

KORROSIONSSCHUTZ FÜR STELLANTRIEBE VON INDUSTRIEARMATUREN

Pulvergerecht konstruieren

Früher wurden Stellantriebe für Industriearmaturen bei Auma Riester als Komplettprodukte nasslackiert. Um den Korrosionsschutz zu verbessern stellte der Hersteller auf die Pulverbeschichtung von Einzelteilen um. Dabei erforderte der Einstieg in eine pulvergerechte Konstruktion und Fertigung erhebliche Anstrengungen.

Die Auma Riester GmbH & Co. KG in Müllheim, ein führender Hersteller von Stellantrieben und Steuerungen für Industriearmaturen, hat den Wandel von der Komplettprodukt-Nasslackierung hin zur Einzelteil-Pulverbeschichtung vollzogen. Gründe für die Umstellung waren das Streben nach mehr Kundenzufriedenheit, insbesondere durch einen höheren Korrosionsschutz für die Produkte, aber auch der Wunsch nach einer umweltschonenden Lackierung. Ein wesentlicher Kundenvorteil der Einzelteillackierung ist, dass auch nach mehrfacher De- und Re-Montage von Anbauteilen der Korrosionsschutz des gesamten Produktes unverändert gewährleistet bleibt.

Der mit der Umstellung einhergehende Veränderungsprozess betraf das ganze Unternehmen. Alle operativen Bereiche und Abteilungen wurden mit einbezogen:

- Planung, Beschaffung, Bau und Inbetriebnahme einer hoch komplexen Pulverbeschichtungsanlage mit einer Investition in Höhe von mehreren Millionen Euro
- Änderung der Wertschöpfungskette, beispielsweise durch die Anpassung der Fertigungsprozesse (siehe Bild 2)
- Änderung der Disposition sowie der Bereitstellung von Materialien und Halbzeugen
- Planung und Durchführung von zahlreichen Versuchen und Tests,
- insbesondere Lebensdauer- und Korrosionsschutztests
- Konstruktion neuer spezifischer Warenträger
- Beschaffung neuer teilespezifischer Abdeckungen und Maskierungen
- Berücksichtigung der elektrisch isolierenden Eigenschaften einer Pulverlackschicht in Bezug auf die elektrische Sicherheit des Stellantriebes
- Angepasste Eingabemaske des Produktkonfigurators bei der Auftragsbestätigung

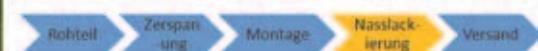
Die theoretischen und praktischen Grundlagen für die Umstellung auf Einzelteil-Pulverbeschichtung mussten



Bild 1: Drehantrieb von Auma für einen Plattschieber



Früher: Nasslackierung fertig montierter Komplettantriebe



Heute: Pulverbeschichtung von einzelnen Bauteilen



Ex



Sonderfarbe



Bild 2: Veränderte Wertschöpfung durch die Einzelteil-Pulverbeschichtung

erarbeitet werden, denn zum Zeitpunkt der Umstellung gab es am Markt kein Produkt- und prozessspezifisches Know-how. Die Hauptaufgabe insbesondere in der Konstruktionsabteilung lag darin, die Anforderungen der Technologie und des Fertigungsprozesses Pulverbeschichtung an das jeweilige Einzelteil zu klären, um die Konstruktionszeichnungen anpassen zu können.

Pulverlack als Maschinenelement

Sinnbildlich ausgedrückt, wird den metallischen Einzelteilen eine zweischichtige Pulverlackschicht als „Kunststoffhaut“ übergezogen. Aufgrund der maßlich nicht zu vernachlässigenden Schichtstärke von bis zu 250 µm, führte diese „Haut“ dazu, dass die metallischen Einzelteile hinsichtlich ihrer Abmessungen angepasst und umkonstruiert werden mussten. Nur so konnte nach einer vergleichbaren Komplettproduktmontage wieder ein störungsfreies Funktionieren des Antriebes gewährleistet werden.

Die bildliche Vorstellung der „Kunststoffhaut“ prägte bei Auma Riester Formulierungen wie „Pulverlack als konturgetreue Passscheibe“ beziehungsweise „Pulverlack als Maschinenelement“. Damit verbunden war die Aufgabenstellung, diese „Passscheibe“ beziehungsweise „dieses neuartige, unbekannte Maschinenelement“ aus Sicht eines Maschinenbauers besser verstehen und näher beschreiben zu können.

Hier galt es, den Widerspruch zwischen klassischem Maschinenbau und moderner Lackiertechnik zu lösen. So ist der Maschinenbau gekennzeichnet durch prozesssichere Fertigungstechnologien aus der Zerspanung wie beispielsweise Bohren, Drehen, Fräsen, zur Erzeugung von teilweise hochgenauen Passungen und Toleranzen mit einer Breite von wenigen µm. Demgegenüber arbeitet die Lackiertechnik mit einer mittleren Nennschichtstärke von etwa 150 µm und relativ gesehen sehr großen Streuungen von bis zu 50 %. Hinzu kommen teilweise quasi wetter- beziehungs-

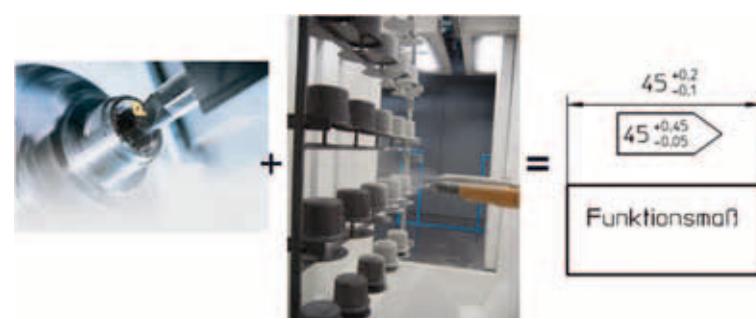


Bild 3: Das Fertigungsmaß plus die Lackschicht ergibt das Funktionsmaß nach der Pulverbeschichtung

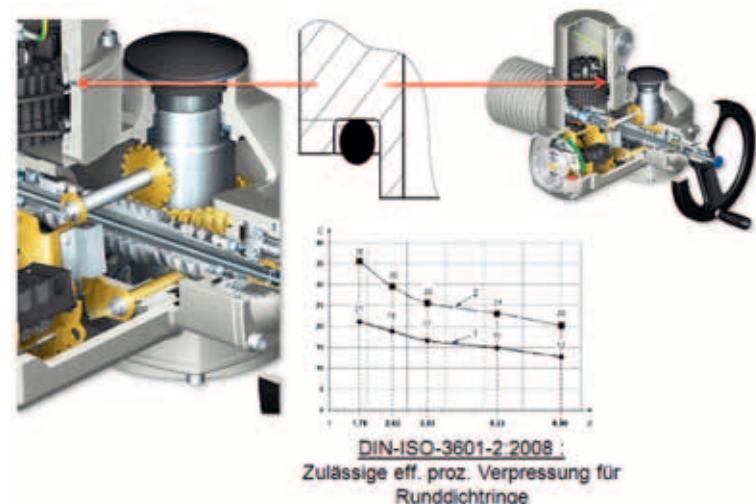


Bild 4: Die Einzelteil-Pulverbeschichtung erforderte eine neue Gestaltung, Dimensionierung und Auslegung von Dichtungen

weise klimaabhängige Abweichungen, die sich nicht oder nur sehr schwer regulieren lassen.

Anpassung jedes Einzelteils an die Pulverbeschichtung

Schnell zeigte sich, dass die Schichtstärke der „Kunststoffhaut“ in der Konstruktion berücksichtigt werden musste und damit Veränderung von Längen, Breiten, Höhen oder von Durchmessern vorgenommen werden mussten. Diese Veränderungen beeinflussten unmittelbar die Funktionsmaßkette der Stellantriebe. Somit musste jedes Einzelteil im Kontext seiner Fügepartner auf die neue Beschichtungstechnologie angepasst werden.

Im Zuge der Umstellung auf Pulverbeschichtung bei Auma galt es, die Lackie-

itung sowie die Anforderungen der Lackiertechnik bereits bei der Konstruktion und Entwicklung eines Bauteils zu berücksichtigen.

Die nachfolgend aufgeführten Punkte verdeutlichen, wie aufwendig und komplex die Umstellung war. Generell gilt, dass Produkt- und Teilekonstruktionen potenzielle Fertigungsverfahren und Technologien dokumentieren aber auch reglementieren. Früher waren bei Auma Funktionsmaßketten gänzlich losgelöst von der Lackierung. Durch die Einzelteil-Pulverlackierung musste die Lackschicht entsprechend integriert und berücksichtigt werden. Darüber hinaus mussten der Pulverbeschichtungsprozess und dessen Eigenschaften, wie Schichtstärke oder Wärmeeintrag, sowie

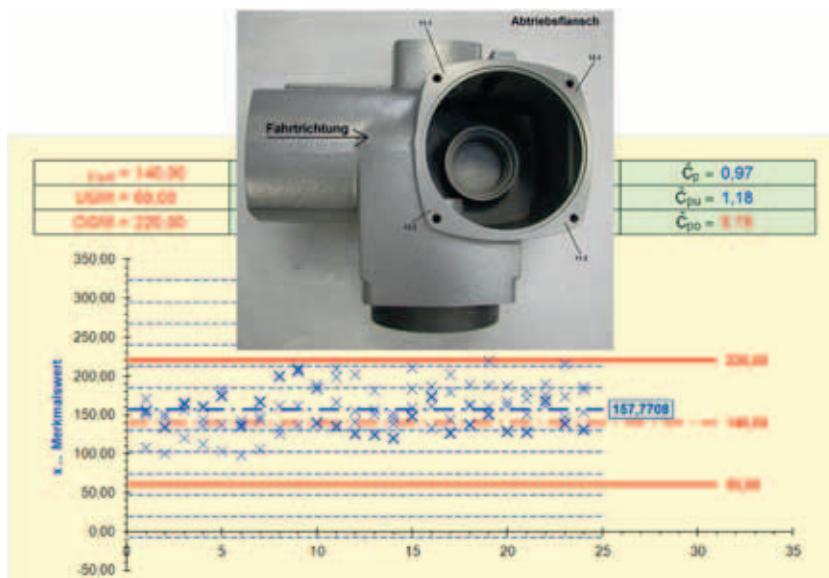


Bild 5: Statistische Auswertung der Pulverschichtstärken



Bild 6: Maskierung während den Versuchsreihen. Partien, die nicht beschichtet werden dürfen, wurden mit hitzebeständigen Klebefolien abgedeckt.

dessen Anforderungen, wie Aufhängepunkte oder die Definition der Beschichtungszustände, in den Konstruktionszeichnungen definiert und dokumentiert werden.

Die wesentliche Herausforderung bestand darin, dass die Einzelteile bis dato nicht für eine Einzelteil-Pulverbeschichtung konstruiert waren und keine Beschichtung von Funktionsflächen und -durchmessern erfolgte. Neue Denk- und Vorgehensweisen beim Konstruieren aber auch in Fertigung und Montage wurden somit erforderlich.

Unterschiedliche Substrate, wie beispielsweise GG-Sandguss, Alu-Druckguss, verzinkter Stahl, machten sich nicht nur durch unterschiedliche Rauigkeiten der Oberflächen bemerkbar, sondern insbesondere durch ein anderes Ausgasungs- und Wärmegangverhalten. Auch an Stellen, an denen kein Pulverlack aufgetragen wird, kommt es zu geometrischen Veränderungen. Insbesondere bei dünnwandigen Aluminiumgehäusen musste Auma den irreversiblen maßlichen Veränderungen durch die Einwirkung der Wärmeenergie im Pulvereinbrennofen Rechnung tragen.

Insgesamt führte die Umstellung auf Einzelteil-Pulverbeschichtung zu zahlreichen Neu- und Anpasskonstruktionen, mit teilweise erhöhtem Entwicklungsbedarf bei funktionsrelevanten Bauteilen.

Auf Produktebene waren folgende Maßnahmen erforderlich:

- Lebensdauertests unter Anwendungsbedingungen zur Überprüfung und Validierung der Drehmomentübertragung angesichts veränderter Reibwerte der Oberflächen.
- Neue Gestaltung, Dimensionierung und Auslegung von Dichtungen zur Sicherstellung der Dichtheit des Antriebes.
- Gewährleistung der elektrischen Sicherheit durch teilweise Entwicklung von neuen zusätzlichen Bauteilen zur Sicherstellung der Schutzleiter/PE-Anforderungen und eines definierten metallischen Kontaktes.

Die Einzelteil-Pulverbeschichtung erforderte auf der Einzelteilebene unter anderem folgende Maßnahmen:

- Pulverschicht in Funktionsmaßketten als konturgetreue Schicht mit

vorgegebenen Eigenschaften berücksichtigen.

- Erstellung neuer Funktionsmaßketten zum Ausgleich der Pulverschicht.
- Veränderte Denk- und Vorgehensweisen beim Konstruieren.
- Lösen von Widersprüchen zum Beispiel bei Toleranzen und Passungen.
- Anforderungen an eine pulvergerechte Zeichnungserstellung definieren und umsetzen.
- Zusätzliche Formelemente wie Bohrungen und Gewinde für Aufhängepunkte integrieren.
- Neue Zeichnungen, neue Zeichnungsnummern und neue Zeichnungsbezeichnungen erstellen.
- Konstruktionsprozesse durch Erweiterung und Änderung der PPS/ERP-Abläufe und Programme anpassen.
- Know-how in Entwicklungsrichtlinien dokumentieren.

Die Veränderungsprozesse waren nicht aus der Distanz beziehungsweise nur „vom Zeichenbrett“ aus koordinierbar. Deshalb wurde ein abteilungsübergreifendes, interdisziplinäres Projektteam gebildet und zu jedem konkreten

Einzelteil ein sogenannter Freigabeprozess durchgeführt, der folgende Schritte beinhaltete:

- Ausgangspunkt: Bisherige Einzelteilzeichnung zur Komplettprodukt-Nasslackierung
- Diskussion des Einzelteils und Kennzeichnung der kritischen Stellen aus Sicht der Produktfunktion. Kennzeichnung der Partien, die aus Sicht des Korrosionsschutzes zwingend beschichtet werden mussten sowie Partien, die aus Gründen diverser Normen und Zulassungen nicht beschichtet werden durften, wie beispielsweise Fügepassungen von explosionsgeschützten, druckfesten Gehäusen, die sogenannte Ex-Spalte.
- Versuchsweise Pulverbeschichtung von Rohlingen zur Ermittlung der Pulverschichtstärken. Dies erfolgte in mehreren Durchläufen so lange, bis eine prozesssichere Schichtstärke mit einem Cp-Wert kleiner 1,3 an den relevanten Flächen erreicht wurde.
- Ableitung der mittleren Nennschichtstärke und der Streuungen der Schichtstärke sowie Empfehlungen von Toleranzen und Passungen.
- Prüfung der Empfehlungen sowie Entwurf einer neuen Einzelteilzeichnung, die die erarbeiteten Erkenntnisse wie beispielsweise die korrekte Position auf dem Warenträger und damit verbunden den Aufhängepunkt für eine Einzelteil-Pulverbeschichtung berücksichtigt.
- Fertigung von Mustern zur erstmaligen, prototypischen Pulverbeschichtung unter neuen Serienbedingungen (Warenträger, Maskierungen und dergleichen)
- Qualitätskontrolle und Bewertung der Muster.
- Gegebenenfalls mehrfache Wiederholung der Musterfertigung bis zur Serienfreigabe.



Bild 7: Komplettproduktmontage mit gepulverten Einzelteilen und Baugruppen

Zur Gewährleistung der Prozesssicherheit bei der Beschichtung von Funktionsmaßen, Passungen und Toleranzen waren zahlreiche Versuchsreihen unter Serienbedingungen an der Pulverbeschichtungsanlage notwendig. Dies war ein äußerst schwieriges und aufwendiges Unterfangen, da Auma die unterschiedlichsten Bauteile mit komplexer Produktgestalt, zahlreichen Hinterschneidungen sowie verschiedenen Wandstärken, Werkstoffen, Oberflächenrauigkeiten und Urformverfahren produziert.

Um eine nachhaltige Prozesssicherheit zu erzielen, war es erforderlich, alle Einflussgrößen des Prozesses zu einem dauerhaft stabilen Zusammenwirken zu führen. Folgende spezifischen Anforderungen und Einflussgrößen auf den Prozess der Pulverbeschichtung galt es zu integrieren:

- Die komplexe Teilegeometrie mit Hinterschneidungen. Während es in der Vorbehandlung keine schöpfenden Teile beziehungsweise keine Flüssigkeitsansammlung geben darf, ist in der Pulverkabine die optimale Ausrichtung auf die Sprühpistolen das Ziel.
- Die Asymmetrie der Bauteilgeometrie bewirkt ungleichmäßige, elektrische Feldlinien und kann somit zur ungleichen Schichtstärkenverteilung auf dem Bauteil führen.
- Die ungleichmäßige Erdung der Teile auf den Warenträgern kann einen ungleichmäßigen Schichtauftrag zur Folge haben.
- Die Produktfunktionen oder Produktzulassungen erfordern, dass bestimmte Flächen nicht beschichtet werden dürfen. Dies erfordert maßgeschneiderte Abdeckungen und Maskierungen, die wiederum angrenzende Partien beeinflussen, die beschichtet werden sollen.
- Die maßliche Veränderung aufgrund von Wärmeeintrag, insbesondere der nicht reversible Anteil an der Veränderung, ist zu berücksichtigen.
- Eine gleichmäßige Schicht an jedem Teil und über alle Teile auf einem Gestell – insbesondere auf den Funktionsflächen – ist zwar zwingend erforderlich, aber nicht selbstverständlich.
- Die Mindest- und Maximalschichtstärke an jeder Stelle eines jeden Teils, über alle Teile auf dem Gestell sowie auf allen Gestellen ist einzuhalten.
- Der Übergang zwischen gepulverten und nicht gepulverten Flächen muss gleichmäßig und gratfrei sein.

Das mit der Zeit bei Auma erarbeitete Fertigungs- und Konstruktions-Know-how ist mittlerweile in diversen Entwicklungsrichtlinien dokumentiert. Die Ein-

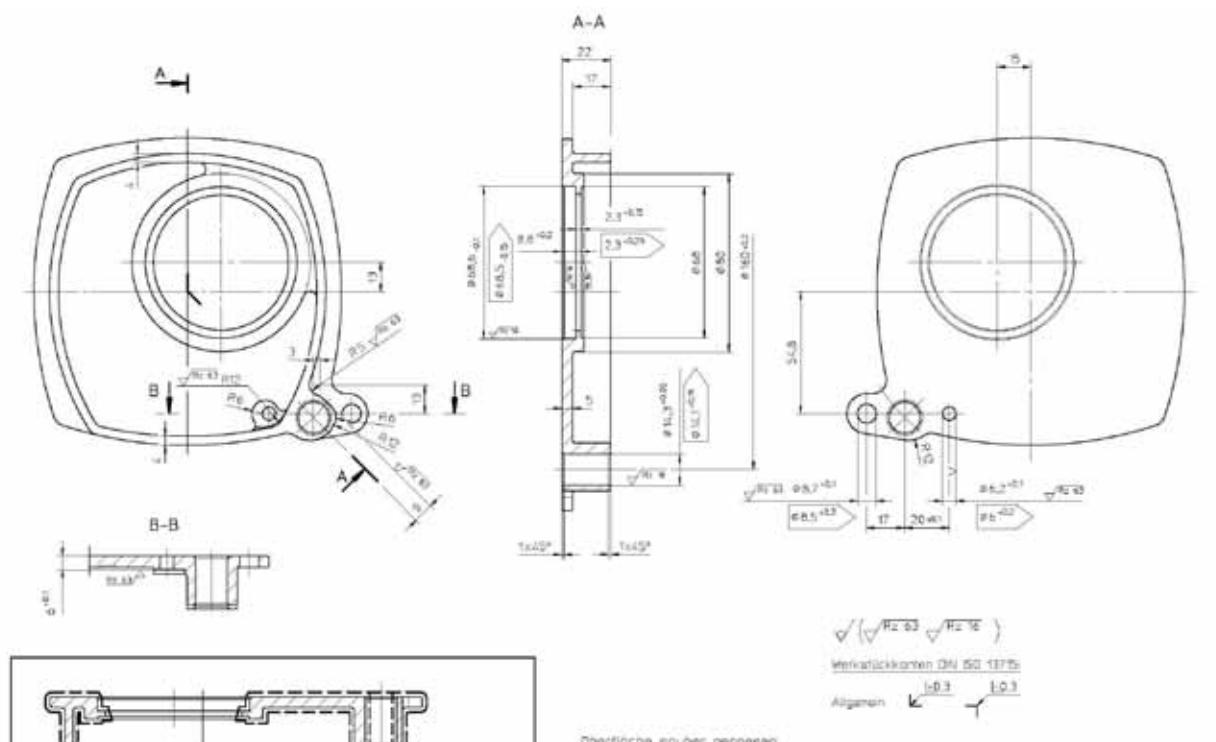
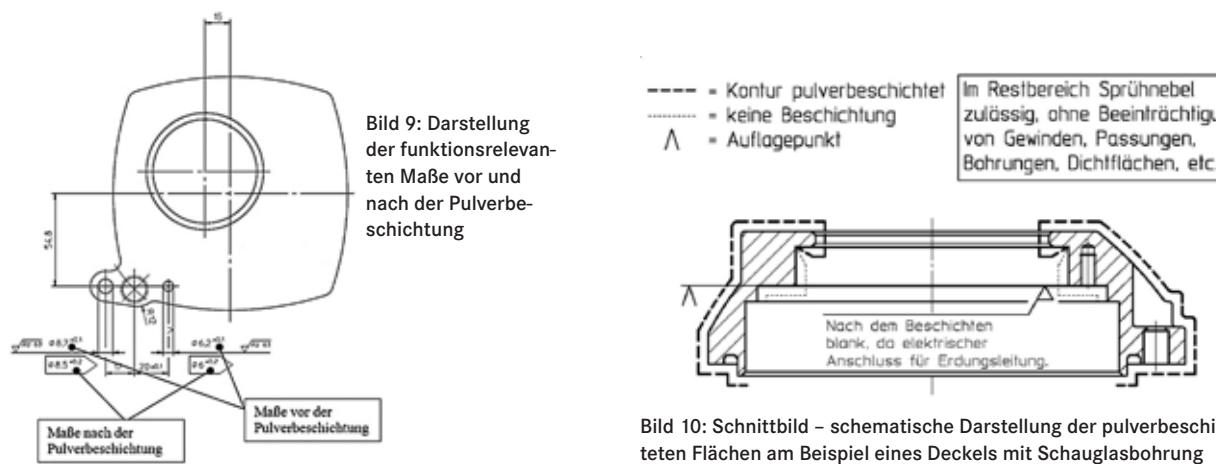


Bild 8: Pulvergerechte Zeichnung



haltung von pulverbeschichteten, funktionsrelevanten Passungen und Toleranzen setzt eine prozesssichere Serienproduktion voraus. Diese Produktqualität zu gewährleisten, war nur aufgrund der zahlreichen pulvergerechten Veränderungen in fast allen Wertschöpfungspro-

zessen möglich, insbesondere in den Bereichen Fertigung, Logistik, Montage und Versand.

Heute und auch in Zukunft werden bei Auma pulvergerechte Produkt- und Bau teilkonstruktionen erstellt (Bild 8). Das bedeutet, dass neben der Gewährleistung

der Produktfunktion auch der Fertigungstechnologie Pulverbeschichtung Rechnung getragen wird, damit diese prozesssicher durchgeführt werden kann.

In der Fertigungszeichnung sind unter anderem folgende Informationen zur

pulvergerechten Konstruktion festgehalten:

- Graphische Darstellung des Beschichtungszustandes nach der Pulverbeschichtung (Schnittbild).
- Funktionsrelevante Maße vor und nach der Pulverbeschichtung
- Hinweise auf Pulvermaße und -Beschichtung
- Kontaktstelle sowie Aufhängepunkt zwischen Warenträger und zu beschichtendem Bauteil
- Hinweise zur Einhaltung der elektrischen Sicherheit.

Durch die Legende der Pulvermaße wird in der Zeichnung auf die Bedeutung des Schildes hingewiesen. Maße innerhalb des Schildes sind funktionsrelevante Maße nach der Pulverbeschichtung. Bild 9 zeigt die Darstellung der funktionsrelevanten Maße in den Einzelteilzeichnungen vor und nach dem Pulverbeschichten auf Basis der Entwicklungsrichtlinien. In den Einzelteilzeichnungen wurde außerdem das Schnittbild als schematische Darstellung der pulverbeschichteten Flächen aufgenommen

(Bild 10). Im Schnittbild wird anschaulich skizziert, welche Flächen beschichtet werden müssen beziehungsweise nicht beschichtet werden dürfen.

Darüber hinaus finden heute regelmäßig Gespräche zwischen Konstruktion und Fertigung zur Umstellung von Nasslackierung auf Pulverbeschichtung oder bei Neuentwicklungen statt. Das Ergebnis ist eine Leistungsvereinbarung mit klaren, verbindlichen Inhalten und Terminen.

Grundlegende Veränderungen waren erforderlich

Bei Auma zeigte sich, dass ein Umstieg von der Komplettprodukt-Nasslackierung zur Einzelteil-Pulverbeschichtung produkt- und unternehmensspezifisch erarbeitet werden muss. Grundlegende Veränderung von Denkweisen, Konstruktionspraktiken und Methoden waren unumgänglich. Um die Umsetzung effektiv und effizient zu gestalten, ist eine ständige Begleitung durch das Top-Management ratsam.

Die Auma Riester GmbH & Co. KG hat für ihre Kunden und ihre Produkte

durch die Umstellung einen wesentlich verbesserten Korrosionsschutz erreicht und ist mit der Offshore-Qualifikation gemäß ISO 20 340:2003 erfolgreich zertifiziert worden.

Aktuell ist Auma zusammen mit Freilacke dabei, die mechanischen Eigenschaften von Pulverlacken weiter zu untersuchen, um deren Verhaltens- und Wirkungsweisen in Zukunft noch besser zu verstehen.



Die Autoren:

Dietmar Isele (links),
Auma Riester GmbH & Co. KG, Mülheim,
Tel. 07631 809-1119, dietmar.isele@auma.com
Andreas Baumgart (Mitte),
Auma Riester GmbH & Co. KG, Mülheim,
Tel. 07631 809-1644, andreas.baumgart@auma.com,
www.auma.com;
Jochen Keller (rechts), Emil Frei GmbH & Co. KG,
Bräunlingen, Tel. 07707 151-300,
j.keller@freilacke.de, www.freilacke.de