

Ersteinsatz von Innenanoden-Technologie für hochdekorative verchromte Lenkradblenden von TRW

Introduction of Auxiliary Anode Technology for Production of Highly-Decorated Chromium-Plated Steering-Wheel Bezels at TRW

Von Gerd Reineck

TRW Automotive Safety Systems GmbH, Aschaffenburg

Der Einsatz von galvanisierten dekorativen Kunststoffblenden und Bedienelementen an Lenkrädern von Kraftfahrzeugen nimmt in den letzten Jahren ständig zu. Diese Bauteile müssen höchste Ansprüche an Aussehen und Funktionalität erfüllen. Bauteile mit sehr kleinen sichtbaren Innenflächen sind aufgrund ungünstiger Verteilung der Stromlinien in diesen Bereichen sehr schwierig zu galvanisieren. Die daraus resultierende schlechte Tiefenstreuung verhindert eine gleichmäßige Schichtdickenverteilung. Häufig können dadurch die Anforderungen an Schichtdicke und Farbton nicht erfüllt werden, oder aber die Ausschussrate nach der Fertigung übersteigt vertretbare Werte. Um in diesen Bereichen die erforderliche Schichtdicke abscheiden zu können, müssen Hilfsanoden oder auch Innenanoden genannt, den galvanischen Prozess unterstützen.

Weil in Europa kein Verchromer für dekorative Kunststoffteile gefunden werden konnte, der Cu/Ni/Cr-Überzüge in Innenbereichen unter Verwendung von Hilfsanoden abscheiden kann, wurde für diese spezielle Anwendung ein globales Projekt unter Leitung der TRW Automotive Safety Systems GmbH in Aschaffenburg gestartet.

In recent years, there has been a steady increase in the use of decorative metallised plastic bezels and controls associated with the steering wheels of trucks. Such components must meet the highest standards in terms of their visual appearance and functionality. Components with very small, yet visible internal surfaces are, on account of unfavourable current distribution, extremely difficult to plate. The resulting poor throwing power impedes formation of a uniformly thick deposit. In many cases, requirements in terms of deposit thickness and visual appearance cannot be met and in such cases, the reject rate after finishing, exceeds acceptable values. In order to form satisfactory deposits in such situations, auxiliary anodes, also known as internal anodes, must be used in conjunction with the overall electrodeposition process.

Given that no European decorative chromium plater could be located, able to deposit Cu/Ni/Cr coatings in internal recesses using auxiliary anode technology, a multinational project under the leadership of TRW Automotive Safety Systems GmbH in Aschaffenburg was initiated to meet this special requirement.



Abb. 1: Galvanisieranlage
Figure 1: Plating plant

Das Ziel des Projektes war, die Galvanisierbarkeit hochkomplexer und geometrisch ungünstiger Bauteile zu verbessern. Bisher waren den Designern durch eine komplizierte Bauteilgeometrie oft die Hände gebunden, da geforderte Schichtdicken und matte Farbtöne im Innenbereich des Bauteils nur schwer erzielt werden konnten. Eine hierzu notwendige Stromerhöhung war nur begrenzt möglich, da die Schichtdicken an den Außenbereichen der Lenkradblende damit zwangsläufig erhöht wurden. Dadurch entstehende Anbrennungen an den exponierten Flächen führten zum Ausschuss. Auch Gestell- und Badoptimierungen bei Bauteilen mit kleinen Innenräumen waren nicht zielführend. Die Galvanotechnik stieß bei derartig komplizierten Teilegeometrien häufig an ihre Grenzen. Aufgrund des sportiven Designs einiger Lenkradblendens ist ein galvanogerechtes Konstruieren nicht immer möglich. Man musste hinsichtlich Schichtdicke und Farbton an schwer galvanisierbaren Flächen einige Kompromisse eingehen.

Durch speziell angeordnete Hilfsanoden in den Innenbereichen können diese Schwierigkeiten überwunden werden. Als weiteren Vorteil bietet die Innenanodentechnik die Möglichkeit, dass die Galvanogestelle beidseitig bestückt werden können. Dadurch verdoppelt sich der Durchsatz der zu galvanisierenden Teile bei sinkendem Teilepreis. Die Gestellbelegung kann so weiter verbessert werden.

Als Grundmaterial für die Anoden kann Titan oder besser Niob verwendet werden, welches anschließend mit Platin beschichtet wird. Allerdings können nicht alle Innenflächengeometrien mit Hilfsanoden galvanisiert werden, da ein erforderlicher Mindestabstand von den Anoden zu den zu galvanisierenden Flächen am Bauteil unbedingt einzuhalten ist, um Fehlern wie: Anbrennungen, Fehlabscheidungen und Rauigkeiten vorzubeugen.

Die Innenanodentechnik stammt ursprünglich aus der technischen Hartverchromung von Einzelbauteilen. Bei der dekorativen Verchromung von Kunststoffteilen ist der Einsatz dieser Hilfsanoden aufgrund des hohen technischen Aufwandes nicht weit verbreitet. Man benötigt für eine Anwendung mit diesen Hilfsanoden außerdem spezielle Galvanogestelle, zusätzliche Gleichrichter, zusätzliche Anodenschienen an den Warenträgern, spezielles Equipment in den Satin-Nickelbädern sowie spezielle organische Additive für Satineffekte im Nickel. Außerdem ist die Prozessführung wesentlich komplizierter als bei der Galvanisierung ohne Innenanoden. Ein elektroche-

The aim of the project was to improve the feasibility of plating highly complex and geometrically challenging components. Hitherto, the freedom of designers was restricted in terms of components with complex geometry because of difficulties in producing uniform coating thickness and matt finish within the internal recesses of such components. The increased current required for this could only be supplied to a limited extent since a corollary of this was increased deposit thickness over the external areas of the steering wheel bezel. The resulting burning at the exposed areas resulted in rejects. In addition, optimisation of racking and electrolyte for components with small recesses was unsatisfactory. For such complex component geometry, classical electrodeposition technology approaches its limitations. Given the somewhat sporty design of some steering wheel bezels, it was not always possible to specify a plating-friendly construction. Thus, in terms of difficult-to-plate surfaces, a compromise became necessary in terms of deposit thickness and visual appearance.

By using specially positioned auxiliary anodes in these recesses, the problems outlined above could be overcome. A further benefit from use of auxiliary anodes technology was that racks could be populated on both sides. This resulted in a doubled throughput of components to be plated with associated cost benefits, while making best possible use of each rack.

The anode substrates are made of titanium or, preferably, niobium and these are then coated with platinum. However it should be noted that not all internal recesses can be plated with auxiliary anodes given that a minimum stand-off distance of the anode from the component surface is mandatory in order to avoid burning, defective deposition or rough deposits.

Auxiliary anode technology was originally developed for hard chromium plating of technical components. In the case of decorative chromium plating of plastics, the use of this technology is not common, given to the significant technical demands involved. In conjunction with the use of such auxiliary anodes, specialised plating racks are required as well as additional rectifiers and anode rails mounted on the transporter. Special equipment is also required for use with satin nickel baths as well as specialised organic additives for satin-effect of nickel. It is also the case that process management is significantly more complex than is the case without auxiliary anodes. The

misches Auflösen der Anodenbeschichtung und des Trägermaterials sowie ungewollte chemische Reaktionen der organischen Additive der Bäder verlangt detailliertes Wissen und hohe praktische Erfahrung bei der Prozessführung aller Aktivbäder. Ein wichtiger Aspekt ist auch, dass die Fläche der Innenanoden und die daraus resultierende Anodenstromdichte so gewählt werden müssen, dass die erforderliche Mindestschichtdicke unter Berücksichtigung der Lebensdauer der Anoden erreicht wird (Abb. 2). Die anodische Stromdichte bei platinieren Niobanoden sollte 100 A/dm^2 nicht überschreiten, damit die Anoden nicht frühzeitig ihre Wirkung verlieren. Die tatsächliche Stromdichte beeinflusst die Lebensdauer dieser Innenanoden stark. Ein frühzeitiger Austausch wäre sehr kostenintensiv.

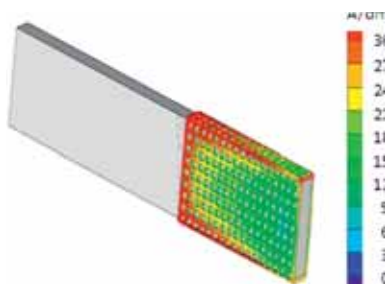


Abb. 2: Simulierte Stromdichte bei rechteckiger Innenanode im Chrom

Figure 2: Simulated current densities for rectangular auxiliary anodes in chromium plating

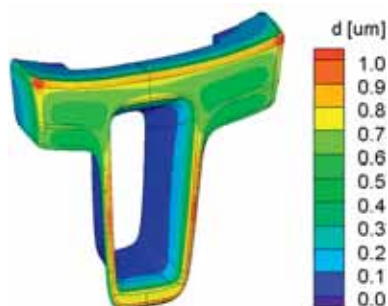


Abb. 3: Simulation ohne Innenanoden im Chrom

Figure 3: Simulation without auxiliary anodes for chromium deposition

Die Schichtdicken auf der Innenseite der TRW-Lenkradblende sehen ohne Verwendung einer Hilfsanode aktuell so aus:

- Cu 8–10 µm
- Ni 5–10 µm
- Cr 0,10–0,15 µm

Diese an realen Bauteilen gemessenen Schichtdicken z. B. für Chrom wurden auch in der Simulation bestätigt (Abb. 3):

Basierend auf diesem Modell wurden weitere Simulationen zur Optimierung der Anzahl und Anordnung der Kunststoffteile am Gestell, der Anzahl und Position der Innenanoden sowie der Stromdaten für den ersten Baddurchlauf gestartet.

Im Fortgang des Projekts wurde nun untersucht, ob auch deutlich höhere Schichtdicken und daraus resultierende mattere Farbtöne im Innern des Bauteils

anodic dissolution of the anode coating or indeed the substrate itself as well as undesired chemical reactions involving the organic additives in the bath calls for considerable expertise and practical experience in the process operation of such active baths. Another important issue is that the surface area of the auxiliary anodes and thus the anodic current density must be arranged so that a minimum deposit thickness is achieved at the same time as considering anode lifetimes. (see Figure 2). For platinised niobium anodes, current density should not exceed 100 A/dm^2 if the anode is not to fail prematurely. The actual current density critically affects the lifetime of such anodes and a need to replace them before their normal lifetime would detrimentally affect costs.

Deposit thicknesses on the internal surface of a TRW steering wheel when no auxiliary anode is used, would typically be as follows:

- Cu 8–10 µm
- Ni 5–10 µm
- Cr 0.10–0.15 µm

The above thickness values, measured on actual components after plating, e.g. for chromium, were also confirmed in the simulation exercise. (see Figure 3)

Based on this model, further simulations were made to optimise the number and positioning of plastic components on the rack, the number and position of auxiliary anodes as well as the current data for the initial deposition operation.

During the project, a study was also made to determine whether significantly higher current densities and an enhanced matt visual effect on the auxiliary

erreichbar sind. Zuerst wurde die optimale Anordnung und Beladung auf dem Gestell unter Berücksichtigung aller Produktionseinflüsse definiert. Danach wurde die Anzahl und Form der Hilfsanoden konzipiert und validiert. Auf dieser Grundlage wurde das Gestelldesign entworfen (Material, Querschnitte, Anordnung der Teile und der Innenanoden) und eine technische Zeichnung für den Gestellbau erstellt. Gemäß der Simulation können unter Zuhilfenahme von Innenanoden folgende Schichtdicken im Chrom erreicht werden (Abb. 4):

surfaces of the component which such higher current densities bring about, could be achieved. Initially, the optimal disposition and loading of the rack, having regard to production issues, were defined. Following this, the number and shape of the auxiliary anodes was defined and these were validated. Using this information, the rack design was finalised (material, cross-section, disposition of the components and auxiliary anodes) and a technical drawing for the rack construction was made. On the basis of the simulation, using auxiliary anodes, the following chromium coating thicknesses could be obtained (see Figure 4)

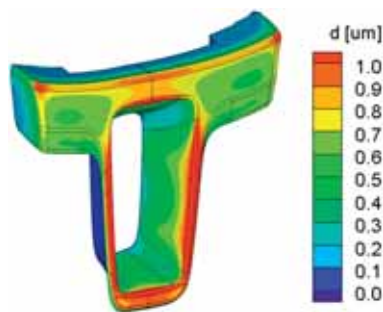


Abb. 4: Simulation mit Innenanoden im Chrom

Figure 4: Simulation using auxiliary anodes for chromium plating

Besonders im Bereich des hinteren Messpunktes sind die Schichtdicken aufgrund der ungünstigen Stromverhältnisse extrem schwierig zu erreichen (Abb. 5):

In particular, in the proximity of the deepest measurement point, acceptable deposit thicknesses are extremely difficult to obtain because of the unfavourable current density distribution (see Figure 5).



Abb. 5: Messpunkt zur Schichtdickenmessung
Figure 5: Measurement point for deposit thickness measurement

Fotos und Zeichnungen sowie das simulierte Gestell-design (Abb. 6) lieferten die Grundlagen für den Gestellbau, damit das fertige Gestell ohne große Nacharbeit sofort zum Einsatz kommen konnte (Gestellaufhängung, Badtiefe, Breite etc. mussten berücksichtigt werden).

Photos and drawings as well as the simulated rack design (see Figure 6) provided the basis for the rack construction allowing the completed rack to be used immediately without any significant subsequent modifications (rack hanging, immersion depth, width etc all had to be taken into consideration)

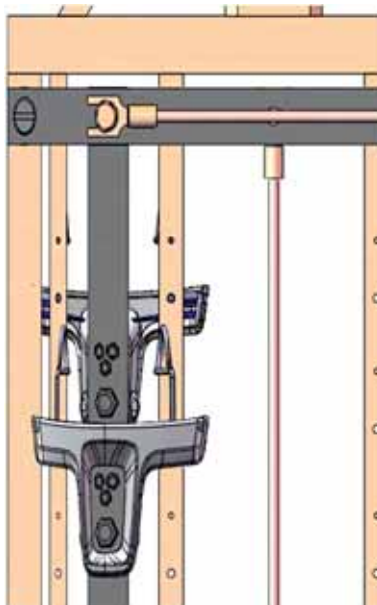


Abb. 6: Ausschnitt des simulierten Gestell-designs

Figure 6: Section of the simulated rack design

Da das Gestell aus einem Kathoden- und einem Anodenrahmen besteht, müssen beide Rahmen unbedingt dauerhaft mit dem richtigen hitzebeständigen Material voneinander isoliert werden. Sollte es unerwartet während der Galvanisierung zu einem Kurzschluss kommen, könnten die Gleichrichter zerstört werden, was dann zu einem mehrtägigen Produktionsausfall führen würde. Eine weitere Herausforderung war, mehrere Innenanoden in dem Querschnitt von ca. 30 x 15 mm so anzuordnen, dass das aufgesteckte Teil so positioniert ist, dass exakt gleiche Abstände zwischen allen Innenflächen und Innenanoden gewährleistet sind. Nur geringfügige Abweichungen würden Anbrennungen und ungleichmäßige Schichtverteilung zur Folge haben. Es sollte möglichst im ersten Versuch ein gutes Ergebnis erzielt werden, weil sonst ein größerer Umbau des Gestells nötig gewesen wäre, der nicht vor Ort hätte erfolgen können.

Since the rack consists of a cathode and an anode frame, it is essential that both frames are reliably insulated from one another using a suitable heat-resistant material. Should there be an unexpected short-circuit during electroplating, it is possible that the rectifier would be damaged which could lead to a cessation of production lasting several days. A further requirement was to configure multiple auxiliary anodes with a cross-section of approx. 13 x 15 mm in such a way that an exactly uniform stand-off distance between all internal surfaces and the corresponding auxiliary anodes was assured. Even small deviations could give rise to burning or non-uniform deposit thickness. It was highly desirable that a good result be obtained from the initial run since, were this not so, a major rebuild of the rack might have been necessary and this was not possible on-site.

Die Simulation ergab, dass mit der Anzahl und Anordnung der Innenanoden wie in *Abbildung 7* dargestellt, ein gleichmäßiger Schichtaufbau in der geforderten Schichtstärke an allen Stellen des Innenbereichs der Blende zu erwarten ist.

Die platinieren Innenanoden wurden in verschiedenen Varianten kurzfristig bereitgestellt und konnten an einigen Etagen des Versuchsgestells verschweißt werden (*Abb. 8*).



Abb. 7: Simulation mit 4 Innenanoden
Figure 7: Simulation with four auxiliary anodes

Simulation revealed that with the number and configuration of auxiliary anodes as shown in *Figure 7*, a uniform deposit thickness of the desired value could be expected at all points within the internal recesses of the bezel.

The platinised auxiliary anodes with several variations were quickly prepared and could then be welded at several levels of the test rack (see *Figure 8*).



Abb. 8: Aufgesteckte Lenkradblende auf Versuchsgestell mit platinieren Innenanoden
Figure 8: Steering wheel bezel mounted on the test rack with platinised auxiliary anodes

Mit dieser Anzahl und Anordnung der Hilfsanoden können zwar die erwünschten Schichtdicken erreicht werden, sie sind aber für den Herstellprozess noch nicht optimal. Auch die Positionierung des Teils auf dem Gestell ist damit äußerst schwierig. Mit Hilfe der Simulation wurden weitere Varianten entwickelt und auf ihre Eigenschaften untersucht.

Alle Varianten, die in der Simulation vielversprechende Ergebnisse zeigten, wurden am Versuchsgestell getestet, um die effektivste Anodenkonfiguration für den Serienprozess auszuwählen. Die Wirkungsweise aller Varianten ist hinsichtlich der Schichtdickenverteilung nahezu identisch. Unterschiede gibt es nur in der technischen Umsetzung und Haltbarkeit.

Die vorher besprochenen Prozessparameter wurden nun in die Belademaske eingegeben und der Warenträger mit dem serientauglichen Versuchsgestell mit den verschiedenen Anodenausführungen in die Anlage eingefahren (*Abb. 9*).

With this number and configuration of auxiliary anodes, the desired deposit thicknesses could be obtained, however they were still not optimised for the manufacturing process. The positioning of the component on the rack is also critical. Assisted by the simulation, further variants were developed and their performance studied.

Every variant which yielded promising results in the simulation exercise was tested on the experimental rack in order to identify the most effective anode configuration for a production run. The effectiveness of all variants in terms of deposit thickness distribution was virtually identical. Differences were found only in their technical implementation and durability.

The process parameters noted above were then fed into the loading program and the hanger with the experimental rack adapted for production and with the various anode modifications, was positioned in the plating plant (see *Figure 9*).



Abb. 9: Erster Durchlauf des Versuchsgestells in der Galvano-Anlage

Figure 9: Initial test run using the experimental rack in the plating plant

Bereits der erste Testlauf brachte ein gutes Ergebnis, aber einen noch zu hohen Glanzgrad und nicht optimale Schichtstärken an den Teilen. Auf Basis der nachfolgenden Schichtdickenmessungen des ersten Testlaufs wurden vor dem zweiten Durchlauf alle Stromwerte optimiert. Bereits im zweiten Prozessdurchlauf waren die Teile hinsichtlich aller Schichtstärken (Cu, Ni, Cr) optimal eingestellt (Abb. 10) und der Farbton entsprach dem Urmuster.

The outcome of the first test run was in general successful although the deposits were brighter than desired and deposit thickness was not optimal. Based on the subsequent deposit thickness measurements of the first test run, all current values were optimised prior to a second test run. Following this second run, components were found to be optimally plated in terms of deposit thickness (Cu, Ni, Cr) as shown in Figure 10 while the visual appearance conformed to the design specification.

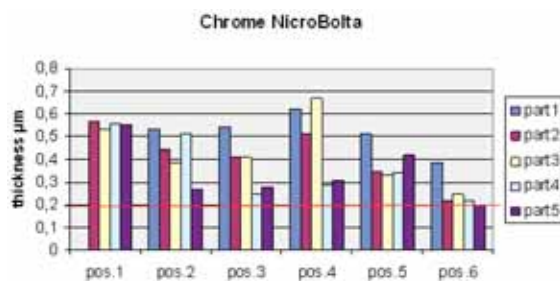


Abb. 10: Schichtdicken von 5 vermessenen Teilen

Figure 10: Deposit thicknesses from five measured components

Alle Ergebnisse dieses Großversuches mit verschiedenen Innenanodendesigns waren so gut, dass das Projekt nach nur wenigen Wochen erfolgreich abgeschlossen werden konnte. Die angestrebte, technologisch anspruchsvolle Produktionsmethode, die komplizierte Kunststoffteile auf der gesamten Sichtfläche mit gleichmäßigen Schichtdicken galvanisieren kann, konnte identifiziert und über die ersten Versuchsteile erfolgreich verifiziert werden. Vergleicht man die Anzahl und die Gesamtfläche der Innenanoden mit der Fläche des zu galvanisierenden Innenbereichs der Blende, so ist dies in geometrischer Hinsicht die weltweit erste und einzige dekorative Kunststoffblende, die unter den beschriebenen Bedingungen galvanisiert wird.

Ausschlaggebend für den großen Erfolg des Projekts, war die sehr gute und effektive Teamarbeit aller Beteiligten über unterschiedliche Kontinente und Kulturen hinweg. Bedanken möchten wir uns an dieser Stelle nochmals herzlich bei den beteiligten Firmen. Speziell die offene Zusammenarbeit vor Ort leistete einen entscheidenden Beitrag zum schnellen Abschluss des Projekts (Abb. 11).

Results from the overall research project using a range of auxiliary anode designs, were so good that the project was successfully concluded after only a few weeks. The overall aims of this technologically challenging production process were met. Plastic components with complex shapes could be metalised over their entire visible surface, with multilayer deposits of uniform thickness and this was confirmed in pilot production runs. If one compares the number of auxiliary anodes and their total surface area with the internal surface area of the bezel to be plated, in terms of the geometry, this is the worldwide first and only example of a decorative plastic bezel to have been plated using the technology described here.

A critical factor in the successful outcome of the project was the excellent and effective teamwork of all those involved, notwithstanding their location on different continents and coming from different cultures. We wish to express our thanks and gratitude to all those companies involved in the project.



Abb. 11, v.r.n.l.: Francisco Mendoza López, Technischer Direktor; Nadia Ramires Cázares, Ingenieur Analyse- und Testlabor; Gerd Reineck, Projektingenieur Oberflächentechnik

Figure 11: Right to left: Francisco Mendoza López, Technical Director, Nadia Ramires Cázares, Analysis and Test Laboratory Engineer. Gerd Reineck. Project Engineer, Surface Technology