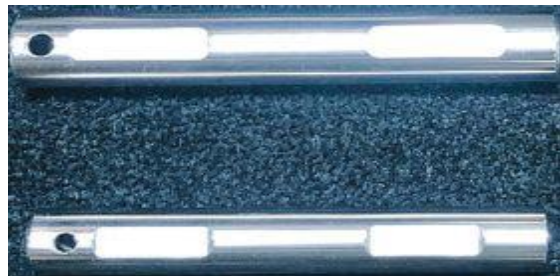


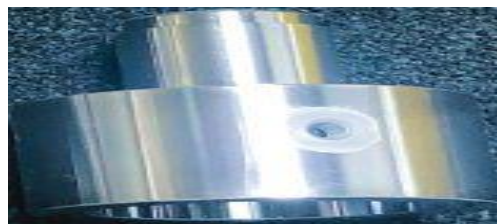
تهیه و تنظیم: گروه نشریات پوشش‌های سطحی  
و پیام آبکار

## کنترل اتوماتیک حمام‌های نیکل الکترولس

یک کنترل کننده اسپکتروفتومتری امکان اندازه‌گیری دقیق‌تر مقدار نیکل و pH را در یک فرآیند نیکل الکترولس (ENi) فراهم می‌کند که در نتیجه کیفیت محصول بهبود می‌یابد.



از زمان "کشف" آن در سال ۱۹۴۶ توسط<sup>۱</sup> Abner Brenner Grace E. Riddell، نیکل الکترولس (ENi) به طور گسترده‌ای در سراسر جهان در بسیاری از برنامه‌های کاربردی مورد استفاده قرار گرفته است. بسیاری از ویژگی‌ها و مزایای آن، از جمله مقاومت در برابر خوردگی و سایش، یکنواختی پوشش حتی در مورد وسایل پیچیده، کنترل دقیق ضخامت پوشش و عدم ماشینکاری پس از آن در طیف گسترده‌ای از کاربردها مورد قبول واقع شده است. در چند سال گذشته، استفاده از آن در تولیدات داخلی نه تنها در زمینه‌های تخصصی‌تر مانند هوا فضا، فن آوری هوانوردی و هواپیمایی، تجهیزات پزشکی و نظامی، علاوه بر تولیدات عمومی مانند صنعت خودرو نیز دوباره احیا شده است. از آنجا که کارگاه‌های آبکاری داخلی به طور کلی از موارد خارج از کشور کوچکتر هستند، افزایش اتومات سازی کل فرآیند آبکاری کلیدی برای رقابت در سطح بین‌المللی است.<sup>۲</sup>



فرصت

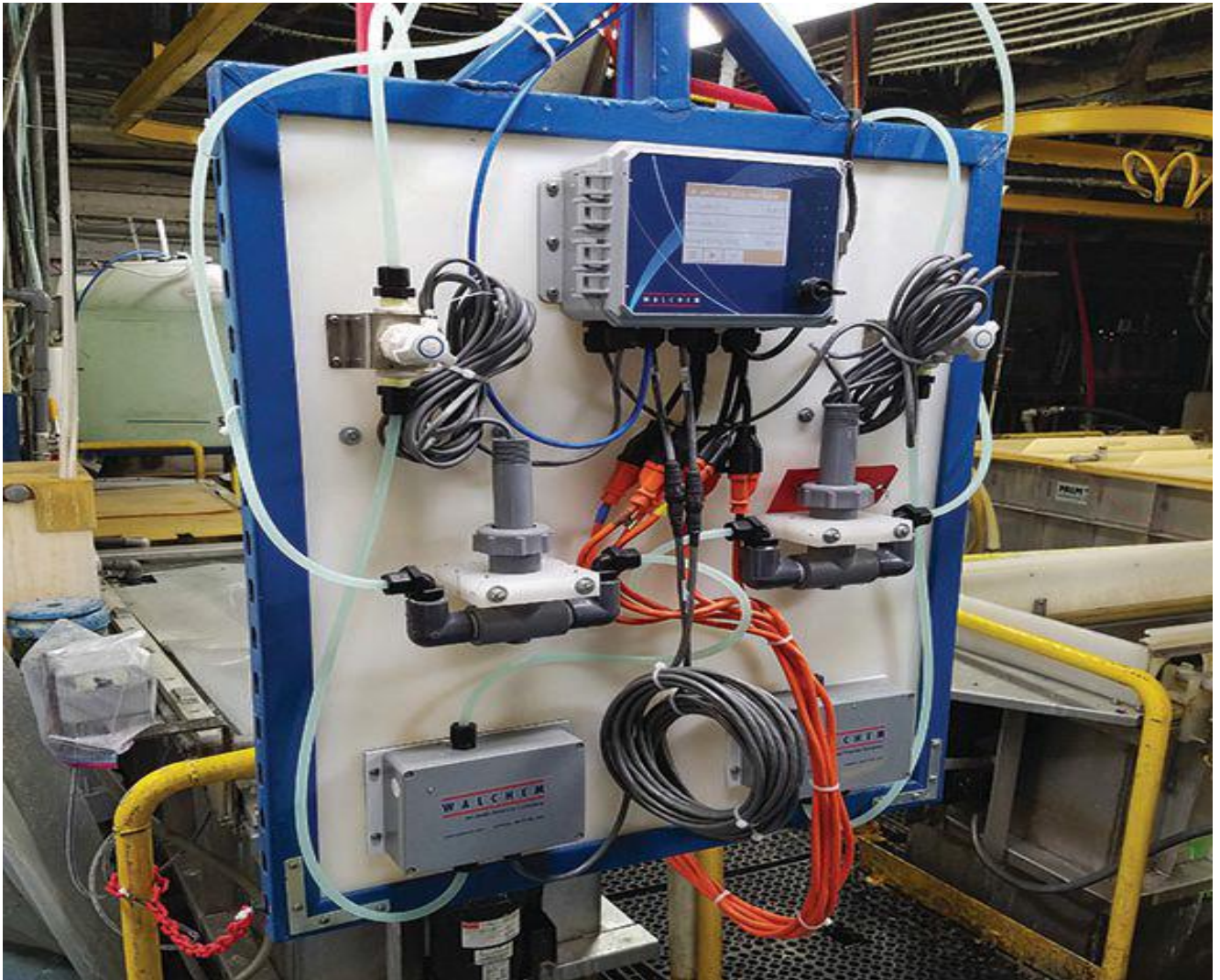
شرکت (TPC) Tawas Plating & Tawas Powder Coating Inc. در شمال شرقی میشیگان خدمات اتمام کلاس جهانی را به صنعت خودرو، کامیون سنگین، پزشکی، نفت و گاز و سایر صنایع تولیدی ارائه می‌دهد. بخش عمده ای از کار این شرکت ارائه آبکاری نیکل الکترولس با فسفر کم، فسفر متوسط و فسفر بالا است.

مایکل مور، از شرکت TPC می‌گوید: "به دلیل هزینه کار و تنوع مراحل که در آزمایش تیتراسیون برای کنترل حمام ENi استفاده می‌شود، ما تصمیم گرفتیم از کنترل کننده‌های موجود در بازار استفاده کنیم."

این امر همچنین برای تلاش‌های مستمر بهبود مداوم TPC مناسب است، زیرا این شرکت اتوماسیون حمام‌های ENi خود را بعنوان یکی از مولفه‌های اصلی تأمین کالاها با بالاترین کیفیت برای پاسخگویی به نیازهای روزافزون مشتریان خود معرفی کرده است. TPC همچنین این موضوع را فرصتی برای بهبود نرخ تولید، بهبود مصرف مواد شیمیایی، کاهش ضایعات و استفاده کمتر از نیروی انسانی در خط خود دانسته است. TPC پس از تحقیق گسترده در مورد گزینه‌های اتوماسیون حمام ENi خود، دریافت که یکی از تأمین کنندگان تجهیزات فعلی خود، گزینه‌ای مناسب آنلاین جهت تعیین نیکل و pH به صورت اسپکتروفتومتری دارد. اگرچه این نوع کنترل کننده ها حدود ۴۰ سال است که در بازار وجود دارد، آخرین نسل عملکرد استثنایی، قابلیت اطمینان بهبود یافته، مدیریت داده‌های یکپارچه و اطلاع رسانی / تشدید هشدار، اتصال LAN، ادغام DCS از طریق Modbus TCP و قابلیت دسترسی از راه دور را فراهم می‌کنند. مور می‌گوید: "ما تشخیص دادیم که اتومات کردن همه مخازن آبکشی هزینه بر خواهد بود، اما مطمئن بودیم که این امر برای اهداف بلند مدت ما مناسب است."

#### راه حل

یک کنترل کننده نیکل الکترولس سری WNI600 ساخته شده توسط Walchem - IWAKI America Inc (هالیستون، ماساچوست) در یک آزمایش برای کنترل دو حمام ENi نصب شد که هر دو از یک برنامه ENi فسفر متوسط ساخته شده اند. مور خاطرنشان می‌کند، "توانایی WNI600 در کنترل دو مخزن به طور همزمان فرصتی را برای ما فراهم کرد تا هزینه‌های اولیه خود را به میزان قابل توجهی کاهش دهیم."



کنترل کننده نیکل الکترولس سری WNI600 تولید شده توسط والچم - IWAKI America Inc. منبع  
عکس: IWAKI America Inc.

این کنترل کننده یک سنسور الکترونیکی نیکلی را در خود دارد که میزان جذب حمام را که از یک سلول جریان با طول مسیر ثابت عبور می کند، اندازه گیری می کند. یک منبع نور از درون حمام عبور می کند و یک آشکارساز فوتودیود جذب نور را در طول موج های خاص اندازه گیری می کند که مستقیماً با غلظت نیکل متناسب است. سیگنال به غلظت نیکل تبدیل شده و توسط کنترل کننده نمایش داده و ضبط می شود.



نشریه پیام آبکار شماره ۳۲ پاییز ۱۴۰۰

علاوه بر این، از یک حسگر pH آنلاین نیز استفاده می‌شود. هنگام کار در حالت کنترل، پمپ‌های تغذیه شیمیایی متصل به خروجی‌های رله، از نظر شیمی حمام را حفظ می‌کنند.

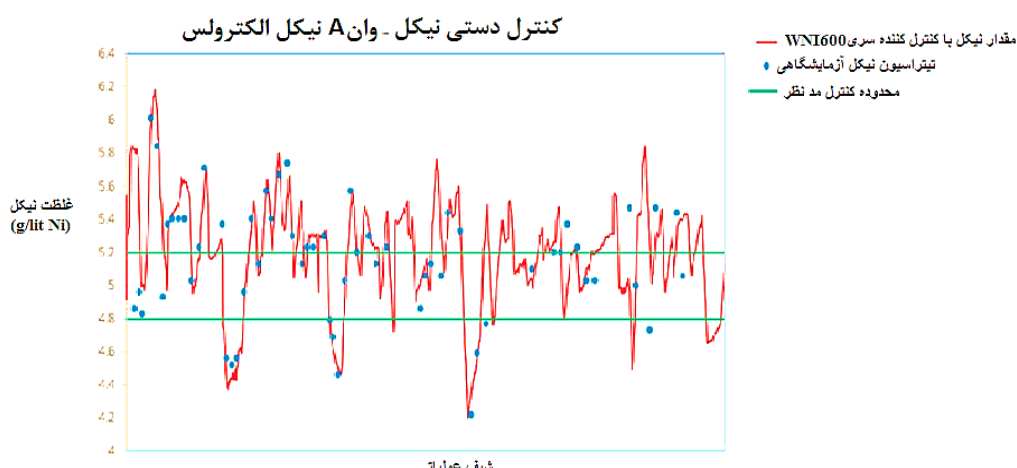
غلظت نیکل در یک محدوده مورد نظر حفظ می‌شود. یک عامل کاهنده، در این مورد هیپوفسفیته، متناسب با شیمی محلول نیکل را شارژ می‌کند. علاوه بر این، یک تنظیم کننده pH نیز تزریق می‌شود تا pH محلول را در یک بستر مورد نظر حفظ کند. طول عمر حمام با محاسبه میزان مقادیر فلزات (MTO) و یک زنگ هشدار برای اطلاع دادن به اپراتورها هنگام نزدیک شدن به زمان تعویض حمام تعیین می‌شود. تمام داده‌ها به صورت محلی بر روی کنترل کننده، جمع آوری و ذخیره می‌شوند و همچنین با استفاده از یک ابزار نرم افزاری مدیریت حسابداری، Walchem Fluent، که شامل IoT، اتومات شدن فرآیند، نظارت و کنترل از راه دور و ثبت داده‌ها است، نگهداری می‌شوند.

#### نتایج

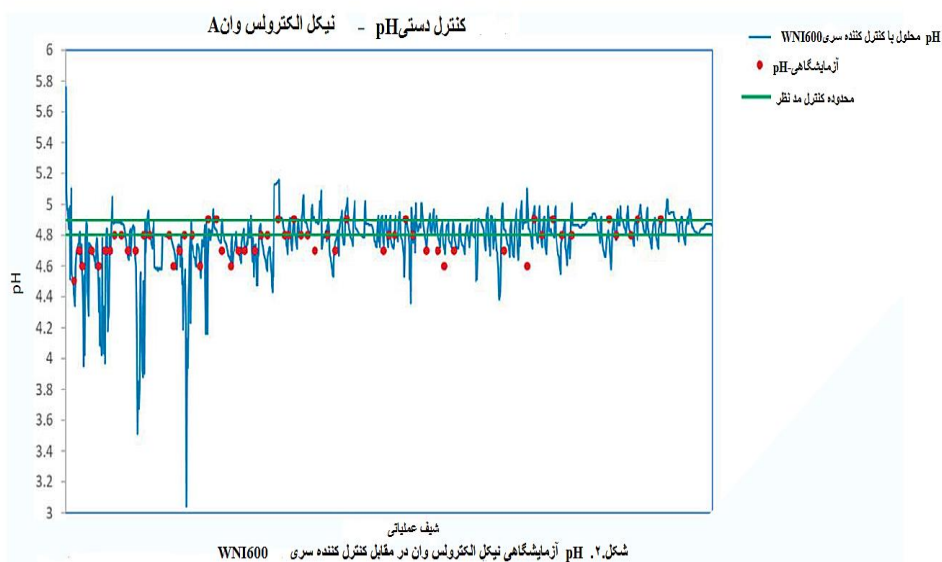
مور می‌گوید: "راه اندازی سریع و آسان بود." ما توانستیم به راحتی از طریق رابط اپراتور پیش برویم و در عرض چند دقیقه به سرعت در پارامترهای خاصی برای فرآیندهای خود برنامه‌ریزی کنیم. پس از اتمام کار، رضایت کاملی داشتیم."

برای جلب اطمینان اپراتورهای خط در نتایج، کنترل کننده ابتدا در حالت پایش قرار گرفت و در کنار هم با آنالیز نیکل آزمایشگاهی که از طریق تیتراسیون EDTA انجام شد مقایسه شد.

در شکل‌های ۱ و ۲ به ترتیب میزان غلظت نیکل و pH قرائت شده در حمام A از کنترل کننده به نتایج آزمایشگاهی تیتراسیون و pH مقایسه شده است. این کارخانه می‌خواهد دامنه کنترل حمام را در  $5 \pm 0.2$  گرم در لیتر نیکل حفظ کند. ردیابی و همبستگی عالی بین این دو با کنترل کننده به طور متوسط ۵/۱۹ گرم در لیتر با انحراف استاندارد ۰/۳۲ و نتایج تیتراسیون EDTA به طور متوسط ۵/۱۵ گرم در لیتر با انحراف استاندارد ۰/۳۵ مشاهده شد.



شکل ۱. مقایسه تیتراسیون آزمایشگاهی نیکل در مقابل کنترل کننده سری WNI600



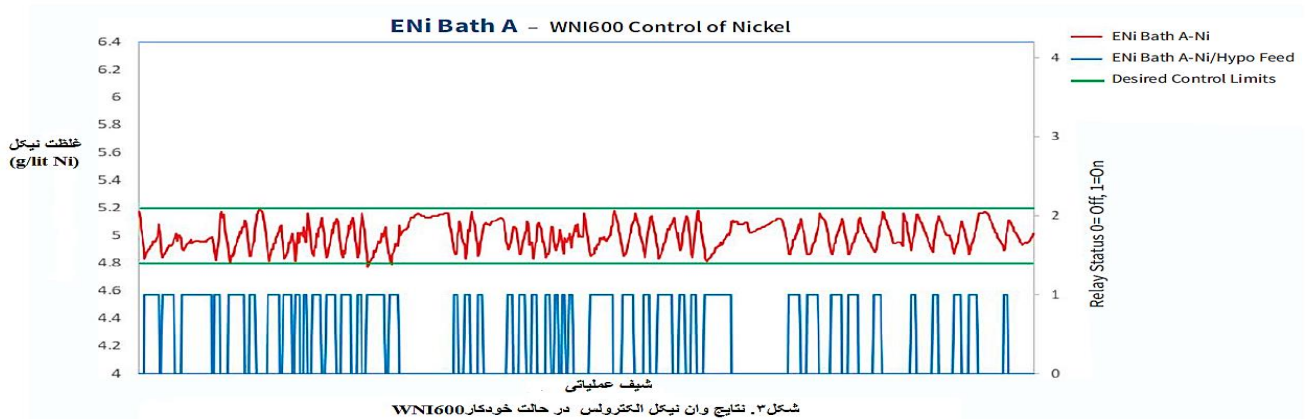
شکل ۲. pH آزمایشگاهی نیکل الکترولس وان در مقابل کنترل کننده سری WNI600

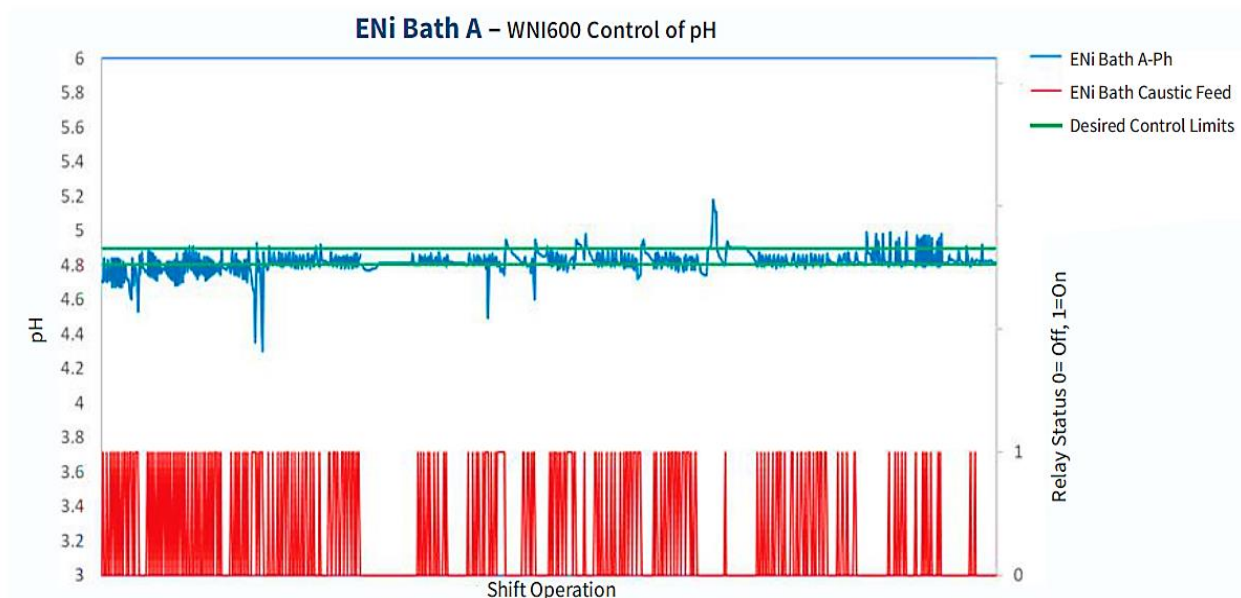
همبستگی خوبی نیز از خواندن pH از کنترل کننده و اپراتورهای خط نیز مشاهده شد. محدوده pH مورد نظر  $4/9 \pm 0/1$  است. کنترل کننده pH متوسط  $4/77$  را با انحراف استاندارد  $0/19$  ثبت کرد در حالی که قرائت pH اپراتور خط به طور متوسط  $4/8$  با انحراف استاندارد  $0/1$  بود.

این نتایج عملکرد کنترل کننده را برای مدیریت کارخانه راضی می کند و کنترل کننده در حالت کنترل قرار می گیرد. مور توضیح می دهد: "در ابتدا، برنامه ما این بود که دقیقاً کنترل نتایج کنترل کننده را در مقایسه با تیتراسیون و بررسی pH انجام دهیم." "اما بعد از حدود یک هفته، نتایج آن چنان ما را تحت تأثیر خود قرار داد که تصمیم گرفتیم اجازه دهیم کنترل کننده کار خود را انجام دهد."

بنابراین پمپهایی جهت تزریق مواد شیمیایی، پمپهای دمنده ای جهت تلاطم محلول استفاده شد که به خروجی های رله متصل شده اند. یک پمپ دمنده دوتایی نیز برای تأمین مواد شیمیایی و شارژ مقدار نیکل و هیپوفسفیت تنظیم شد که خروجی پمپ بر اساس توصیه تامین کننده مواد شیمیایی متناسب با نسبت نیکل به هیپوفسفیت است. برای تزریق سود برای کنترل pH از پمپ دمنده دوم استفاده شد. در شکل های ۳ و ۴ نتایج نیکل و pH هنگامی که کنترل کننده شروع به کنترل خوراک شیمیایی و کنترل سطح pH، یعنی تغذیه با مواد شیمیایی شارژ نیکل، هیپوفسفیت و سود درون حمام نشان داده شده است. علاوه بر این، نمودارها، زمان های مربوط به فعال و غیرفعال شدن پمپ های خوراک شیمیایی را نشان می دهند. غلظت نیکل حمام در  $5$  گرم در لیتر با انحراف استاندارد  $0/09$  حفظ شد. این در حد کنترل مورد نظر  $4/8$  تا  $5/2$  گرم در لیتر و بیش از  $3/5$  برابر بهبود نسبت به کنترل دستی بود.

نتایج مشابهی نیز برای کنترل pH مشاهده شد. PH به طور متوسط  $4/82$  با انحراف استاندارد  $0/07$  به دست آمد. همانند کنترل نیکل، این در حد کنترل مورد نظر  $4/8$  تا  $5$  واحد pH بود.





شکل ۴. نتایج pH در صورت فرار دادن کنترل کننده در حالت خودکار فعال سازی خوراک سود نیز نشان داده شده است.

کوبین جانگکوئیست، مدیر عامل TPC می‌گوید: "نظارت بر زمان واقعی و کنترل اتومات حمام‌های نیکل مزایای فوق العاده‌ای را به ما تحمیل کرده است." از طرفی ما حمام‌های قوی‌تری ساخته ایم که به ما این امکان را می‌دهد در فرآیند سخت‌تر کار کنیم.

این امر باعث شده است تا یک پوشش آبکاری شده سازگارتری برای محصولات نهایی ما فراهم شود. علاوه بر این، توانایی دیدن داده‌های واقعی و اعلان‌های هشدار از طریق کنترل کننده، میز کار یا حتی روی تلفن، این امکان را به ما داده است که بتوانیم در هر زمان و از هر مکان، به سرعت به هر فرآیند متلاشی شده‌ای پاسخ دهیم."

وی افزود، "آخرین و احتمالاً مهمترین مزیت تغییر کنترل کننده نیکل کاهش کلی زمان و هزینه تیتراسیون دستی و نگهداری کلی مخزن بوده است. اپراتورها دقیقاً می‌دانند که حمام در هر زمان در کدام وضعیت است و چه موقع نیاز به تخلیه مخزن دارد. در نتیجه، ما قادر به آزادسازی منابع برای انجام سایر کارهای مهم و با ارزش افزوده هستیم که کارایی ما را بهبود بخشیده است."

### خلاصه

بهبود قابل توجهی در کنترل کلی یک حمام ENi با استفاده از یک کنترل کننده آنالین نیکل / pH اسپکتروفتومتری در یک برنامه دنیای واقعی نشان داده شده است. نتیجه بهبود قوام در پایان پوشش آبکاری و کیفیت کلی بالاتر محصول است. این امر به شما امکان می‌دهد حتی عملیات آبکاری از اندازه‌های کوچک تا متوسط نیز موقعیت خود را برای پاسخگویی به الزامات افزایش کیفیت مشتری و رقابت بهتر در مقیاس جهانی بهتر نشان دهند.



نشریه پیام آبکار شماره ۳۲ پاییز ۱۴۰۰

اتومات شدن و کنترل حمام‌های ENi طی چند سال گذشته علاقه مندان زیادی داشته است. کنترل دقیق فرآیند ENi به دستیابی به کیفیت نهایی صحیح محصول، اعم از مقاومت در برابر خوردگی، سختی، براقیت و ... کمک می‌کند.

همچنین از مقدار درست نیکل و فسفر اطمینان حاصل می‌کند و احتمال ایجاد پوشش‌های نامطلوب، حفره و چسبندگی ضعیف را به حداقل می‌رساند.

برای اطلاعات بیشتر، به سایت [walchem.com/metal-finishing-surface-treatment/](http://walchem.com/metal-finishing-surface-treatment/) و [tawasplating.com](http://tawasplating.com) مراجعه کنید.

منابع:

1. Brenner, Abner and Riddell, Grace E., "Nickel Plating by Chemical Reduction," US Patent 2,532,283, issued December 5, 1950.
2. "Automation and the Finishing Industry – Sharretts Plating Company," SPC Blog, [www.sharrettsplating.com/blog/automation-and-the-finishing-industry](http://www.sharrettsplating.com/blog/automation-and-the-finishing-industry)