

Badregeneration von Puls-Kupferbädern in der Leiterplattenfertigung mittels UV-Recycling

Regeneration of acid Copper pulse plating baths in PCB production using UV recycling

Werner Wiedmann, Karsten Bartz, Multek, Böblingen,
Reiner Freund, Peter Meeh, MacDermid, Forst,
Jürgen Weckenmann, Martin Sörensen, a.c.k. aqua concept, Karlsruhe

Multek ist aufgrund seiner extrem hohen Anforderungen in der Leiterplattenfertigung auf eine permanent maximale Badleistung angewiesen. Da das bisherige Verfahren eine akzeptable Badleistung nur über einen kurzen Zeitraum sicherstellte, wurde auf das Enviolet®-UV-Oxidationsverfahren von a.c.k. umgestellt. Seither kann die Produktion mit erheblichen Kosteneinsparungen optimal gefahren werden. Die Anschaffung amortisierte sich innerhalb von 14 Monaten.

Multek produces circuit boards with highest specifications. Therefore maximum performance of the bath is permanently required. As the former maintenance process of the bath was not reliable for more than 8 weeks Multek started to use the Enviolet®-UV-Oxidation process. Since this production shows to be of constant high quality at significantly lower costs. The return of invest proved to be lower than 14 month.

PLUS

Einleitung

Die organischen Zusätze galvanischer Bäder unterliegen unter elektrochemischer Belastung chemischen Veränderungen [1]. Dies geschieht in erster Linie durch Oxidation und Reduktion der organischen Additive an den Elektroden und wird zusätzlich durch Reaktionen mit der prozessbedingt eingeblasenen Luft beeinflusst.

Diese Veränderungen finden sowohl im Gleichstrom betriebenen Bad (DC) als auch im Umkehrpuls betriebenen Bad (Pulse Plate Reversetechnik, PPR) statt. Bei Anwendung des PPR-Modus finden diese Veränderungen in stärkerem und zeitlich schnellerem Maße statt, da die ständige Änderung der Polung mit extremen Gradienten (dU/dt) die organischen Moleküle der Funktionschemie chemisch verändert. Ein weiterer störender Einfluss kommt durch Chemikalien aus den Trockenfilm-Fotomasken (Photoresist) zustande, welche durch die zu galvanisierenden Substrate in das Produktionsbad eingeschleppt werden.

Damit verlieren PPR-Kupferbäder mit steigendem Badalter die Eigenschaft der spezifizierten Mikroverteilung. Die Mikroverteilung (Verhältnis der Abscheidung in Bohrungen zur Abscheidung auf

Introduction

Organic plating additives are undergoing chemical changes during electrochemical processing [1]. This is mainly caused by oxidation and reduction processes of the organic additives at the electrodes, and is additionally influenced by the air which passes through the solution (air agitation).

These changes are taking place in the DC-bath (directed current) as well as in the PPR bath (Pulse Plate Reverse technique). The PPR application triggers stronger changes within shorter periods of time because extreme gradients (dU/dt) are affecting and changing the molecules of the organic additives due to the continuous reversal of the polarity.

A further side-effect causing negative impacts on the bath performance originates from drag-in and leaching of Photo-resists into the production bath.

Therefore the PPR copper baths are losing their throwing power with increasing bath age. Particularly for the production of complex, high tech printed circuit boards the throwing power (ratio between plating thickness inside the drilled holes and the plating on the surface of the substrate) is an important key parameter (Fig. 1).

der Substratoberfläche) ist speziell in der Fertigung von komplexen Leiterplatten eine zentrale Messgröße (Abb. 1).

Die Mikroverteilung eines neuen Bades erfüllt alle von *Multek* gestellten hohen Anforderungen. Bereits nach einer Badnutzungsdauer von ca. 12 Wochen im 4-Schichtbetrieb (180 Ah/ℓ) fällt die Mikroverteilung (Testpanel, AR = 1:14) auf für *Multek* nicht akzeptable Werte ab (Abb. 2).

Nicht zuletzt aus den Anforderungen an diesen Parameter wird zunehmend das in dieser Hinsicht vorteilhafte PPR-Verfahren eingesetzt. Gerade hier nehmen jedoch mit zunehmenden Anforderungen an die Leistung des Bades auch Anzahl und Auswirkung der Störeinflüsse zu. Daher stellt die Badpflege ein zentrales Instrument zur Erhaltung der galvanischen Badfunktion sowie der Niederschlagsqualität dar [2, 3].

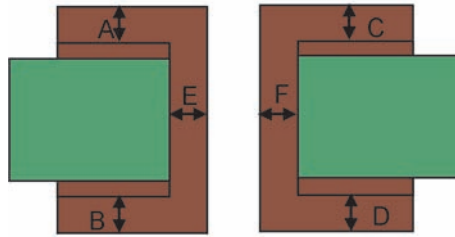
Problemstellung

Die Galvanik einer Leiterplattenfertigung hat die Aufgabe, während einer unbegrenzten Dauer gleichbleibende Ergebnisse zu liefern, in diesem Anwendungsfall speziell im Hinblick auf die Mikroverteilung.

Bei *Multek* bedeutet dies, Multilayer-Leiterplatten von 0,6 mm bis 6,3 mm Plattendicke bei einer Lagenzahl von 4 bis 42 mit den vom Markt geforderten 1 mil (25 µm) Kupfer in der Lochmitte bei Aspect-Ratios (AR) von bis 1:14 zu metallisieren.

Die Einführung der PPR (Pulse Plating Reverse)-Technik zur Erfüllung

throwing power (minimum method)



$$\text{equation: } \frac{(E+F)/2}{(A+B+C+D)/4} = x \text{ } 100\%$$

Abb. 1: Bestimmung der Mikroverteilung mittels „Minimalmethode“
Fig. 1: Determination of “Throwing Power” by “minimum method”

The throwing power of a new bath fully matches the high requirements at *Multek*. Already after operating the bath for 12 weeks in four-shift mode (180 Ah/ℓ) the throwing power (Testpanel AR = 1:14) decreases to an unacceptable level (Fig. 2). To achieve optimum throwing power the PPR technique is the process of choice. But unfortunately it is in this high end application where negative interactions affecting the performance of the bath are increasing as well.

Therefore the electrolyte maintenance method becomes the key element and indeed the central tool to keep bath performance as well as the resulting deposit quality at a constant high level at all times [2, 3].

The task of a plating department is to produce high quality plated products at all times, in this case especially with respect to the throwing power performance. At *Multek* this means to produce printed circuit boards with 0.6 mm to 6.3 mm thickness with a layer count of 4 to 42 layers and to achieve the standardized 1 mil (25 µm) copper thickness in the center of the drilled holes. All this with aspect ratios (AR) ranging up to 1:14.

Problem

The introduction of the PPR technology at the *Multek Europe* factory in Böblingen, Germany, was an important and logical decision. After starting up

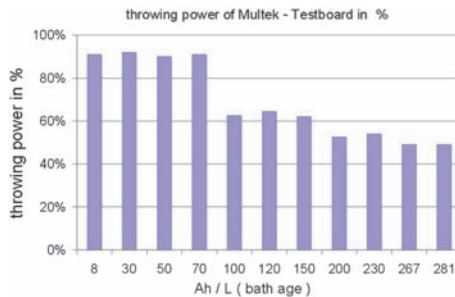


Abb. 2: Abnahme der Mikroverteilung mit zunehmendem Badalter (AR = 1:14)
Fig. 2: Degradation of throwing power with increasing bath age (AR = 1:14)

dieser Anforderungen war für *Multek Europe* in Böblingen eine folgerichtige Entscheidung. Nach Einführung der Technologie stellte sich heraus, dass die Eigenschaft der Mikroverteilung mit steigendem Badalter einer deutlichen Verschlechterung unterlag. Bereits nach 70 Produktionstagen (ca. 12 Wochen) konnte keine akzeptable Mikroverteilung (>60 % am *Multek*-Testboard, AR = 1:14) mehr erzielt werden.

Behandlungen des Bades mit einer Kombination aus Wasserstoffperoxid-Aktivkohle zeigten nur Teilerfolge bei der Wiederherstellung der Mikroverteilung. Das aufwendige Handling und die wenig befriedigenden Ergebnisse dieser Behandlung veranlassten *Multek* zur Suche besserer und modernerer Behandlungsmethoden, die folgende Rahmenbedingungen erfüllen sollten:

- Erhalt der Mikroverteilung (Qualität)
- kein bzw. wenig Badverwurf (Umwelt)
- Schnelle Verfügbarkeit (Kapazität)
- Anwendbar auf alle am Markt verfügbaren Bäder (Flexibilität)
- Reproduzierbares, gutes Behandlungsergebnis (Produktionssicherheit)
- Automatisierbarkeit (Aufwand, Arbeitssicherheit)

Lösungsweg

Nach Recherchen am Markt stieß *Multek* auf das *Enviolet*[®]-Verfahren von *a.c.k. aqua concept*, das bei anderen Anwendern in vergleichbaren Anwendungsfällen bereits eingesetzt wurde [4].

Nach Abstimmung der zuständigen Fachleute bei *Multek* und des Badlieferanten *MacDermid* wurde die Anschaffung einer *Enviolet*[®]-Recyclinganlage gezielt anvisiert. Ein offizielles Projekt wurde eröffnet.

Da *Multek* bereits eine Zusammenarbeit mit *a.c.k.* unterhielt, ließ man im Labor des Karlsruher Unternehmens für UV-Verfahrenstechnik Badproben im Labormaßstab untersuchen und aufarbeiten. Diese wurden zum Testen der Abscheidungsqualität dem Anwendungslabor des Badlieferanten *MacDermid* in Forst zugestellt. Die dortige Anwendungstechnik befand die Laborprobe nach Wiedereinstellung der organischen Parameter für gut. Anstehende Verän-

der PPR technique *Multek* noted soon that with increasing bath age the throwing power significantly decreased. After 70 days of production (approximately 12 weeks) the throwing power was no longer acceptable, with values having decreased to less than 60 %, when measured on the *Multek* test board with an aspect ratio of 1:14.

Treatment of the aged plating baths with a combination of Activated Carbon and Hydrogen peroxide at elevated temperatures showed unsatisfactory results with respect to restoring the throwing power. Nevertheless the handling required a lot of man power. Therefore *Multek* initiated a search for better and more advanced treatment processes, which had to fulfill the following requirements:

- maintenance of required throwing power (Quality)
- no waste, respectively minimal bath waste only (Environment)
- fast availability for recycling (Capacity)
- applicable for all PPR additive systems available in the market (Flexibility)
- constant and reproducible results (Operational window)
- automated process (Manpower and Safety)

The Solution

After researching the methods available from the market *Multek* came across the *Enviolet*[®]-process of *a.c.k. aqua concept*, which is already being used in comparable applications at several other end user clients of *Multek's* chemical supplier [4].

Following the briefing of the plating experts of *Multek* and *MacDermid* the potential purchase of an *Enviolet*[®]-Cu-recycling plant was aimed at and an official evaluation project was initiated.

As *Multek* already had entered into a previous co-operation with *a.c.k.*, samples on a Lab-scale were now sent to the UV-specialist. There test work on these samples was performed, and thereafter sent to the application laboratory of *MacDermid* in Forst, Germany. There several plating tests were performed and *Multek* was informed of the outcome, namely that all specified parameters proved to be satisfactory again after the organic additives had

derungen im Produktionsablauf bedurften jedoch einer Absicherung und Bestätigung der Resultate. *Multek* ließ daher von a.c.k. zwei vollständige Chargen – jeweils in einer Größe von 5000 l – des betroffenen Elektrolyten mit einer Mietanlage aufarbeiten, um das Ergebnis direkt in der eigenen Fertigung zu verifizieren. Nachdem beide Elektrolyte nach der Aufarbeitung wieder nahezu die Eigenschaften eines neu angesetzten Bades zeigten, erwog *Multek* nun die Anschaffung einer weiteren UV-Anlage, da sich schon die erste *Enviolet*[®]-Anlage zur Elimination von Cu-EDTA aus dem Abwasser als gute Investition erwiesen hatte [5].

Ein verbrauchtes Bad hat bei *Multek* einen TOC (Total Organic Carbon)-Wert von ca. 6000 mg/l bis 7000 mg/l. *Abb. 3* zeigt sehr deutlich, dass die im HPLC (High Performance Liquid Chromatography) nachweisbaren organischen Verbindungen bei einer starken Badnutzung (138 Ah/l) gegenüber einem Neuansatz stark zugenommen haben. Die Aktivkohle/H₂O₂-Behandlung bei 50 °C kann weder nach 24 h, noch nach 48 h auch nur annähernd die Merkmale eines Neuansatzes erreichen. Ausschließlich die UV-Behandlung weist im HPLC die gleichen Merkmale wie ein Neuansatz auf.

Der Grund dafür liegt in der vollständigen Elimination (Reaktion 1 - 6) der organischen Verbindungen zu CO₂, Wasser und so weit Schwefel darin enthalten ist zu Sulfat.

Dabei spielt neben der Initiation der Reaktion durch die Wasserstoffabstraktion am organischen Molekül

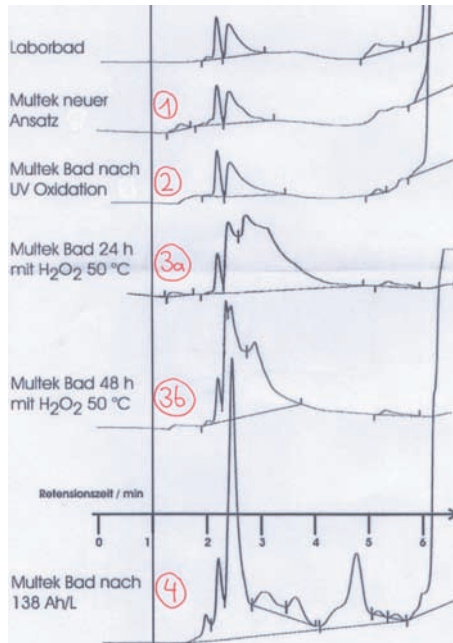


Abb. 3: Der Abbau der Störorganika kann im HPLC-Diagramm erkannt werden
1 = Neuansatz; 2 = nach UV-Reinigung; 3 = nach Aktivkohle/H₂O₂-Reinigung; 4 = gealtertes Bad

Fig. 3: The degradation of By-products is shown in the HPLC-Diagram
1 = new make-up; 2 = after UV-Treatment; 3 = after activated carbon/H₂O₂-treatment; 4 = aged bath

been re-added to the bath sample. Any modification of a production process at *Multek* demands validation and confirmation of lab results. Therefore two complete batches of 5000 l each of aged electrolyte were treated in a rental *Enviolet*[®] unit, in order to duplicate and verify the results in *Multek*'s own production line. As both these electrolytes showed nearly identical properties of a new electrolyte, issuance of a purchase order for a new UV unit was now being considered. Already the first *Enviolet*[®]-unit dedicated to eliminate Cu-EDTA from waste water had proven to be a good investment [5].

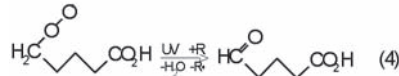
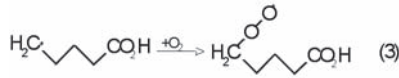
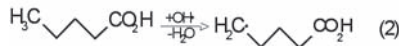
An aged copper bath at *Multek* typically shows a TOC value (Total Organic Carbon) of approximately

6000 – 7000 ppm. The HPLC diagrams (High Performance Liquid Chromatography) in *Fig. 3* show very clearly the following effects:

1. An aged bath (138 Ah/l) shows much higher levels of organic compounds than a new bath.
2. The treatment with activated carbon and H₂O₂ at 50 °C is not capable to achieve the desired properties at 24 h, nor is this the case if the treatment time is extended to 48 h.
3. The *Enviolet*[®]-UV-process is the only method capable to achieve the same HPLC spectrum of a new make up.

The reason for this is the complete elimination of the organic compounds (Reactions 1 – 6) to CO₂, Water and, as far as sulphur compounds are contained, to Sulfate.

(Reaktion 2) die Addition von im Medium gelösten Sauerstoff an die intermediär gebildeten Radikale (Reaktion 3) die wesentliche Rolle. Findet diese Reaktion nicht in ausreichendem und schnellem Maße statt, so kann kein effizienter Abbau erreicht werden, sondern ganz im Gegenteil, der störende Charakter der organischen Nebenprodukte nimmt zu.



The important steps of the reactions are not only the hydrogen abstraction (Reaction 2) at the organic molecule, but also the addition of the dissolved oxygen to the organic radical formed intermediately (Reaction 3). If this reaction is not proceeding sufficiently and at high speed, an efficient degradation of the organics cannot be achieved. The op-

Die optimalen Bedingungen für eine effiziente Steuerung des Abbaus über Reaktion 3 werden durch die Reaktionsbedingungen im *Enviolet*[®]-UV-Reaktor gesteuert.

Dazu gehören neben physiko-chemischen Bedingungen (Radikaldichte, Reaktionsquerschnitte, Transportmechanismen, etc.) auch elektrotechnische: Die spezielle zum Patent angemeldete *RECO*-Steuerung stellt unter allen Bedingungen eine optimale Führung des Strahlers sicher. Die Strahlenquelle wird mittels einer Datenkarte, auf der der „Fingerabdruck“ des Strahlers hinterlegt wird, permanent und phasenrichtig auf die für die effektive Reaktion optimale spektrale Ausgabe überwacht und gegebenenfalls von der eigens dafür entwickelten Regelung nachgeführt.

Spezifikation

Die Anforderungen einer Anlage im Vollmaßstab wurden vom Anwender und dem Chemielieferanten wie folgt festgelegt:

- Die Anlage ist ausreichend zu bemessen, d.h. für die komplette Pulse Plating Linie mit 4 Aktivbädern a 5 m³ sauer Kupfer und einem Reservetank
- Die Anlage wird in die vorhandene Infrastruktur integriert
- Die Behandlung von Bad und Ausschleppung muss innerhalb von zwei Wochen 5 m³ regenerierten Grundansatz liefern
- Der TOC (Total Organic Carbon) nach Behandlung muss auf ≤10 % des Wertes eines gealterten Elektrolyten abgesenkt sein

posite will happen: several by-products with a negative influence on the plating quality will be formed. Optimum conditions for controlling the degradation via Reaction 3 are driven by the reaction-conditions in the *Enviolet*[®]-UV-reactor.

These are not only physico-chemical conditions (density of radicals, reactions cross section, transport mechanisms, etceteras) but also electro technical parameters: A special control device for the UV lamp (*RECO*, patent applied for) assures the optimized performance of the UV lamp. The “finger print” of the UV lamp is saved on a smart card. With this data card the specific lamp data are transferred to the *RECO* which then permanently controls and regulates the UV reactor for optimized spectral emission for an efficient process.

Specification

The specifications for the *Enviolet*[®]-system were jointly stated by *Multek* and the chemical supplier as follows:

- Unit to be designed for the pulse plating line with 4 tanks of 5000 ℓ volume each and one spare tank
- The unit is to be integrated into the existing infrastructure
- The treatment of aged Bath and Drag-out has to generate 5000 ℓ of regenerated electrolyte within two weeks
- The TOC after treatment must be decreased to less than 10 % of the concentration in an aged electrolyte

- Eine HPLC-Analyse soll nach der Behandlung keine für die organischen Inhaltstoffe typischen Absorptionsbanden zeigen (Organische Inhaltstoffe sollen komplett zu Kohlendioxid und Wasser abgebaut – auf jeden Fall jedoch in elektrochemisch unwirksame Stoffe umgewandelt – werden)
- Das regenerierte Produkt soll duktiles Kupfer mit einer Bruchdehnung von $\geq 15\%$ Dehnung abscheiden
- Eine bei 1 A Zellenstrom galvanisierte Probe in der Hullzelle soll 20 mm nach der Niederstromzone matt sein
- Die Auslaugprodukte von Trockenfilmen (Resiste) aller am Markt befindlichen Lieferanten, die ins Aktivbad verschleppt werden, müssen zerstört werden
- HPLC analysis performed after the completed treatment shall not show typical peaks of organic compounds. Organic compounds have to be oxidised completely to CO_2 and water; in any case they have to be transformed into electrochemically inactive compounds.
- The regenerated product has to be capable to plate a ductile copper deposit with an elongation of $\geq 15\%$
- A Hull cell panel plated with 1 A has to show a matte plating 20 mm after the area of low current density zone
- The leaching contaminants from all dry film resists available from major dry film manufacturers must be eliminated by the process as well

Tab. 1: Leistungsdaten der Enviolet®-UV-Anlage bei Multek

<i>Aktivbadvolumen der Linie</i>	4 x 5000 ℓ + 5000 ℓ Reserve Tank
<i>Chargengröße</i>	5000 ℓ nach Behandlung
<i>TOC des verbrauchten Bads</i>	6000 mg/ ℓ bis 7000 mg/ ℓ
<i>TOC nach UV-Recycling</i>	500 mg/ ℓ bis 800 mg/ ℓ
<i>Abbauergebnis</i>	>90 %
<i>Erneuerungszyklus</i>	1 Bad alle 3 Wochen
<i>Anwendung</i>	Pulsplating Kupferbäder vom Typ MACuSPEC PPR 100 (MacDermid)
<i>Produktpalette</i>	Leiterplatten in pattern plating mode; <10 % Anteile pulse panel plate: bis zu 6,5 mm ML AR bis 1:14 bis zu 42 Lagen
<i>Verbesserungen</i>	zeitaufwändige Aktivkohlereinigung entfällt keine Entsorgung von Aktivkohle und verbrauchten Kupferbädern Verringerung von Qualitätsrisiken lange Standzeiten der Kupfer-Elektrolyte

Tab. 1: Performance data of the Enviolet®-uv-unit at Multek

<i>Active bath volume of plating line</i>	4 x 5000 ℓ + 5000 ℓ Reserve Tank
<i>Batch size</i>	5000 ℓ after treatment
<i>TOC of aged bath</i>	6000 mg/ ℓ to 7000 mg/ ℓ
<i>TOC after uv-recycling</i>	500 mg/ ℓ to 800 mg/ ℓ
<i>Degradation result</i>	>90 %
<i>Recycling schedule</i>	1 tank every 3 weeks
<i>Application</i>	Pulse plating copper-bath type MACuSPEC PPR 100 (MacDermid)
<i>Product specification</i>	printed circuit boards in pattern plating mode; <10 % of production is pulse panel plating: up to 6.5 mm ML AR up to 1:14 up to 42 layers
<i>Improvements</i>	elimination of costly, time consuming activated carbon treatment no more disposal of activated carbon and aged copper baths minimizing of quality risks long life time of the copper-electrolytes

Ergebnisse

Der Praxisbetrieb bestätigte die Erwartungen (Tab. 1). Nach der Aufarbeitung waren keine signifikanten Unterschiede zwischen dem aufgearbeiteten Elektrolyten und einem Neuanatz festzustellen. Diese hochwertige Reinigungsleistung wurde von verschiedenen Anwendern in der Leiterplattenfertigung ebenfalls beobachtet [6].

Damit wurde *Multeks*

Ziel der Prozessoptimierung in der Galvanik erreicht und ein wichtiger Beitrag zur Erhaltung einer hohen, konstanten Produktqualität geleistet.

Abb. 4 zeigt die in der Produktion integrierte Recyclinganlage. Der *Enviolet*[®]-UV-Reaktor (Abb. 5) ist vollständig in die Linie integriert. Im Reaktionstank erfolgt die thermische Reaktion der photochemisch induzierten Reinigungsreaktion.

Die exotherme Abbaureaktion der organischen Inhaltsstoffe im *Enviolet*[®]-UV-Oxidations-Reaktor erwärmt die Charge sehr schnell auf ca. 50 bis 65 °C. Die überschüssige Wärme wird durch den Direktkühler/Verdunster abgeführt. Dabei ergibt sich eine willkommene Erhöhung der Konzentration durch die Verdunstung des Bades. Dieses wird während der Behandlung durch die Zugabe von Sparspülwasser nachgefüllt. Damit kann sowohl anfallendes Abwasser vermieden als auch die



Abb. 4: Die *Enviolet*[®]-UV-Oxidationseinheit und vollautomatische Anlagensteuerung mit ZLT-Anbindung ist vollständig in die Galvanik integriert

Fig. 4: The *Enviolet*[®]-UV-oxidation unit and cabinet for fully automatic process operation, connected to central PLC is fully integrated into the plating line

Results

The production results proved to meet all expectations (Tab. 1). After chemical make-up of the recycled electrolyte no significant difference of the properties compared to a new make-up was detectable. This high performance achievement of the recycling was also observed by other PCB manufacturers using this recycling technology [6].

Therefore *Multek's* aim of process optimization of the plating processes was achieved.

Fig. 4 shows the recycling unit integrated into the production line. The *Enviolet*[®]-UV-reactor (Fig. 5) is entirely integrated into the plating line. In the reaction tank the thermal reaction of the photochemical induced purification reactions take place.

The exothermic degradation reaction of the organic compounds heats up the batch quickly to temperatures of approx. 50 - 65 °C. Therefore the excess heat needs to be cooled and removed by means of a direct cooler. This process does not require cooling water and incurs no further costs. The direct cooler is working like an evaporator. This leads to the positive side effect that the bath can be concentrated by this process. During the process the evaporation loss is refilled with drag out rinse water. In this manner the ultimate formation of waste water is effectively prevented. Furthermore the copper concentration of the plat-



Abb. 5: (von links): Lagertank für fertiges Produkt, Behandlungstank mit verfahrenstechnischen Einrichtungen und integriertem Verdunster, Dosiereinrichtung und *Enviolet*[®]-UV-Einheit; Die Steuerung mit Visualisierung liegt außerhalb des Verfahrensbereichs

Fig. 5: (from left): Storage tank for purified product, treatment tank with engineering accessories, integrated evaporator, dosing equipment and *Enviolet*[®]-UV-unit. The PLC control including visualization is located outside of the wet area

Kupferkonzentration im Prozess sehr gut kontrolliert werden.

Nach abgeschlossener Behandlung wird der fertige Grundansatz des regenerierten Bades im Stapeltank gelagert. Sobald eine Zelle in der Leistung nachlässt, steht hier regenerierter Elektrolyt bereit, um die Produktion mit entsprechenden Ergebnissen und nur sehr kurzen Stillstandszeiten fortzusetzen. Derzeit wird eine UV-Behandlung gestartet, sobald die Mikroverteilung unter 60 % (gemessen am Testboard) abfällt.

Wirtschaftlichkeit

Der große Vorteil der *Enviolet*[®]-Technologie liegt neben der hohen Zuverlässigkeit und der hohen Umweltverträglichkeit (kein Abfall) in der schnellen Amortisation. Die Auswertungen der ersten 3 Monate Betrieb zeigten bei einer nicht vollständigen Auslastung der Galvanik eine Amortisation von 15 Monaten. Durch die vollständige Auslastung der Linie in den folgenden Monaten wurde dieser Zeitraum auf 12 Monate verkürzt. Die Betriebskosten der Verfahrenstechnik zeigten sich insgesamt günstiger als erwartet. Durch eine zum Patent angemeldete Leistungsregelung ist es *a.c.k.* gelungen, die Lebensdauer und die Leistungskonstanz der Hochleistungs-UV-Geräte so weit zu verbessern, dass der Strahlerwechsel keinen nennenswerten Anteil an den Betriebskosten aufweist. Aufgrund des automatischen Prozessablaufs ist der Personalaufwand minimal. Der wesentliche Anteil der Betriebskosten wird durch das Oxidationsmittel und die Energiekosten verursacht.

Die Auswertung der Behandlungskosten (Oxidationsmittel, Austauschstrahler, Energie, Wartungsarbeit, Additive) ist in *Tab. 2* zusammengefasst. Die Erfahrung aus 15 Monaten Betrieb zeigte, dass für 85,20 € 1 m³ Aktivbad komplett wieder aufgearbeitet werden konnte. Diese Kosten stehen denen von 1010,00 € für 1 m³ Bad für einen neuen Grundansatz (650,00 €/m³) und der Entsorgung des verbrauchten Bades (360,00 €/m³) gegenüber. Dies ergibt eine Einsparung von 924,80 € pro m³ Bad, was einer Kostenreduktion von 91 % bedeutet. Die Berechnung erfolgt unter der Annahme, dass nach Erreichen der Mindest-Qualitätskriterien jeweils ein Neuansatz respektive eine UV-Behandlung

ing bath can be readily brought back up to the desired level.

After completion of the treatment the thus recycled electrolyte is then stored inside the dedicated storage tank for recycled bath. As soon as a plating tank does not show the required performance anymore the respective electrolyte is exchanged against the newly recycled bath. This requires minimum down time only of the plating station. Currently a new UV process regeneration cycle is being started, whenever the throwing power of any given bath has decreased to less than 60 % (measured on the test board).

Economics

The big advantage of the *Enviolet*[®]-Technology is not only its high reliability and the fact that it is an environmentally friendly process (no generation of waste). Additionally the short return of investment (ROI) deserves to be taken into consideration. The first three months of operation indicated an ROI of 15 months. At that particular time the work load of the plating shop was near 80 %. Thereafter the workload increased to near 100 %, which reduced the ROI to approximately 12 months. In general the running costs showed to be less than expected. The exchange costs for the replacement lamps are not substantial. The reason is the *RECO*-control, which increases the life time of the lamp operation. As the unit is processing the entire treatment fully automatic, man power does not amount to a significant part of the running costs. The majority of the running costs are being caused by the oxidant and the energy cost.

Calculation of the running costs consisting of oxidant, ex-change modules (replacement lamps), energy, maintenance, additive is shown in *Tab. 2*. The experience from 15 month UV recycling at *Multek* showed that 1000 l Cu-bath are completely regenerated at a cost of € 85.20. These costs are set in relation to € 1010.00 for 1000 l bath replacement (€ 650.00/m³ for a new make-up (without organics) plus € 360.00/m³ for waste disposal of the aged electrolyte). This results in a cost saving of € 924.8/m³, respectively a cost reduction of 91 %. This calculation is based on the conditions at *Multek*, namely that a new make-up is required as soon as the minimum quality criteria are reached.

Tab. 2: Behandlungskosten verschiedener Methoden und Kosteneinsparung durch Enviolet®-Verfahren bei Multek

Recyclingkosten UV-Behandlung, komplett (Chemie, Strahler, Energie, Arbeit, Spülwasser)	85,2 €/m ³ 426,- €/Tank
Kosten neuer Grundansatz inkl. Entsorgungskosten, des verbrauchten Bads	1010,- €/m ³ 5050,- €/Tank
Kosteneinsparung, absolut	924,8 €/m ³ Bad 4624,- €/Tank
Kostenreduktion	91 %
Amortisation der UV Anlage	12–15 Monate
Kosten früherer Verfahrensweise (Kompromiss aus Badverwurf, AK/H ₂ O ₂ -Behandlung und Qualität)	401,- €/m ³ 2.005,- €/Tank

1 Tank = 5000 ℓ

erfolgen muss, so dass jeweils ein neuwertiges Bad zur Verfügung steht.

Zusammenfassung

Der innovative Weg eine in der Galvanik bisher nur von wenigen Vorreitern genutzte Technik bei *Multek* einzuführen, hat sich als erfolgreich erwiesen. Bäder die inzwischen schon mehrfach behandelt wurden, erreichen die Mikroverteilung eines Neuansatzes. *Multek* hat damit wesentliche Schritte in Richtung einer konstanten, qualitativ hochwertigen und umweltverträglichen Produktion getan, die durch Kostensenkung und Unterstützung der Anforderungen an Technologie und Qualität auch zur Sicherung des Standorts Böblingen beitragen.

Danksagung

Gedankt sei *F.W. Hunziker, C&G, China*, für seine Hinweise und Ratschläge bei der Abfassung dieser Publikation.

Literatur/Literature

- [1] H. Leuze, T.W. Jelinek: „Praktische Galvanotechnik“, Eugen G. Leuze Verlag, 1988, S. 267
- [2] A. Möbius et al.: „Möglichkeiten der Prozessbadregenerierung – Vertieft am Beispiel von Nickelelektrolyten“, Galvanotechnik 9/2005, S. 2054
- [3] A. Fath et al.: „Sechs Jahre Erfahrungen mit Nickelbadpflege mittels Enviolet-UV-Oxidation bei Hansgrohe AG“, Galvanotechnik 2/2005, S. 350
- [4] M. Sörensen et al.: „Neue Wege im Prozessrecycling von sauren Kupferelektrolyten“, Galvanotechnik 9/2002, S. 2419
- [5] M. Sörensen et al.: „Zerstörung von komplexem CuEDTA“, Galvanotechnik 8/2002, S. 2127
- [6] H. Wagner: „Blind Microvia Filling“, Galvanotechnik 10/2005, S. 2372

Tab. 2: Treatment costs of various Methods used at Multek and cost savings of the Enviolet®-process

Total recycling costs of UV-process, (chemistry, UV lamp, energy, labor)	85.2 €/m ³ 426.- €/Tank
Cost of new make-up, including the disposal costs of the aged bath	1010.- €/m ³ 5050.- €/Tank
Total cost savings	924.8 €/m ³ bath 4624.- €/Tank
Cost reduction	91 %
ROI of uv-recycling plant	12 – 15 months
Cost of previous methodology (a compromise of partial bath disposal / renewal and activated carbon/H ₂ O ₂ treatment and quality)	401.- €/m ³ 2.005.- €/Tank

1 Tank = 5000 ℓ

This new make-up is now being replaced by a bath which has undergone UV recycling.

Conclusion

The innovative means of introducing this technology into the plating department indeed proved to be a successful step forward. Electrolytes which up to now have undergone several recycling cycles are still achieving the throwing power qualities of a new make-up.

Multek therefore has taken significant steps towards a constant, high-grade quality improvement and at the same time a more environmentally friendly production. Through the combination of cost reduction and supporting the high quality requirements of the plating processes this advancement also assists to further secure the production site at Böblingen, Germany.

Acknowledgement

Thanks to *F.W. Hunziker, C&G, China*, for his support with recommendations and input during the composition of this publication.

Kontaktadressen/Contact

Dr. rer. nat. Karsten Bartz, Business Unit Manager Outerlayer & Metallization, Multilayer Technology GmbH & Co. KG, Böblingen, Karsten. Bartz@de.multek.com, www.multek.com

Dr. Peter Meeh, MacDermid GmbH, 76694 Forst, pmeeh@macdermid.com

Dr.-Ing. Martin Sörensen, CEO, a.c.k. aqua concept GmbH, Karlsruhe, info@aquaconcept.de, www.aquaconcept.de