

# 6 jaar ervaring met Nikkelbadbehandeling d.m.v. Enviolet®-UV-Oxidatie bij Hansgrohe AG

## 6 Years Experience of Nickel Plating Bath Purification at *Hansgrohe* AG with *Enviolet*® UV-Oxidation Treatment Process

Andreas Fath<sup>1</sup>, Lothar Jehle<sup>1</sup>, Jürgen Weckenmann<sup>2</sup>, Rudy Mathis<sup>3</sup> und Martin Sörensen<sup>2</sup>

Inleiding	Introduction
<p>In mei 1998 werd bij Hansgrohe AG in fabriek Schiltach een Enviolet®-UV-Oxidatie installatie van a.c.k. aqua concept voor het behandelen van Nikkelbaden in bedrijf genomen. Doel van de installatie is het verbeteren van de afzettingskwaliteit in het Watts Nikkelbad. De tot nog toe gebruikte behandeling met actief kool kon de gewenste hoge kwaliteitsnormen niet meer halen. Het was bovendien geen betrouwbaar en reproduceerbaar proces. Kort na de in bedrijfname van de UV-installatie verbeterde de kwaliteit van de Nikkelafzetting merkbaar. Na 6 maanden continue Ni badbehandeling bereikte de badprestatie dezelfde hoogte als bij een nieuw aangemaakt bad, ook op vlak van stroomspreiding en nivellering.</p> <p>De actief kool behandeling werd stopgezet en in 1999 werd de UV-installatie bij Hansgrohe uitgebreid met een tweede UV reactor.</p>	<p>In May 1998 <i>Hansgrohe</i> AG, Schiltach, Germany, installed a.c.k.'s Enviolet® UV-oxidation unit for purification of the Watts bright-nickel plating bath that ultimately improved the nickel-plating quality. The traditional activated carbon treatment process could just no longer sustain the bright nickel bath purification requirements. In addition, activated carbon treatment was not a dependable process and lacked in repeatability. Shortly after startup of the UV-oxidation process the quality of nickel deposition was substantially improved. After 6 months of continuous bath treatment the bath performance equaled that of a newly prepared plating bath, including optimal throwing power and good leveling. At that moment activated carbon treatment was eliminated. 1999, <i>Hansgrohe</i> upgraded the UV-oxidation system with a second UV reactor.</p>
Geschiedenis	Case History
<p>In mei 1997 contacteerde Hansgrohe a.c.k. aqua concept i.v.m. het kwaliteitsprobleem in de Nikkelbaden en verklaarde dat de tot dan toe gebruikte actiefkoolbehandeling voor hen onbetrouwbaar was. Hun doel was een automatische en eenvoudige behandeling met een betrouwbaar eindresultaat. Na de eerste oriënterende labo onderzoeken werd er bij Hansgrohe een piloot geïnstalleerd, om de daartoe ontwikkelde UV-reactor en behandelingstechniek te testen. De piloot werd bedreven onder verschillende condities en de daaruit volgende verbeteringen in het Nikkelplateren werden opgetekend en gebruikt om de badbehandeling te optimaliseren. Deze optimalisering werd gebruikt voor het vastleggen van de behandelingscriteria en de ontwikkeling en de bouw van de installatie. Een jaar later, mei 1998, werd de eerste industriële installatie bij de gebruiker in dienst genomen.</p> <p>Het toen jonge bedrijf, a.c.k. aqua concept, werd voor zijn eerste project geconfronteerd met zijn concurrenten, daar Hansgrohe het kwaliteitsprobleem ook voorlegde aan andere producenten van UV-toestellen en door hen ook vergelijkende</p>	<p>In May 1997 <i>Hansgrohe</i> contacted a.c.k. aqua concept (a.c.k.) concerning their nickel-plating bath maintenance problem by declaring the existing treatment concept unreliable. The objectives were to develop and design a reliable and user-friendly automated treatment concept. After a few initial tests at a.c.k.'s laboratory, a pilot system was setup at <i>Hansgrohe</i> for evaluation of the specially developed UV reactor and process technique. By operating the pilot system in various process conditions evolved to several noticeable improvements in process procedure, system design and operating parameters. After this evaluation process, the first industrial size system was implemented at the <i>Hansgrohe</i> facility in May 1998.</p> <p>Since this was a.c.k.'s first project of this nature they had to compete with several other UV manufacturing companies that were also invited by <i>Hansgrohe</i> and confronted with the same challenge. However, after comparison of the pilot test results from all competing UV-reactor manufacturers, only a.c.k.'s designed Enviolet® UV-reactor would pass the demanding test in regards to corrosion resistance and quartz tube deposition,</p>

<sup>1</sup> Dr. Andreas Fath, Galvanikgesamtverantwortlicher bei Hansgrohe AG, Werk Schiltach

Lotar Jehle, Projektingenieur Messinggalvanik Werk West Schiltach bei hansgrohe AG,

<sup>2</sup> Dr.-Ing. Martin Sörensen, GF, Vertrieb und Verfahrensentwicklung bei a.c.k. aqua concept GmbH  
Jürgen Weckenmann, GF, Technik und Produktion bei a.c.k. aqua concept GmbH

<sup>3</sup> Rudy Mathis, GF bei Prodecon Inc., a.c.k. Vertretung in den USA

<p>piloottesten liet uitvoeren. Alleen a.c.k.'s ontwikkelde Enviolet® UV-reactor model doorstond de corrosietesten en bleek geen afzetting te vertonen op de kwarts beschermhuis, veroorzaakt door de nodige hoge energiedichtheid in een sterk UV adsorberend medium.</p>	<p>which was due to the high energy density requirements with such a strong UV-adsorbing media.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------



Afbeelding 1: Enviolet® - UV – installatie voor plateerbathbehandeling

Picture 1: Enviolet® UV-Unit for Plating Bath Maintenance

<b>Kwaliteitsverbetering</b>	<b>Plating Quality Improvements</b>
<p>Naast de Watts elektrolyten (Watts [1]), bevatten galvanische Ni-baden ook nog gecombineerde organische additieven, die onder specifieke procescondities een hoogglanzende, modulaire laag vormen op de te plateren onderdelen. Deze organische badadditieven (glansdrager, glansbouwer, bevochtigingsmiddel en nivelleringsproduct, etc.) veranderen van eigenschappen door de vele geïnduceerde elektrochemische behandelingen en moeten dus aangevuld worden[2]. Deze laatst genoemde reacties vormen afbraakproducten die in het bad blijven zitten, met uitzondering van de hoeveelheid die uitgeslept wordt door de behandelde stukken, waardoor bijvullen van de verse additieven noodzakelijk is. Zodoende stijgt het totale gehalte opgeloste organische componenten in het bad die worden best als TOC (Total Organic Carbon) waarde weergegeven. Daarbovenop worden er nog andere ongewenste organische componenten in het Ni-bad geslept uit voorafgaande behandelingenbaden. Door die uitsleep en/of onvoldoende spoelen krijgen we afzettingproblemen in het elektrolytische bad.</p>	<p>Nickel-plating baths contain, besides the basic Watts electrolyte (Watts [1]), also a combination of organic additives which, under specific process conditions, ensure a high quality of bright, ductile deposition on the plated parts. However, these organic additives (carrier, brightener, wetting agent, etc.) change their properties due to many electrochemically induced reactions [2] during the plating process. These formed breakdown products remain in the bath with exception of the amount that is dragged out with the parts and must be replaced with fresh organic additives. This will cause an increase the total amount of dissolved organic compounds, a value, which is best measured by TOC (Total Organic Carbon). In addition, other undesired organic compounds are carried into the plating bath from preceding treatment baths, due to drag out mechanics and/or lack of rinsing, which ultimately cause plating problems as well.</p>

<p>Als gevolg van de accumulatie van de organische afbraakproducten wordt de aangebrachte laag broos, krijgen we structuur fouten en putvorming, dit is een aanwijzing dat het bad aan onderhoud toe is. Onderhoud betekend verwijderen van de afbraakproducten. De ratio mislukte stukken gaat omhoog bij zwakke en inadequate afzetting. In het ergste geval moet het plateerbath verwijderd worden en vervangen worden door een nieuw bad, wat veel kosten met zich meebrengt.</p>	<p>Accumulation of these organic breakdown products lead ultimately to plating deposition problems such as brittleness, pitting and structural faults, which is an indication that plating bath maintenance is necessary by removal of these breakdown products. Product reject rates increase with poor or insufficient plating bath maintenance and impact production economics. The worst case scenario would be that the plating bath must be disposed of and replaced with a new prepared bath, which is a very costly alternative.</p>
<p>Niettegenstaande Hansgrohe, als producent hoge eisen stelt aan de oppervlakte behandeling en daarom veel tijd bestede aan onderhoud van het bad, hadden ze nog steeds veel uitval van slecht behandelde stukken, tussen 1 en 15% in 3 tot 4 maanden lange productieperiodes in 2 ploegen.</p> <p>Bij microscopische analyses van de geplateerde stukken konden ze vaststellen dat er fouten in de oppervlakte laag optraden, die ze alleen konden tegengaan door intensief en tijdconsumerend badonderhoud.</p>	<p><i>Hansgrohe</i> is demanding a very high standard in metal surface treatment and therefore has dedicated an enormous amount of time for bath maintenance. But in spite of all these efforts, significant reject rate increases were observed. Product reject rates between 1 - 15% were common during a 3 - 4 months production period with two-shift operation.</p> <p>Micro-section analysis showed that surface defects occurred during electrolytic deposition (faulty structure) and only with continued time consuming plating bath maintenance could the plating problems be corrected again.</p>

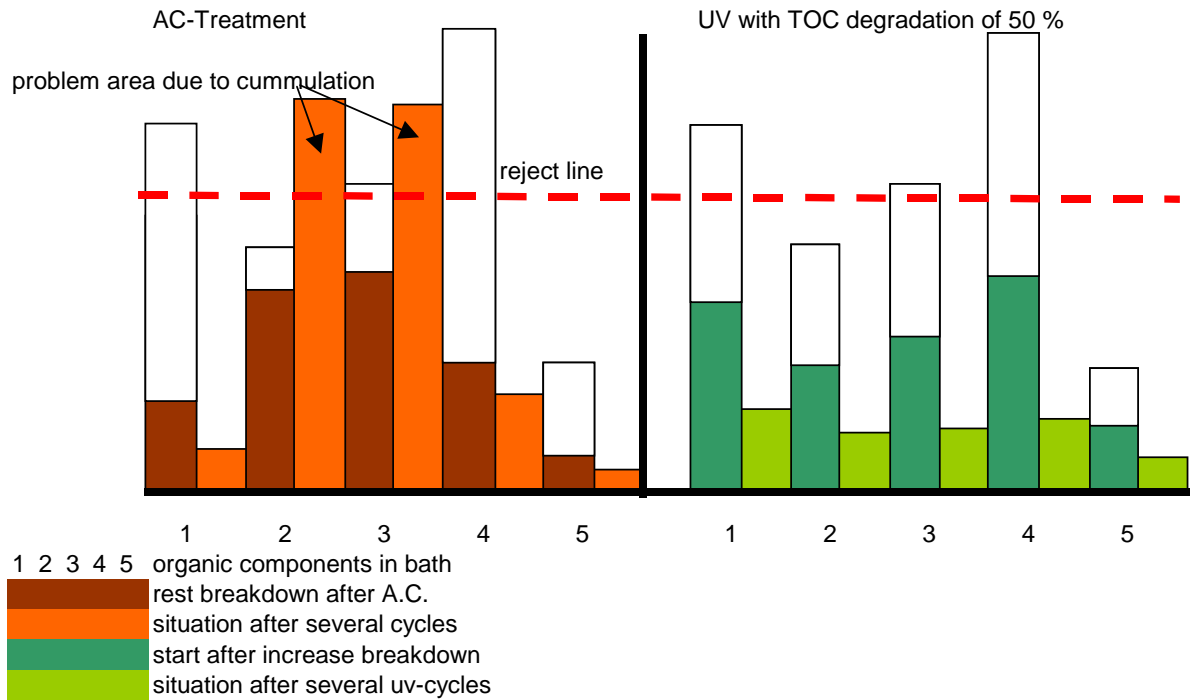


Afbeelding 2: Details van de analyses van de structurele fouten in de galvanische vernikkeling.

Picture 2: Micro-section view for the analysis of structural faults during the nickel electroplating process

<p>De wekelijkse onderhoudsbeurten bestonden uit een dummy oppervlakte behandeling op staalplaten bij lage stroom dichtheden (elektrolytische reductie van de storende organische componenten), gevolgd door een actief kool behandeling en achteraf een filtratiestap waarbij de filter eerst voorzien werd met een pre-coat van diatomeeënaarde. De problemen met dit soort onderhoud zijn:</p>	<p>Weekly maintenance consisted of dummy plating by utilizing steel panels at low current density (electrolytic reduction of disturbing organic compounds) and subsequent activated carbon treatment followed by a filtration process that required pre-coating of filter plates with diatomaceous earth. The problems with this type of bath maintenance are: time consuming, labour intensive, high</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>tijdrovend, arbeidsintensief, brengen hoge installatiekosten met zich mee en productiestops. Het ergst van al, de kwaliteitsresultaten worden niet zo veel beter, omdat het een onstabiel proces is. Er is geen waarneembare relatie tussen de kwaliteit van het procesbad en de onderhoudsbeurten.</p>	<p>equipment cost, production shutdown and, worst of all, the questionable results because there was no process stabilization due to poor empirical relations between plating bath quality and maintenance.</p>
<p>Veel concurrenten en productiebedrijven keken met veel ongeloof naar de UV-installatie bij Hansgrohe. Er werd voorspeld dat ook met deze techniek er na verloop van tijd storende organische componenten zouden accumuleren en er hierdoor ook oppervlakbehandelingfouten zouden ontstaan. Ze gaven in het begin de UV-techniek 4 tot 6 maand, dan 12 maand en de grote sceptici wachten na 6 jaar nog steeds op het falen van de UV-techniek. De huidige UV-technologie gebruikers realiseren zich al lang dat er met een zekere uitsleep cyclus, er een blijvend evenwicht tot stand komt in het bad.</p>	<p>Many competitors and manufacturing companies have observed the UV-unit performance at <i>Hansgrohe</i> with much scepticism. Predictions were made with assertion that also with this treatment process certain organic compounds would accumulate sooner or later and eventually create plating quality problems as well. In the beginning they would give the UV treatment process 4-6 months and then they said 12 months and the big doubters are still waiting today, even after 6 years of operation, that something may go wrong with the plating baths using the UV purification system. However, the current users have realized for a long time that with a certain drag out cycle the bath will reach its state of equilibrium.</p>
<p>In september 1999 verklaarde Hansgrohe de UV-techniek succesvol en kochten ze een tweede UV-reactor voor het verdubbelen van de UV-capaciteit om de verhoging in het koperplateren aan te kunnen. Dit is een simpele operatie, want door de design (modulaire bouw) van de a.c.k. installaties wordt er zelf niet meer vloeroppervlak ingenomen.</p>	<p>In September 1999 Hansgrohe declared the process successful and purchased a second UV reactor for doubling the UV system capacity. This step was necessary due to an increase in brass plating production. However, this was a relatively simple procedure since no additional floor space was required with a.c.k.'s modular design concept.</p>
<p>Uiteindelijk is de vraag wat is het wezenlijke verschil tussen actief kool behandeling en de UV-behandeling? Afbeelding 3 maakt het duidelijk met HPLC-Analyses. Dit toont aan dat er van de 5 gevormde afbraakproducten er twee zijn die door hun slecht adsorptievermogen op actief kool, accumuleren en dat komt bij de UV techniek niet voor omdat ze mee oxideren.</p>	<p>Finally, one would ask, what is the essential difference between activated carbon and UV treatment? It is clearly illustrated in picture 3 by demonstrating the HPLC analysis. It shows that 2 of 5 breakdown components (2 and 3) keep accumulating during activated carbon treatment due to poor adsorption, which, in contrary, is not the case with UV treatment.</p>



Afbeelding 3: De grafiek toont het precieze verschil tussen de 2 technieken over een langere tijdspanne. Het slechte adsorptievermogen van de storende afbraakstoffen op actief kool leidt tot opconcentratie ervan in het behandelingsbad. Bij de UV-behandeling kan men de reductie van de afbraak producten controleren tot onder de grens van “afgekeurde stukken (reject line)”.

Picture 3: Chart shows precise comparison between activated carbon (AC) and UV-treatment over a prolonged time period. While with AC-treatment the poorly adsorbed organic compounds keep accumulating, they are reduced to a controlled level below the “product reject line” with UV-treatment.

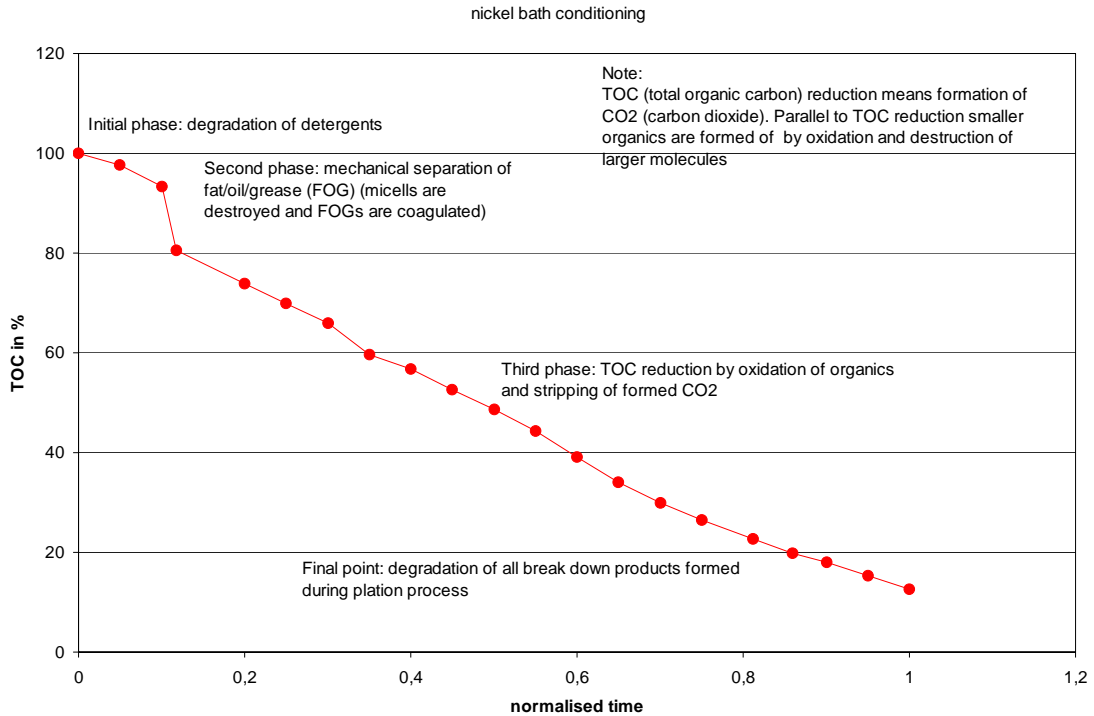
Behandelingsproces	UV Treatment Process
Een aantal zaken moeten uitgeklaard worden vooraleer tot een succesvolle continue UV behandeling kan worden overgegaan:	A series of tasks had to be resolved for a successful continuous operation with UV technology in plating bath purification:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Economische TOC-afbouw</li> <li>2. Corrosievaste UV reactors</li> <li>3. Hoge UV-Output bij een conventionele elektrische voeding.</li> <li>4. Het aanpakken en beheersen van het sterk schuimende medium</li> <li>5. Het verhinderen van aanslag vorming op de kwartsbuis.</li> <li>6. Elimineren van slijp- en poliermiddelen.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Economical TOC Reduction</li> <li>2. Corrosion Resistant UV Reactor</li> <li>3. High UV Output at Existing Power Supply Conditions</li> <li>4. Handling of Foaming Solution</li> <li>5. Prevention of Particle Deposition on Quartz Tube</li> <li>6. Elimination of Buffing Compounds</li> </ol>
Het doel van de behandeling wordt bereikt door een combinatie van oxidatie en een aansluitende mechanische scheiding. Het is belangrijk dat er op geen enkel moment bijproducten gemengd worden met de badvloeistof die in gebruik is, waardoor een „offline“ behandelingsproces noodzakelijk is. In de eerste fase worden de detergents geoxideerd en afgebroken om tegen het einde van deze fase coagulatie te krijgen van slijp en	The treatment objective is achieved through the combination of oxidation and subsequent mechanical separation. It is important that no oxidizing reagent and by-products are mixed at anytime with the actual plating bath solution, which requires an “off-line” treatment process. The wetting agents are destroyed during the first phase of the oxidation process and towards the end of that phase the buffing compounds begin to coagulate

poliermiddelen. Deze laatste worden mechanisch afgescheiden in een afscheider die in de UV-installatie is geïntegreerd. In de daaropvolgende fase wordt de TOC stap voor stap geoxideerd en in de laatste stap wordt de overmaat aan oxidant volledig verwijderd.	and are separated with a mechanical separation process, which is an integral part of the UV system. During the subsequent treatment phase the TOC is step-by-step oxidized. In the final treatment step the remaining oxidizer reagent concentration is completely removed.
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabel 1: Processtap met doel van de behandeling.  
Table 1: Process steps and their objectives

<b>Stap Step</b>	<b>Doel van de behandeling</b>	<b>Treatment Objective</b>
Oxi 1	Oxidatie van de gemakkelijk afbreekbare organische bestanddelen, TOC- Reductie	Oxidation of easy degradable organic compounds, TOC reduction
Oxi 2	Oxidatie van de detergents en emulgatoren tot het begin van de fasescheiding, TOC- Reductie	Oxidation of detergents and emulsions until begin of phase change, TOC reduction
Oxi 3	TOC-Reductie door oxidatie tot TOC doelwaarde.	TOC reduction by oxidation until target TOC value
End-Oxi	TOC reductie en verwijderen van oxidant, mechanisch fijn reiniging, voordat de oplossing terug gaat naar het productiebad.	TOC reduction and elimination of oxidizer reagent; Mechanical final polishing before return of solution to plating bath

Hierna kan het gereinigde bad terug naar het galvanische proces. Over het algemeen is er iedere week een volume tussen 8 à 15% van het badvolume in een behandelingsomloop om kwaliteitsproblemen te voorkomen.	Now the treated solution is ready for return to the plating process. Typically, 8 - 15% of plating bath volume is weekly in the treatment loop for preventing any plating quality problems.
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

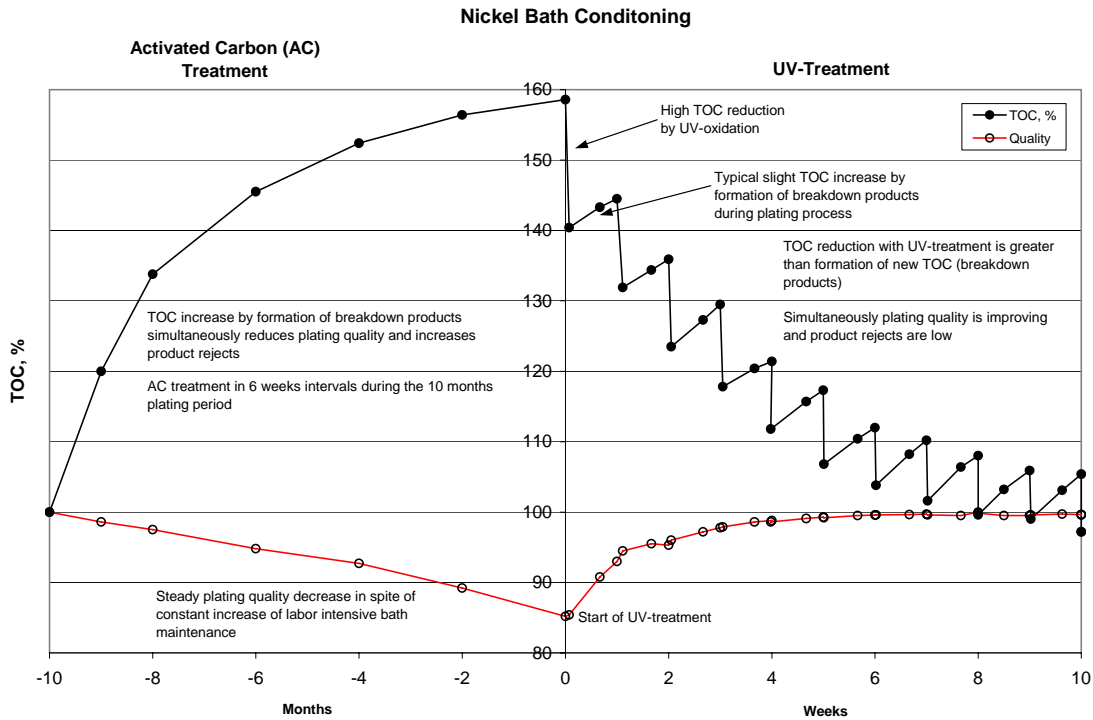


Afbeelding 4: -typisch verloop van de afbouw in een Watts' Nikkelbad.

Picture 4: Typical TOC degradation chart of a Watts nickel plating bath

In afbeelding 4 kan men een typisch behandelingsverloop zien, terwijl afbeelding 5 (links) toont hoe de TOC toeneemt ondanks de intensieve AC-behandeling gedurende 10 maanden. Na 10 maanden is de UV behandeling gestart en in 10 weken was de badkwaliteit terug als bij een origineel productiebad. Hierdoor kon Hansgrohe zijn afgekeurde stukken in de koper platering opvallend reduceren, door het verwijderen van de afbraakproducten in het Nikkelplateerbath (zie tabel 2)

Picture 4 illustrates how TOC is typically degraded during the UV-oxidation treatment process and picture 5 (left side) demonstrates the TOC increase during a period of 10 months in spite of AC-treatment. After 10 months, UV treatment began and within 10 weeks the original bath quality was basically re-established again. With that, *Hansgrohe* achieved a substantial decrease in product rejects in brass plating due to reduction of organic breakdown products in the nickel plating bath (see table 2).



Afbeelding 5: linker deel: toename van TOC in het bad door de accumulatie van zogenaamde organische storingselementen. De kwaliteit van behandelde producten daalt bij stijgende TOC.

Rechter deel: Zaagtandsgewijze afbouw van de TOC, door de aan de productie parallel uitgevoerde UV-reiniging. De TOC verhoging is veroorzaakt tijdens de oppervlakte behandeling in het bad, terwijl de afnemende TOC bekomen wordt tijdens de "offline" UV-behandeling. Afhankelijk van de capaciteit van de installatie, is er al na enkele UV-reinigingscyclussen een TOC verlaging merkbaar met daaraan gekoppeld een constant hoge eindkwaliteit.

Picture 5: Left: Increase of TOC due to buildup of breakdown products and decreasing plating quality with increasing TOC concentration in plating bath.

Right: Oscillating TOC decrease due to off-line UV treatment cycles. The noticeable TOC increases result from the plating process, whereas the decreases are the result from the UV purification process. Depending on the UV system capacity, noticeable quality improvements are already accomplished after just a few treatment cycles and after multiple purification cycles consistent high plating quality is achieved.

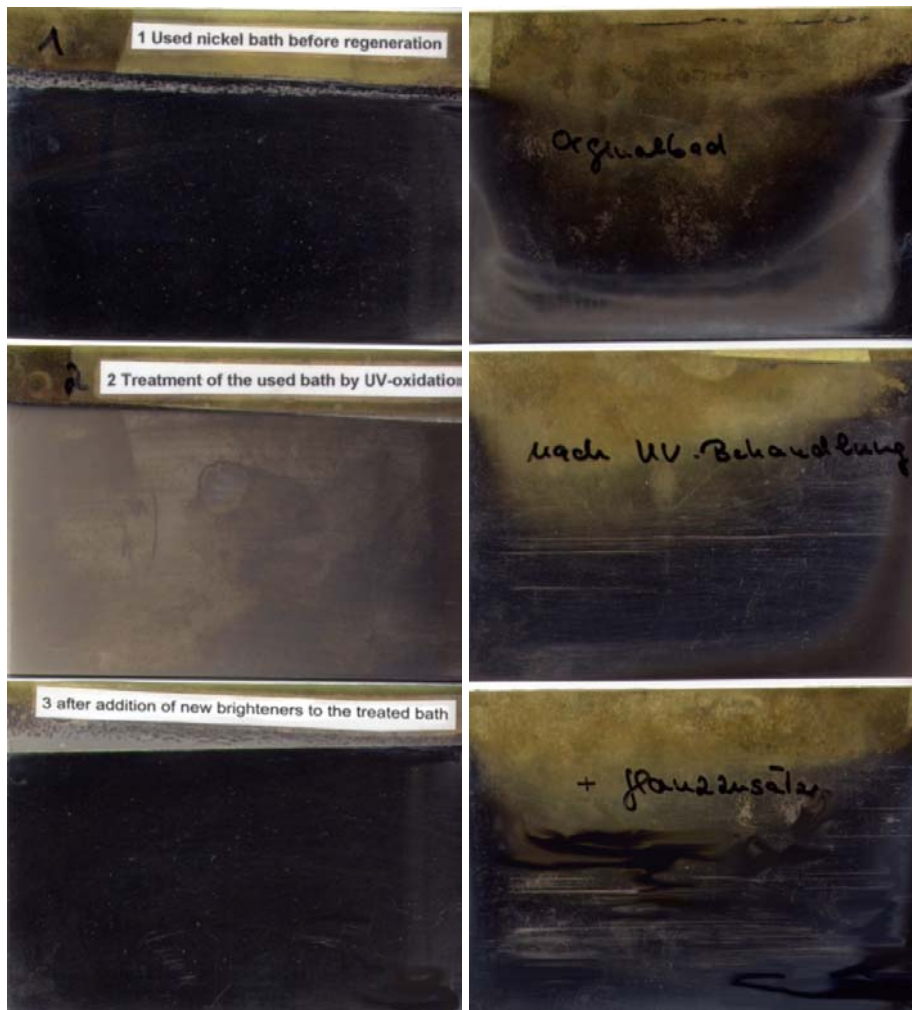
Tabel 2: Vergelijking tussen AC-behandeling en UV-techniek

Table 2: Comparison of AC Treatment vs. UV Treatment

	<b>Actiefkool behandeling With AC Treatment</b>	<b>Na 6 maanden UV- badbehandeling After 6 Months UV Plating Bath Maintenance</b>
TOC, totaal in g/L TOC, total g/l	9,7	4,8
TOC, originele organische additieven in g/L TOC, original organic additives,	4,5	4,4

g/l		
TOC, aandeel aan afbraakproducten	5,2	0,4
TOC, breakdown products, g/l		
Afgekeurde eindproducten in %	3 - 7	< 0,3
Reject Rate, %		

Techniek met Potentieel	Technique with Potential
Het doel, een constante en doorlopende kwaliteit, van het Glans-Nikkel proces was bereikt. Toch ligt de grootste besparing, bij het beter inzetten van de organische badadditieven. Ervaring van de klant heeft geleerd dat er een hogere concentratie aan glansmiddel kan worden toegevoegd, waardoor het mechanisch voorbehandelen (slijpen, polieren) kan gereduceerd worden.	The goal for a lasting and constant plating quality in bright nickel-plating was achieved. However, the biggest savings potential yet is in better utilization of the brightener organic additives. As demonstrated by the customer the brightener concentration can be significantly increased in the nickel bath so that mechanical pre-treatment (grinding, buffing) can be greatly reduced.



Afbeelding 6: links (voorzijde), rechts (achterzijde): Illustratie van enkele Hull-Cell testpanelen. Een duidelijke verhoging van energiedichtheid kan worden opgemerkt na UV-behandeling en daaropvolgend aanvulling van glansmiddel.  
 Boven: Voor UV behandeling, gebruikt Nikkelbad  
 Midden: Na UV-behandeling voor het toevoegen van glansmiddel  
 Onder: na UV-Behandling en na toevoeging van glansmiddel

Picture 6: Left (Panel Front Side), Right (Panel Rear Side)  
 Illustration of various Hull-Cell Test Panels  
 Significant increase of throwing power can be noticed with UV treated bath and subsequent brightener addition:  
 Top: before UV treatment, used bright nickel bath  
 Middle: after UV treatment, without brightener addition  
 Bottom: after UV treatment, with brightener addition

Samenvatting en toekomstvisie	Summary and Future Outlook
<p>Reinigen van platerbaden d.m.v. het UV-proces is nu een goedgekeurd concept in verschillende bedrijven sinds enkele jaren. Voornamelijk de 6-jarige ervaring bij Hansgrohe, bevestigt dat dit UV-proces geslaagd is. Sindsdien gebruikt Hansgrohe daarom enkel nog deze reinigingstechniek.</p>	<p>Plating bath purification with the UV process technology is now a proven concept in various companies for many years. In particular the statement of <i>Hansgrohe</i>, after 6 years of experience, confirms that this process is indeed remarkable. <i>Hansgrohe</i> is relying exclusively on this bath purification method and has not used any other treatment methods since.</p>
<p>a.c.k. heeft al de ingewonnen ervaring gebruikt om een nieuwe reactor generatie te ontwikkelen en heeft daardoor de techniek nog verbeterd.</p> <p>De UV-verdamper is ontwikkeld, gedeeltelijk bruikbaar bij het reinigen van het procesbad, maar daarnaast ook om het spoelwater (uitsleep) te behandelen voor hergebruik in het procesbad. Dit is niet alleen economisch een voordeel, het minimaliseert ook de afvalstromen. Dit concept heeft zich al wereldwijd bewezen in de PCB (printing Circuit Boards)–productie [4, 5].</p>	<p>a.c.k. integrated all this experience into the new reactor generation and has now improved the process even further. The UV-evaporator system was developed, which is in particular suitable for plating bath purification applications. Besides the plating bath also the rinse water (drag out tank) can be reclaimed and returned to the plating bath, which not only improves the economics of the operation even further but also serves the purpose of waste minimization. This concept has already been proven by many leading companies worldwide in the printed circuit board industry [4, 5].</p>

**Literatuur / Literature:**

- [1] Watts, O.P., Trans. Am. Elektrochem. Soc., 29, 295 - 403 (1916)
- [2] Leutze, H., Jelinek, W., Praktische Galvanotechnik, Eugen Leutze Verlag, 267 (1988)
- [3] M. Sörensen und J. Weckenmann, Nickelbadpflege mit Hilfe der UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>- Oxidation in Kombination mit einer mechanischen Trennstufe, Galvanotechnik, 9, Bd. 89 (1998)
- [4] M. Sörensen, J. Weckenmann, R. Hoogenboom and A. Kat, New ways of process recycling of acidic copper plating bath; Galvanotechnik, 9, Bd. 93 (2002)
- [5] A. Özkök and B. Roelfs, A Method towards Infinite Bath Life for Acid Copper Electrolytes, IPC/HKPCA'S 2003 International Printed Circuit & Electronics Assembly Fair

**Authors:**

- <sup>1</sup> Dr. Andreas Fath, Plant Manager, *Hansgrohe AG*, Schiltach  
 Lotar Jehle, Project engineer Brass Plating Department, *Hansgrohe AG*, Schiltach
- <sup>2</sup> Dr.-Ing. Martin Sörensen, CEO, Sales and R & D, a.c.k. aqua concept GmbH  
 Jürgen Weckenmann, CEO, Technical Department and Manufacturing, a.c.k. aqua concept GmbH
- <sup>3</sup> Rudy Mathis, ProdEcon, Inc., President/Owner, Wastewater Treatment Consultant, a.c.k. Sales Representative for the United States