchten, insbesondere von LED-Maschinenaufbauleuchten, ist ein wichtiger Produktbereich des Herstellers. Letztere dienen zur Innenbeleuchtung von Maschinen, in denen die Gehäuse und Blenden oft hohen mechanischen Beanspruchungen, wie zum Beispiel umherfliegenden Spänen, vor allem aber auch chemischen Substanzen wie Kühlschmiermitteln und Ölen ausgesetzt sind (Bild 1). Nichts von all dem darf die Dichtigkeit der Leuchten beeinträchtigen, weshalb die Anforderungen an die Gehäuseverklebungen extrem hoch sind. Eine feste und langzeitstabile Verklebung verlangt jedoch immer eine besonders gute Vorbehandlung der Materialoberfläche.

Suche nach Alternative

Die Anwendung nasschemischer Substanzen zählt in der Industrie noch immer zu den häufigsten Vorbehandlungsmethoden. Bei Waldmann war es nicht anders. Jahrelang reinigte ein Mitarbeiter in einer separaten Vorbehandlungszelle die Klebeflächen mit Hilfe eines Baumwolltuches manuell mit lösemittelhaltigen Substanzen. Als Nächstes legte er die Teile in eine automatische Primeranlage, wo sie zunächst mit einem Aktivator und anschließend noch mit einem chemischen Haftvermittler per Filzkopfauftrag behandelt wurden. Ein vierter Arbeitsschritt sah die Entnahme und Ablage zum Ablüften der Teile vor, wonach sie schließlich per Wagen zu einer zehn Meter entfernten Klebeanlage gebracht wurden.

Schon lange suchte Waldmann nach einer Alternative zu dem Verfahren. Zum einen war der Prozess nicht umweltfreundlich, zum anderen verlangte die Verarbeitung der chemisch reaktiven Substanzen einen hohen zusätzlichen Reinigungs-, Material- und Entsorgungsaufwand. Auch mussten Faktoren wie Offenzeiten, Haltbarkeitsdaten oder die Lagerstabilität des Primers sowie der Sauberkeitszustand der Steigleitungen innerhalb der Anlage ständig im Auge behalten werden. Allein



Bild 1: Eingebaut in Maschineninnenräume müssen die Leuchten hohen mechanischen und chemischen Belastungen standhalten. Damit die Gehäuseverklebungen langzeitstabil haften, ist eine gute Vorbehandlung zwingend erforderlich.

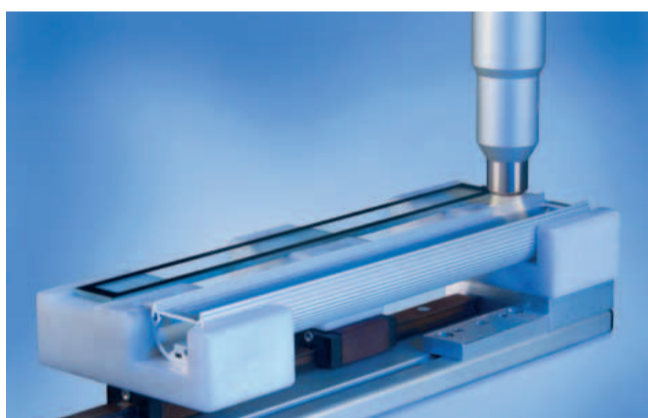


Bild 2: Sauber und umweltfreundlich: Anstatt mit lösemittelhaltigem Primer werden heute bei Waldmann die Aluminiumgehäuse von LED-Maschinenaufbauleuchten vor dem Verkleben mit Openair-Plasma mikrofein gereinigt und aktiviert

für Aktivator und Haftvermittler, für Ersatzteile, Service und Wartung der Primeranlage fielen jährlich Kosten im fünfstelligen Bereich an. Es stand fest, dass der gesamte nasschemische Prozess einem umweltfreundlichen und wirtschaftlich effizienteren weichen sollte.

Plasma statt Lösemittel

Der Umdenkungsprozess, den Waldmann bei der Vorbehandlung seiner Leuchtgehäuse vollführte, konkretisierte sich durch ein Seminar des Klebstoffherstellers Rampf, bei dem es u.a. um die umweltfreundliche Vorbehandlung von Materialoberflächen mit Atmosphärendruckplasma (AD-Plasma) ging. Genauer gesagt, um die Openair-Plasma-Technologie (Bild 2) von Plasmareat.

Das Verfahren basiert bekanntlich auf der Verwendung von Plasmadüsen. Die weltweit angewandte umweltfreundliche

Technologie benötigt für den Betrieb der Düsen allein Druckluft als Prozessgas und elektrische Energie. Dadurch werden in der Produktion Emissionen von VOC (Volatile Organic Compounds / leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe) von vornherein vermieden. Das hochwirksame Verfahren kommt vor allem bei Materialien wie Kunststoffen, Metallen, Glas und Keramik zum Einsatz.

Das Düsenplasma erledigt drei Arbeitsschritte in einem einzigen, sekundenschnellen Vorgang: Es bewirkt die trockene, mikrofeine Reinigung einer Oberfläche, deren statische Entladung und simultan ihre Aktivierung. Die Folge sind eine homogene Benetzbarkeit der Materialoberfläche und eine langzeitstabile Haftung von Verklebungen oder Beschichtungen auch bei hoher Beanspruchung. Bei der Reinigung werden durch das hohe Energieniveau des AD-Plasmas organische Stoffe

an der Oberfläche des Materials gezielt in ihrer Struktur aufgebrochen und auch empfindliche Oberflächen werden von unerwünschten Kontaminationen befreit. Durch die sehr hohe Ausströmungsgeschwindigkeit des Plasmas werden zudem lose anhaftende Partikel von der Oberfläche entfernt.

Aktivierung einer Oberfläche bedeutet, dass sie auf molekularer Ebene modifiziert und so für Nachfolgeprozesse wie beispielsweise das Kleben oder Beschichten in Hinblick auf ihre Haftungseigenschaften optimiert wird. Plasmadüsen arbeiten ortselektiv, das heißt, punktuell nur dort, wo eine Vorbehandlung auch tatsächlich erforderlich ist. Die langzeitstabile Haftung einer Verklebung setzt voraus, dass zum einen die Materialoberfläche feinstgereinigt ist, zum anderen die Oberflächenenergie (mJ/m^2) des Festkörpers größer ist, als die Oberflächenenergie (mN/m) des flüssigen Klebstoffs. Ziel der Aktivierung ist, die Oberflächenenergie soweit zu erhöhen, dass eine homogene Benetzbarkeit gesichert ist.

Zu einer deutlichen Erhöhung der Oberflächenenergie, kommt es bei einer Aktivierung durch die chemische und physikalische Wechselwirkung des Plasmas mit dem Substrat. Der Effekt zeigt sich besonders deutlich bei unpolaren Kunststoffen. Aluminium oder Glas haben von sich aus bereits eine gute Oberflächenenergie, die jedoch häufig durch Schichten von Staubablagerungen, Fetten, Ölen oder anderen Kontaminationen in Hinblick auf gute Haftungseigenschaften nicht zur Wirkung kommen kann. Hier ist es der hohe Feinreinigungseffekt des Plasmas (Bild 3), der reinigend und abtragend wirkt und die im Substrat bereits vorhandene Oberflächenenergie wieder freilegt. Der gesamte Vorbehandlungsprozess benötigt nur Se-

kunden und die Materialien können nach ihrer Reinigung und Aktivierung sofort weiterverarbeitet werden.

Sicher für elektronische Bauteile

Was Waldmann neben der Wirksamkeit und Schnelligkeit des umweltfreundlichen Plasmaverfahrens beindruckte, waren dessen hohe Prozesssicherheit und genaue Reproduzierbarkeit. Doch eine Unsicherheit blieb: Würde die elektrische Spannung im Plasmastrahl die empfindlichen LED-Baugruppen schädigen? Da in einem Teil der Waldmann-Leuchtgehäuse die Elektronik bereits verbaut ist, befürchtete er, dass das im Plasma vorhandene elektrische Potenzial Kurzschlüsse erzeugen könnte, verbunden mit der Zerstörung elektronischer Komponenten. Plasmareat bestätigte, dass diese Bedenken grundsätzlich berechtigt seien, dass die Openair-Plasma-Technik jedoch eine Besonderheit aufweise: Durch die Entwicklung spezieller Düsenköpfe sei es dem Unternehmen in den letzten Jahren gelungen, die elektrische Spannung so abzuleiten, dass das auf die Materialoberfläche auftreffende Plasma praktisch potentialfrei sei. Aus diesem Grunde sei es nun möglich, auch hochsensible Baugruppen und andere empfindliche elektronische Bauteile vorzubehandeln (Bild 4). Mit dieser Versicherung entschied sich Waldmann zur sofortigen praktischen Umsetzung.

Bewährungsprobe auf drei Werkstoffen

Der Wechsel von einem eingeführten Industrieprozess zu einem völlig anderen, ist ein großer Schritt, der viel Geduld verlangt. Vor allem, wenn die Ansprüche an die dichte Verklebung derart hoch sind und wenn – wie hier der Fall – gleichzeitig mit der Änderung

der Vorbehandlung auch noch ein neuer Klebstoff eingesetzt werden soll. Doch dem nicht genug, denn es galt nicht nur die Vorbehandlung und Verklebung auf einem Material zu testen, sondern gleich auf drei verschiedenen. Die Gehäuse der bis zu 1,20 Meter langen Maschinenaufbauleuchten bestehen aus eloxiertem bzw. hartanodisiertem Aluminium. Die die Elektronik schützenden Blenden aus keramikbeschichtetem ESG (Einscheibensicherheitsglas) bzw. einem siebbedruckten PMMA (Polymethylmethacrylat) – Kunststoff, auch Acrylgas genannt. Mit der Kombination aus AD-Plasma und dem neuen Klebstoff musste auf diesen unterschiedlichen Oberflächen die gesamte Beständigkeit geprüft werden, d.h. die Haftung des Klebstoffes auf den Materialien und die Beständigkeit des Klebstoffes selbst.

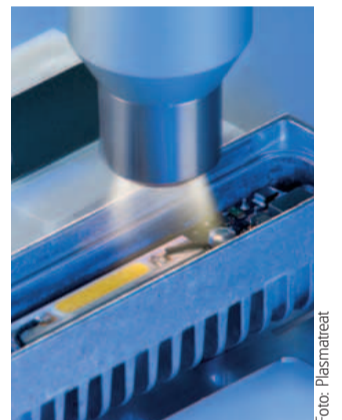


Bild 4: Potentialfreie Plasmabehandlung: Spezielle rotierende Düsenköpfe leiten die Spannung im Plasma ab, so dass auch hochsensible Baugruppen und andere empfindliche elektronische Bauteile schadlos vorbehandelt werden können

In der 18-monatigen Testphase ging Waldmann bei seinen Versuchen an die oberste Grenze dessen, was eine später von chemischen Belastungen praktisch bombardierte Verklebung auszuhalten hat. Die Feinstreinigungs- und Aktivierungskraft des Plasmas ließ sich erst einmal leicht nachweisen: Die Messungen mit Testtinten ergaben vor der Plasmabehandlung Oberflächenspannungen für das Aluminium von $< 44 \text{ mN/m}$, für das Glas $< 36 \text{ mN/m}$ und beim Kunststoff 40 mN/m . Bei allen drei Substraten konnten nach der Plasmaaktivierung Werte von $> 56 \text{ mN/m}$ bis hin zu 72 mN/m gemessen werden, was in gleicher Zahl den veränderten Energiewerten (mJ/m^2) der Materialoberflächen entspricht.

Was folgte, waren u.a. Abscher- und Zugscherproben (DIN-EN 1465), Feuchteklimatests (DIN EN ISO 6270-2), Klimawechseltests

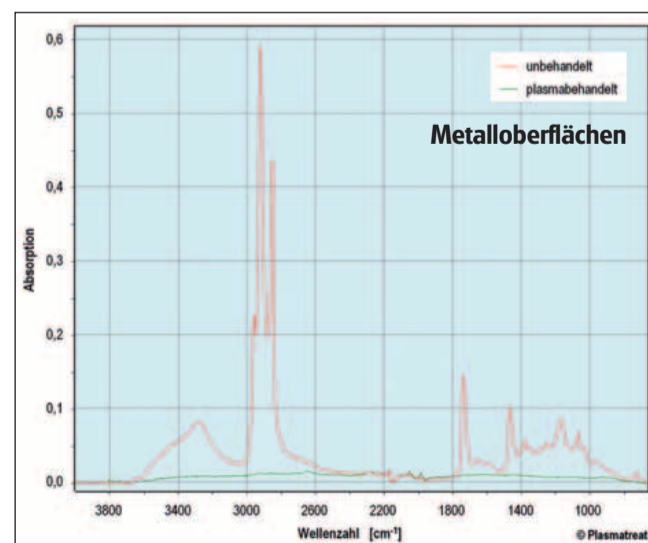


Bild 3: Infrarotspektroskopische Messung: Bei der Feinreinigung von Metalloberflächen entfernt Openair-Plasma alle Verunreinigungen und organischen Kontaminationen wie Fette und Öle sowie an der Grenzschicht anhaftendes Wasser



Foto: Plasmatreat

Bild 5: Wegweisende Rationalisierung: Plasmasystem und Klebanlage liegen sich gegenüber. Die Bauteile können sofort nach ihrer Vorbehandlung verklebt und weiterverarbeitet werden.

(BMW 308 KWT) sowie die 1000-stündige Einlagerung mehrerer Klebproben bei 30°C in diversen Kühlschmiermitteln und Ölen. Der alles entscheidende Haftungstest zum Nachweis der Langzeitbeständigkeit und Gebrauchssicherheit der Klebverbindung war jedoch der Kataplasma-Test, der eigentlich nur dafür dient, eine Verklebung zu zerstören. Die plasmavorbehandelte Klebverbindung hielt jedoch auch diesem Test stand.

Integriert in die Prozesskette

Im Herbst 2015 wurde die Plasmatechnologie in die Serienproduktion integriert. Zwei komplette Arbeitsschritte wurden durch das neue Vorbehandlungsverfahren eingespart, auch Abluftzeiten und Zwischenlager sind entfallen. Ausgestattet mit einer potentialfreien Rotationsdüse und gesteuert von einem CNC-3-(xyz) Achsenportal, ar-

beitet das Plasmasystem heute im kontinuierlichen Prozess acht bis zwölf Stunden täglich und behandelt 1000 Leuchtengehäuse pro Woche. Die Verklebung erfolgt nun unmittelbar in Anschluss an die Vorbehandlung in einer neuen, dem Plasmasystem gleich gegenüber liegenden Klebanlage (**Bild 5**). Die LED-Elektronik funktioniert bei allen Leuchten einwandfrei und auch die hohe Prozesssicherheit hat sich längst bewiesen. Laut Waldmann werden durch die Plasmabehandlung nicht nur ideale Klebevoraussetzungen geschaffen, das Verfahren verbessert nachweislich auch die Oberflächenqualität und das Langzeitverhalten der Klebung.

*Autor: Inès A. Melamies,
Fachjournalistin,
Presseagentur Facts4You.de*