

Opracowanie - Piotr Hamera

Nowa generacja powłok na kontakty do ładowania samochodów elektrycznych. Ornella Audrey Tchimak, Dr. Svetla Nineva – Zeszyt 1 2025, str. 24-31

W pracy badano wpływ parametrów procesowych na cyjankową kąpiel stopową do osadzania twardego srebra z dodatkiem antymonu i grafitu w postaci proszku jako dodatek smarny. Dla porównania przebadano powłoki srebrne cyjankowe z dodatkiem bizmutu zamiast antymonu oraz powłoki z kąpeli bezcyjankowej srebro-antymon. Pierwszy opis powłoki kompozytowej srebro-grafit pojawił się już 1909 w patencie firmy Siemens.

Srebro jest preferowanym metalem do pokrywania styków elektrycznych z powodu wysokiej przewodności elektrycznej i znacznie niższej ceny od złota. Pewnym ograniczeniem czystego srebra w kontaktach elektrycznych jest podatność na reakcję z siarką atmosferyczną oraz samoistna rekrytalizacja srebra, szczególnie w wyższych temperaturach, co powoduje zmiękczenie powłoki i spadek jej odporności na ścieranie. Można temu zapobiec stosując dodatki stopowe. Dodanie antymonu, palladu lub bizmutu pozwala wyraźnie podnieść twardość powłoki. Współosadzanie grafitu w kąpeli srebrnej obniża współczynnik tarcia powłoki COF do 0,12.

W doświadczeniach użyto blachy mosiężne jako podkład oraz anody ze srebra. Przygotowanie powierzchni przed nałożeniem stopu srebrnego obejmowało następujące czynności: odtłuszczenie na gorąco, odtłuszczenie elektrolityczne, trawienie, niklowanie, podwarstwa srebrna.

Zwiększenie gęstości prądu z 1 do 6 A/dm² zwiększyło zawartość antymonu w stopie z 0,8% do 2,6%. Zwiększenie stężenia grafitu w kąpeli z 20 do 60 g/l podniosło jego udział w powłoce z 0,4 do 1,2%. Zawartość grafitu w kąpeli w wysokości 25 g/l obniża współczynnik tarcia powłoki COF do poziomu 0,2–0,4. Podwarstwa niklowa wykazuje współczynnik tarcia COF w wysokości od 0,7 do 1.

Powłokę stopową srebro-bizmut osadzono z kąpeli cyjankowej przy gęstości prądu 3 A/dm². Dodanie do kąpeli 30 g/l grafitu obniżyło współczynnik tarcia powłoki COF do oczekiwanego poziomu 0,2–0,4.

Powłoki z kąpeli bezcyjankowej były osadzane przy niższych gęstościach prądu rzędu 1 A/dm². Do obniżenia współczynnika tarcia COF poniżej 0,4 niezbędne było zwiększenie stężenia grafitu w kąpeli do 40 g/l.

Dodanie grafitu do kąpeli obniża nieznacznie twardość uzyskanej powłoki. Dodanie antymonu do kąpeli zarówno cyjankowej jak i bezcyjankowej wyraźnie zwiększa twardość powłoki.

Dodanie do stopu składników o niższej przewodności elektrycznej od srebra powoduje obniżenie przewodności całej powłoki. Najniższe wartości kontaktowego oporu elektrycznego osiągnięto w stopie srebro-bizmut z dodatkiem grafitu. Najwyższy opór kontaktowy wykazuje powłoka srebro-antymon z grafitem z kąpeli bezcyjankowej. Obróbka termiczna powłoki stopowej (wygrzewanie) obniża kontaktowy opór elektryczny. Wszystkie powłoki stopowe wykazują wartości oporu elektrycznego w akceptowalnym zakresie poniżej 10 mΩ (przy nacisku 1 N).

Zużycie powłoki stopowej zbadano w testach obciążeniowych do 10000 cykli.

Spełnianie oczekiwań rynkowych za pomocą zrównoważonej galwanotechniki. Bernd Frank – Zeszyt 1 2025, str. 39-45

Przemysł obróbki powierzchni znajduje się w procesie głębokich przemian, wywołanych postępującym zaostrzaniem przepisów dotyczących substancji niebezpiecznych, w szczególności chromu sześciowartościowego CrVI. Przemysł został zobowiązany do znalezienia bezpiecznej alternatywy dla tego surowca. Dodatkowym utrudnieniem jest zaostrzenie przepisów dotyczących stosowania polifluorowanych związków organicznych PFAS.

MKS Atotech rozwinął technologię trawienia tworzyw sztucznych bez chromu sześciowartościowego ani polifluorowanych związków organicznych pod nazwą Covertron 600-System. Technologia została zaakceptowana przez wymagający przemysł samochodowy. Technologia daje bardzo dobrą przyczepność do różnego rodzaju tworzyw sztucznych, takich jak ABS lub ABS/PC.

Proces TriChrome jest kolejnym przykładem rozwoju technologii w MKS Atotech, którego celem jest stworzenie skutecznej alternatywy dla tradycyjnego sześciowartościowego chromowania dekoracyjnego z połyskiem.

Ograniczenie wpływu produkcji na środowisko dotyczy w szczególności branży materiałów chłonnych, takich jak produkcji stali, aluminium, polimerów, elektroniki, opon i szkła. Najwyższe wymagania przejrzystości przebiegu procesów produkcyjnych stawiane są branży samochodowej. Widoczna jest zmiana w podejściu do oceny wpływu na środowisko. Na przykład w wytycznych **Tier 1 supplier** nie podaje się całkowitych ilości emitowanego ekwiwalentu CO₂ lecz jego przelicznik na m² obrabianej powierzchni, co pozwala rzetelniej porównywać ze sobą dostępne technologie produkcji.

MKS Atotech udostępnia dane emisyjne dla wszystkich swoich wyrobów, z uwzględnieniem całego łańcucha dostaw. W bankach danych zbierane są informacje nie tylko na temat właściwości fizykochemicznych substancji ale też transportu, półproduktów, źródła energii, ciepła odpadowego, ścieków, odpadów stałych czy wywiewów.

Procesy na bazie chromu sześciowartościowego mogą być zastąpione przez technologie na bazie chromu trójwartościowego, powłoki lakiernicze rozpuszczalnikowe (3 warstwy) lub obróbkę plazmową PVD. Porównanie tych trzech metod opiera się na dokładnym wyliczeniu zużycia energii i surowców.

W galwanotechnice 65% emisji powstaje z zużycia energii (grzanie, prostownik, transport bliski). Pozostałe 35% przypisuje się surowcom (miedź, nikiel, chrom).

Emisje trójwarstwowego lakieru organicznego składają się w 70% z zużycia energii (suszarki, piece) i 25% z wkładu surowcowego (składniki organiczne). Dalsze 5% powstaje z emisji lotnych substancji organicznych VOC i ich przekształcenia w CO₂.

W technologii plazmowej PVD 75% stanowią emisje z zużycia energii (gaz, piec), 20% z materiałów i tylko 5% z emisji lotnych substancji organicznych.

Znaczne potencjały redukcji emisji do środowiska dotyczą wszystkich trzech technologii alternatywnych do chromowania sześciowartościowego. Największe oczekiwania dotyczą

przebudowania produkcji na odnawialne źródła energii, co pozwoliłoby ograniczyć emisje związane z zaopatrzeniem w prąd o 70%.

Raport z Indii: baterie litowo-żelazowe – wschodząca gwiazda magazynowania energii.
Anand Kumar Sharma – Zeszyt 1 2025, str. 78-79

Baterie litowo-jonowe są pierwszym wyborem technologii magazynowania energii elektrycznej z powodu wysokiej gęstości prądu i długowieczności, w szczególności w telefonach komórkowych, pojazdach elektrycznych i sprzęcie elektronicznym. W rodzinie baterii litowych rewolucyjną karierę robią fosforanowe baterie litowo-żelazowe (Lithium-Iron Phosphate, LFP), które cechują się wyjątkową odpornością termiczną, bezpieczeństwem użytkowania i akceptowalną ceną. Główni producenci pojazdów elektrycznych wprowadzają w nowych modelach baterie litowo-żelazowe. The Economic Survey 2023 prognozuje roczny wzrost produkcji pojazdów elektrycznych w Indiach na poziomie 49% do roku 2030, w którym będzie produkowanych milion pojazdów rocznie. Najwięksi krajowi producenci baterii nawiązali współpracę z międzynarodowymi koncernami w celu budowy lokalnych mocy produkcyjnych baterii litowo-żelazowych LFP i pokrycia gwałtownego wzrostu popytu na ten typ baterii.

Typowa bateria litowo-żelazowa zawiera niepalne rozpuszczalniki organiczne lub żele polimerowe, umożliwiające bezpieczny transport jonów litowych w elektrolicie. Na grafitowej anodzie uwięzione są jony litu pomiędzy dwiema warstwami grafenu, zaś katodę stanowią pochodne litu, takie jak tlenek litu kobaltu (LCO), tlenek litu magnezu (LMO), tlenek niklu magnezu kobaltu (NMC), tlenek niklu kobaltu glinu (NCA) lub fosforan litu żelaza (LFP).

Baterie fosforanowe litowo-żelazowe LFP sprawdziły się jako zamienniki tradycyjnych baterii litowo-jonowych. Głównymi zaletami baterii na bazie LiFePO_4 są niska toksyczność, długa żywotność, wyjątkowa odporność na wyższą temperaturę i bezpieczeństwo użytkowania. Fosforany litowo-żelazowe występują w naturze jako minerały pod nazwą trifylit, które mogą być przetwarzane bezpośrednio na materiał katodowy w bateriach. Baterie litowo-żelazowe nie zawierają metali ciężkich, takich jak kobalt czy nikiel. W porównaniu z tradycyjnymi bateriami litowo-jonowymi baterie litowo-żelazowe wykazują się nieznacznie niższą gęstością prądu.

Modelowanie predycyjne do optymalizacji procesów galwanicznych bez chromu VI.
Agnieszka Franczak (Comarch S.A. Kraków) – Zeszyt 2 2025, str. 151-158

Chromowanie twarde od dziesięcioleci zajmuje pokaźne miejsce w technologii obróbki powierzchni w takich branżach produkcyjnych, jak przemysł zbrojeniowy, lotniczy, kosmiczny czy maszynowy. Liczne zastosowania wynikają z możliwości uzyskania niemal nieograniczonej grubości powłoki chromowej, wysmienitych właściwości antykorozyjnych i odporności na zużycie.

Przemysł obróbki powierzchni prowadzi wzmożone działania w kierunku zastąpienia twardych powłok chromowych na bazie chromu VI powłokami alternatywnymi. Głównym zamiennikiem chromu VI w chromowaniu twardym jest nikiel i jego stopy.

W chromowaniu dekoracyjnym prowadzone są prace nad zastąpieniem chromu sześciowartościowego chromem trójwartościowym. Bezpośrednia zamiana chromu w tej samej kąpielu nie jest możliwa, ponieważ osadzanie chromu trójwartościowego cechuje się całkowicie

odmiennym chemizmem reakcji galwanicznej. Do redukcji kationu trójwartościowego potrzebna jest połowa elektronów niezbędnych do redukcji chromu sześciowartościowego, co oznacza podwojenie wydajności prądowej. Podczas gdy wydajność prądowa w kąpeli sześciowartościowej wynosi zaledwie 10-15%, w kąpeli trójwartościowej może osiągnąć 30%. Przesławienie chromowania dekoracyjnego na kąpiel trójwartościową przynosi liczne zalety, jak na przykład podwojenie zdolności produkcyjnych poprzez gęściejsze umieszczenie detali na zawieszach czy wyeliminowanie z procesu anod otłowianych. Kąpiel trójwartościowa zawiera znacznie mniejsze stężenia chromu (7,5-22,5 g/l) niż kąpiel sześciowartościowa (75-128 g/l), co ogranicza stężenie chromu w płuczkach i zmniejsza ilość odpadów procesowych. W procesie powstaje mniej gazów, które wywołują korozję instalacji. Mniejsze natężenie prądu w kąpeli trójwartościowej pozwala ograniczyć wady powłoki w postaci plam, przebarwień i przypaleń. Obróbka ścieków polega na alkalicznym wytrącaniu wodorotlenku chromu(III). W kąpielach trójwartościowych możliwe jest chromowanie galwaniczne w bębnoch.

Przesławienie procesu z sześciowartościowego na trójwartościowy wymaga szeregu istotnych modyfikacji, takich jak nowe wanny, system płukania, chłodzenie kąpeli czy odmienny system obróbki ścieków. Należy też liczyć się ze wzrostem kosztów prowadzenie procesu z powodu wyższych kosztów surowców chemicznych, większą ilością wadliwie pokrytych detali i bardziej intensywną obsługą kąpeli (14 godzin tygodniowo w porównaniu z 2 godzinami w przypadku kąpeli sześciowartościowej). Trójwartościowa kąpiel chlorkowa pracuje dwa razy szybciej niż kąpiel siarczanowa. Ta ostatnia wymaga zastosowania drogich anod z mieszanych tlenków metali (MMA), podczas gdy kąpiel chlorkowa pracuje na obojętnych anodach grafitowych.

W celu sprostania powyższym wyzwaniom podczas przesławiania procesu chromowania z sześciowartościowego na trójwartościowy sięgnięto po cyfrowe modelowanie predykcyjne. Zaawansowane technologie obliczeniowe pozwalają na stworzenie cyfrowych modeli bliźniaczych procesów galwanicznych, które przewidują działanie kąpeli galwanicznej przy zadanych parametrach. Tradycyjne techniki optymalizacji procesów polegają na przeprowadzeniu wielu długotrwałych doświadczeń empirycznych. Modelowanie predykcyjne opiera się na modelach matematycznych i algorytmach uczenia maszynowego. Podstawowymi czynnikami do optymalizacji procesu są grubość i jednorodność powłoki oraz jej jakość. Dane wejściowe zawierają schemat istniejącej linii galwanicznej, skład elektrolitów, parametry procesowe (stężenie jonów, temperatura, mieszanie, dodatki procesowe) i geometrię chromowanych detali oraz ich ustawienie w wannie galwanicznej. Nadzrędnym celem jest uzyskanie najwyższej możliwej wydajności prądowej przy zachowaniu wymagań jakościowych. W przeciwieństwie do testów w skali laboratoryjnej, bliźniacza optymalizacja cyfrowa może pracować bezpośrednio w skali produkcyjnej.

Internet Rzeczy (Internet of Things, IoT) rewolucjonizuje galwanotechnikę poprzez tworzenie połączeń pomiędzy urządzeniami i internetem. Przepływ danych odbywa się w czasie rzeczywistym. Krytyczne parametry procesowe (temperatura, odczyn pH, napięcie i gęstość prądu, skład chemiczny kąpeli) są kontrolowane na bieżąco i po przekroczeniu wartości krytycznych można je natychmiast skorygować. Dane z procesu produkcyjnego można połączyć z cyfrowymi systemami magazynowymi i z łańcuchem dostaw surowców. Archiwizacja danych procesowych pozwala na ich przywołanie i przypisanie do konkretnych detali w przypadku wad powłoki lub reklamacji wyrobu.

Galwanoformowanie w produkcji płyt gramofonowych. Marcus Saelzle – Zeszyt 2 2025, str. 174-177

Produkcja płyt gramofonowych należy do najstarszych zastosowań galwanoformowania i nie uległa istotnym zmianom od lat dwudziestych ubiegłego wieku. Najpierw wytwarzana jest cienka folia z materiałem dźwiękowym, z której następnie wyciska się matryce, służące do powielania płyt z tworzywa sztucznego.

Na aluminiowej podkładce pokrytej octanową folią („ojciec”) zostaje utrwalony dźwięk. Po odtłuszczeniu i trawieniu na powierzchnię natryskuje się mieszanę jonów srebra z reduktorem w celu wytworzenia powłoki srebrnej („matka”). Po jej odseparowaniu od podłoża i poniklowaniu tworzy się matryce („synowie”). Pojedyncza matryca ma grubość około 200 mikrometrów i służy do wyciskania około 1000 płyt z tworzywa sztucznego.

Ostatnim istotnym udoskonaleniem procesu było wprowadzenie bezpośredniego nakładania 200 mikrometrowej warstwy niklu na podłoże miedziane, wprowadzone w 1981 roku przez zespół Teldec/Neumann pod nazwą Direct Metal Mastering (DMM). Technologia DMM wyklucza etap wytwarzania powłoki ze srebra. Zmiana technologii zbiegła się w czasie z masową produkcją płyt kompaktowych (CD), co pogрузżyło nową technologię w zapomnienie.

Niezależnie od tego, czy odbitki powstają w technologii z folią octanową czy w technologii DMM, do wykonania matrycy stosuje się ten sam proces niklowania. Najczęściej kąpiel zawiera sulfaminian niklu i kwas borowy, jednak nie zawiera dodatków wygładzających ani wybłyszczających, które mogłyby zniekształcić ścieżkę dźwiękową.

Wymagania stawiane technologiom galwanicznym w produkcji płyt gramofonowych znacznie odbiegają od wymagań w innych zastosowaniach. W klasycznej galwanotechnice przemysłowej najważniejsze są trwałość powłoki, przyczepność do podłoża, odporność korozyjna i wygląd (np. połysk), podczas gdy w produkcji płyt gramofonowych nie mają one znaczenia. Rowki o szerokości od 50 do 80 mikrometrów nie mogą zostać wygładzone przez dodatek środków wybłyszczających, co by się fatalnie odbiło na jakości dźwięku.

W produkcji płyt bardzo ważną rolę odgrywa elastyczność powłoki, ponieważ matryce wystawiane są na nacisk ponad 100 ton. Drugim ważnym czynnikiem jest odpowiednia pasywacja powierzchni, zapobiegająca przywieraniu tworzywa winylowego do podłoża. Najczęściej stosowaną pasywacją jest dwuchromian potasu. Z powodu szkodliwości chromianów sześciowartościowych poszukiwane są pasywacje alternatywne. Obiecujące wyniki uzyskano w badaniach pasywacji na bazie białek.

Tłoczenie płyt winylowych przeżywa w ostatnich latach renesans. Z roku na rok produkuje się coraz więcej płyt. Galwanotechnicy związani z tą branżą mają zapewnioną ciekawą pracę na najbliższe lata.

Więcej odnawialnej energii elektrycznej w sieci a ceny prądu rosną. Claudia Bäßler – Zeszyt 2 2025, str. 249

Energia elektryczna w porównaniu z gazem jest droga – BDEW żąda obniżki podatku za prąd.

Na początku stycznia Instytut Fraunhofera Solarnych Instalacji Energetycznych podał informację, że w 2024 roku niemal 63% wytworzonej w Niemczech energii elektrycznej

pochodziła z odnawialnych źródeł. Na pierwszym miejscu nadal pozostają turbiny wiatrowe jako największe źródło prądu z udziałem 33% w sieci energetycznej.

Rozbudowa instalacji fotowoltaicznych zwiększyła się a ich udział w miksie energetycznym osiągnął 18%. Odnawialne źródła energii elektrycznej cechują się znaczną zmiennością wydajności w czasie. Ich stale rosnący udział w dostawach prądu do sieci powoduje, że podaż prądu stale się waha, a co za tym idzie również jego giełdowa cena. W listopadzie i grudniu 2024 ceny prądu na giełdzie gwałtownie wzrosły. Coraz częściej instalacje fotowoltaiczne, również w prywatnych gospodarstwach domowych, zaopatrzone są w magazyny prądu, pozwalające na elastyczne pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną. Budowa dużych magazynów prądu ma na celu zapewnienie stałych dostaw niezależnie od zmiennej produkcji. Już dzisiaj zdolności magazynowania energii elektrycznej w magazynach prądu wynoszą 70% zainstalowanych mocy magazynowych elektrowni szczytowo-pompowych.

Zapotrzebowanie na energię elektryczną stale rośnie, ponieważ coraz więcej produkuje się urządzeń elektrycznych. Również ogrzewanie pomieszczeń coraz częściej zasilane jest prądem. Jednak wyczekiwana transformacja energetyczna nie nastąpi dopóki ceny prądu są wyższe od cen gazu. Ponadto cena budowy instalacji fotowoltaicznej z magazynem prądu nie jest korzystniejsza od ceny budowy instalacji gazowej. Związkowe Zrzeszenie Gospodarki Energetycznej i Wodnej (BDEW, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft) podało, że średnia cena prądu dla małych i średnich zakładów przemysłowych w 2024 wyniosła 16,99 cent/kWh (z podatkiem) i była niższa o 7,47 cent/kWh w porównaniu z rokiem poprzednim. Mimo to prąd nadal jest znacznie droższy od gazu, którego cena wynosiła w 2024 roku 6,22 cent/kWh.

Nie tylko BDEW postuluje obniżkę podatku za prąd. Również branża transportu elektrycznego i ciepłownictwo uzależnia postęp elektryfikacji od obniżki cen energii elektrycznej.

Nowa aplikacja na smartfon do pomocy w rozwiązywaniu problemów z niklem chemicznym. Robert Piterek – Zeszyt 3 2025, str. 300

Amerykańska firma galwaniczna Surface Technology Inc. (STI) w Ewing, New Jersey, utworzyła stronę internetową dedykowaną do pomocy w rozwiązywaniu wyzwań technologicznych w pracy z technologią niklowania bezprądowego. Strona oferuje wsparcie technologiczne i rozwiązywanie problemów w czasie rzeczywistym. W Stanach Zjednoczonych występuje chroniczny brak doświadczonych galwanotechników, dlatego zakłady galwaniczne zmuszone są do korzystania ze wsparcia technicznego wyłącznie ze strony dostawców kąpieli. Nazwa strony brzmi **EN 24/7** i można ją odnaleźć pod adresem **www.en-247.com**. Serwis oferowany jest bezpłatnie i na całym świecie. Porady obejmują w mniejszym stopniu analizę składu kąpieli a w większym całościowe spojrzenie na proces produkcyjny z optymalizacją jakości, wydajności i opłacalności. Poza poradami w formie live-chat firma oferuje szkolenia techniczne, prezentacje wideo i odpowiedzi na najczęściej zadawane pytania. W przygotowaniu znajduje się funkcja symultanicznego tłumaczenia serwisu na inne języki oraz rozszerzenie zakresu porad o chemiczny nikiel kompozytowy, zawierający diament.

Wyniki ankiety o roli galwanotechniki w gospodarce wodorowej. Robert Piterek – Zeszyt 3 2025, str. 330-333

Niemieckie Towarzystwo Galwanotechniczne i Obróbki Powierzchni (DGO) przeprowadziło ankietę w temacie zapotrzebowania na procesy galwanotechniczne w szeroko pojętej gospodarce wodorowej. Na ankietę odpowiedziało 55 firm i organizacji, w tym 16 zakładów galwanicznych, 9 dostawców technologii galwanicznych i 5 jednostek badawczo-rozwojowych. Pozostałych 25 respondentów to klienci i dostawcy branży galwanotechnicznej.

Wyniki ankiety ukazały wysoką świadomość i wiedzę o roli galwanotechniki w transformacji wodorowej, poparte licznymi zapytaniami z rynku w tej dziedzinie. Jednakże konkretne działania są realizowane w bardzo ograniczonym zakresie. Wykorzystanie technologii galwanicznych w transformacji wodorowej praktycznie nie ma miejsca w codziennej działalności operacyjnej.

Transformacja wodorowa w Niemczech jest spowalniana przez następujące czynniki:

- **wysokie koszty wytwarzania zielonego wodoru**, znacznie wyższe od kosztów wytwarzania z paliw kopalnych, zniechęcające przemysł do transformacji
- **brak infrastruktury** w postaci rurociągów, stacji tankowania, magazynów
- **niepewność regulacji prawnych**, związanych z opodatkowaniem, ulgami podatkowymi czy wsparciem finansowym
- **niedostatecznie rozwinięte źródła energii odnawialnej** do wytwarzania zielonego wodoru
- **mała skala przemysłu wodorowego**, brak oszczędności kosztów wynikającej z wielkiej skali
- **wyzwania technologiczne** związane z transportem i magazynowaniem wodoru
- **konkurencyjność** ze strony innych źródeł energii, jak baterie elektryczne w transporcie
- **zależność międzynarodowa** Niemiec z powodu konieczności importu wodoru przy niedostatecznej produkcji krajowej

Warunkiem udanej transformacji wodorowej jest stworzenie odpowiednich planów i działań długofalowych, dotyczących wytwarzania, magazynowania i transportu wodoru. DGO podejmuje inicjatywy wspierające rozwój gospodarki wodorowej, w szczególności w obszarach naukowo-technicznych.

Plamy na anodowanych na czarno materiałach budowlanych. Sven Gramatke – Zeszyt 3 2025, str. 342-345

Niewymieniony z nazwy zakład obróbki metali zwrócił się do redakcji *Galvanotechnik* z prośbą o pomoc w rozwiązaniu palącego problemu z jakością detali, które od dłuższego czasu są usługowo anodowane na czarno w zewnętrznej firmie świadczącej usługi galwaniczne. Detale składają się ze stopu aluminium odlewniczego AlMg4,5Mn. Po frezowaniu CNC detale są anodowane w kwasie siarkowym przy stałym natężeniu prądu zgodnie z normą DIN 17611. Powierzchnia detali po barwieniu powinna wykazywać głęboką czerń. Ostatnio odnotowano większą ilość reklamacji z powodu białych plam i jaśniejszych przebarwień na powierzchni aluminium. Wykonawca anodowania na czarno utrzymuje, że błędy powierzchni wynikają ze zmiany składu stopu aluminium a nie z procesu anodowania, ponieważ sam proces nie był zmieniany od dłuższego czasu.

Przedstawione błędy na powierzchni nie są typowymi błędami dla procesu anodowania. Plamy występują na obszarach zarówno przy wyższej jak i przy niższej lokalnej gęstości prądu. Więcej

przebarwień pojawia się na środku płaskich płaszczyzn. Otwarte otwory i powierzchnie frezowane wykazują prawidłowy kolor bez błędów.

Prawdopodobną przyczyną powstawania przebarwień jest skład i jakość stopu aluminium, nawet jeśli parametry mieszczą się w wymaganym zakresie. W miejscach obróbki mechanicznej mogą wystąpić nagniecenia, nawarstwienia lub przesunięcia materiału. W procesie anodowania dochodzi do lokalnego zakłócenia przepływu prądu. Warstwa tlenkowa nie wytwarza w tych miejscach porów o wystarczającej wielkości i średnicy by trwale związać pigmenty. Zwiększenie prądu lub wydłużenie czasu anodowania nie koniecznie dadzą dobre rezultaty, ponieważ mogą doprowadzić do szybszego roztrawiania warstwy tlenkowej i utraty wymiarów detalu. Lepszym rozwiązaniem wydaje się zastosowanie innego stopu aluminium do anodowania dekoracyjnego.

Neutralne klimatycznie magazynowanie energii za pomocą rdzy. Robert Piterek, Anja Störiko – Zeszyt 3 2025, str. 384-386

Jednym z głównych zadań powłok galwanicznych jest zapobieganie powstawaniu rdzy. Według Niemieckiego Instytutu Farb i Lakierów w Niemczech dziennie znika 16 ton stali z powodu korozji. Jednak ten czerwono-brązowy tlenek żelaza może odegrać wyjątkową rolę w transformacji energetycznej. W obiegu zamkniętym utleniania i redukcji rdza może być kluczowym elementem w tak zwanych elektrowniach metalicznych, które wytwarzają i magazynują energię bez emisji CO₂. Badacze z TU Darmstadt w projekcie „Clean Circles” testują tę technologię i planują w najbliższym czasie przebudowę berlińskiej elektrociepłowni z konwencjonalnej węglowej na metaliczną.

Koncepcja „Clean Circles” jest prosta: żelazo spala się w powietrzu wytwarzając ciepło, podobnie jak węgiel, jednak bez powstawania dwutlenku węgla. W odwrotnym procesie tlenek żelaza jest redukowany do metalicznego żelaza za pomocą wodoru, przy czym wodór pochodzi z odnawialnych źródeł energii.

Rdza jest nie tylko produktem ubocznym procesu spalania ale też wartościowym składnikiem procesu magazynowania energii. Zredukowane żelazo jest nośnikiem energii, która może zostać uwolniona w innym miejscu i czasie. Już dzisiaj transportuje się koleją i statkami miliony ton żelaza i rdzy. Wydajne magazynowanie energii w cyklu dobowym dzień/noc i rocznym lato/zima jest głównym wyzwaniem transformacji energetycznej, w której proces utleniania i redukcji żelaza może odegrać ważną rolę.

Misja BREF STM: zestawienie rzeczywistości z teorią. www.voa.de – Zeszyt 3 2025, str. 403-404

Komisja Europejska definiuje obecny stan techniki w postaci dokumentów BREF (Best Available Techniques Reference) dla niemal wszystkich gałęzi gospodarki. Dla przemysłu obróbki powierzchni opis stanu techniki zawarty jest w ***BREF Surface Treatment of Metals and Plastics*** (BREF STM). Już w roku 2021 rozpoczęto prace nad aktualizacją tych dokumentów, w których znaczący udział ma **Stowarzyszenie Obróbki Powierzchni Aluminium** (Verband für die Oberflächenveredelung von Aluminium e.V., VOA). Prace nad aktualizacją trwają do dzisiaj, ponieważ opracowanie wymaga olbrzymich nakładów pracy grupy eksperckiej.

Prace na płaszczyźnie krajowej w Niemczech koordynuje Ministerstwo Środowiska, zaś na płaszczyźnie europejskiej – Technical Working Group, odpowiedzialna za dostarczenie wszelkich danych do **European Intergrated Pollution Prevention and Control Bureau** (EIPPC). Dane dotyczące emisji z produkcji gromadzone są z licznych zakładów produkcyjnych na terenie całej Unii Europejskiej. Zbierane dane dotyczą głównie emisji substancji chemicznych do wody i atmosfery, ale również odbiory zagęszczonych odpadów produkcyjnych w postaci szlamów jak i specyficzne zużycia gazu ziemnego i elektryczności do procesów grzania i chłodzenia.

Stowarzyszenie Obróbki Powierzchni Aluminium VOA wzywa wszystkie europejskie zakłady obróbki powierzchni aluminium do włączenia się w prace aktualizacyjne poprzez dostarczenie pogłębionych danych emisji z produkcji. Tylko w ten sposób wytyczne BREF STM będą mogły odzwierciedlać rzeczywiste warunki produkcji. Zaktualizowane i zatwierdzone wytyczne BREF STM będą obowiązywały w całej Unii Europejskiej, dlatego powinny zawierać realne wartości.